

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année : 2018

N° 2018-47

T H E S E

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

D.E.S de Pédiatrie

par

Victoire BARRAULT

Née le 24 avril 1989 à Paris

Présentée et soutenue publiquement le 22 Mai 2018

**Valeur prédictive de l'électroencéphalogramme d'amplitude précoce dans
l'arrêt cardiaque de l'enfant : une étude rétrospective en réanimation
pédiatrique au CHU de Nantes.**

Président : Monsieur le Professeur Jean-Christophe ROZE

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Pierre BOURGOIN

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Jean-Christophe Rozé,

Qui me fait l'honneur de présider ce jury. Merci pour votre disponibilité et votre pédagogie notamment pendant les gardes de réanimation néonatale.

A Monsieur le Docteur Pierre Bourgoin,

Qui me fait l'honneur de diriger ma thèse. Merci beaucoup de m'avoir accompagné pour ce travail, merci pour ta disponibilité et ta gentillesse.

A Madame le Professeur Christèle Gras-Le Guen,

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury. Merci pour votre engagement et votre implication dans la formation des internes.

A Monsieur le Professeur Cyril Flamant,

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury. Merci pour ta gentillesse, ta disponibilité et ton envie de transmettre la médecine.

A Monsieur le Docteur Alexis Chenouard,

Merci beaucoup pour ton aide pour ce travail et pour mon mémoire.

A l'ensemble du service de réanimation pédiatrique,

Merci pour votre aide et votre disponibilité notamment pour mes travaux sur l'aEEG.

Au Docteur Gauthier Loron,

Merci d'avoir accepté d'interpréter nos tracés aEEG et pour votre aide sur ce travail.

Au Docteur Emmanuelle Bataille,

Merci pour votre aide et votre disponibilité pour ce travail.

A Paul-Jean,

Pour ta gentillesse inconditionnelle, ton amour, ta patience à toute épreuve et ton soutien sans relâche. Merci aussi de m'avoir aidé à concrétiser ce travail.

Ce mois de mai restera unique et tout particulier pour nous.

A mes Parents et mes frères,

Qui depuis maintenant 11 ans entendent parler de médecine, de partiels, d'ECN, de thèse et de mémoire. Merci pour votre soutien. Merci à papa d'avoir relu ma thèse.

Et à mes nièces, mes petits rayons de soleil.

A Bonne-Maman,

Qui a toujours suivi de près mes études de médecine, et se réjouit que je perpétue la tradition Dunoyer.

A Marie-Madeleine,

Pour ton soutien et ta gentillesse.

A mes co-internes de pédiatrie ou médecine générale,

Que j'ai rencontré pendant mon internat. Merci pour les bons moments partagés.

A la Dream sous colle et à Laennec,

Pour tous ces bons moments, et pour notre travail qui a bien porté ses fruits !

A Bichat-Lariboisière et tous ceux rencontrés là-bas,

Laetitia, PE, Elodie, Elma, Ariane, Anaïs, Anne-Flore, Blandine et Pauline.

A la team Nantaise,

Avec qui c'est toujours un plaisir d'aller se balader.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
LISTE DES ABREVIATIONS	5
I. INTRODUCTION	6
1. L'ARRET CARDIAQUE CHEZ L'ENFANT	6
2. PRINCIPES DE L'ELECTROENCEPHALOGRAMME D'AMPLITUDE	6
3. QUESTION POSEE ET OBJECTIF	8
II. MATERIELS ET METHODES.....	9
1. PATIENTS	9
2. RECUEIL DE DONNEES	9
3. CRITERES DE JUGEMENT.....	11
4. METHODES STATISTIQUES	11
III. RESULTATS.....	12
1. DONNEES EPIDEMIOLOGIQUES	12
2. VALEUR PRONOSTIQUE DE L'AEEG	16
3. VALEUR PRONOSTIQUE DE L'EEG.....	18
4. VALEUR PRONOSTIQUE DE L'IRM CEREbraLE.....	19
IV. DISCUSSION	20
V. CONCLUSION.....	24
BIBLIOGRAPHIE.....	25
ANNEXES.....	28
SERMENT MEDICAL.....	33
SIGNATURES.....	34
RESUME.....	35

LISTE DES ABREVIATIONS

aEEG : Electroencéphalogramme d'amplitude

AUC : Aire sous la courbe

CVS : Cycle veille sommeil

EEG : Electroencéphalogramme

ECMO : Extra Corporeal Membrane Oxygenation

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

MCE : Massage Cardiaque Externe

PCPC : Pediatric Cerebral Performance Category

PELOD : Pediatric Logistic Organ Dysfunction

PRISM : Pediatric Risk of Mortality

ROSC : Return Of Spontaneous Circulation

I. INTRODUCTION

1. L'arrêt cardiaque chez l'enfant

La prévalence de l'arrêt cardiaque chez l'enfant est d'environ 2 à 6% des enfants hospitalisés en réanimation pédiatrique (1). La morbi-mortalité est très forte et en moyenne seulement 25% des enfants survivent pour les arrêts intrahospitaliers et 5 à 10% pour les arrêts extrahospitaliers (2).

Les conséquences peuvent être extrêmement sévères. A court terme il peut exister un syndrome post-arrêt cardiaque comprenant une dysfonction myocardique, un syndrome d'ischémie-reperfusion et des lésions cérébrales de type œdème cérébral, troubles de l'auto-régulation cérébrale, lésions ischémiques. Elles se traduisent cliniquement par des convulsions, des troubles cognitifs, des myoclonies, une symptomatologie d'AVC, un coma , un état végétatif ou un état de mort encéphalique (3).

Les lésions cérébrales sont responsables de 68% des décès en post-arrêt cardiaque en extra-hospitaliers et 23% en intra-hospitaliers (4).

Devant un pronostic neurologique qui peut être très grave il est important de pouvoir présenter précocement aux familles les données médicales les plus objectives possibles permettant de porter un pronostic aussi précis que possible et élaborer ainsi un projet de soin adapté, et le cas échéant une limitation de soin (5).

L'état neurologique après un arrêt cardiaque est évalué à partir de J3 par l'examen clinique et selon les cas par l'électrophysiologie et l'imagerie.

2. Principes de l'électroencéphalogramme d'amplitude

L'électroencéphalogramme d'amplitude ou aEEG a été créé par Prior et Maynard à la fin des années 1960 en anesthésie-réanimation d'adultes pour le suivi des traumatismes crâniens graves et des comas (6). Il est utilisé en pédiatrie depuis les années 1980 et a été considérablement

développé en réanimation néonatale, en particulier par Lena Hellström-Westas et Al Naqeeb, pour être appliqué dans l'évaluation du pronostic neurologique dans l'anoxo-ischémie du bébé à terme ou chez l'enfant prématuré (7–10). Cette technique de monitoring cérébral est aujourd'hui très répandue dans les unités de réanimation néonatale, afin de préciser l'indication d'hypothermie thérapeutique dans l'anoxo-ischémie du nouveau-né de plus de 36 semaines d'aménorrhées, de porter un pronostic précoce dans cette population (11), de dépister des convulsions chez les nouveau-nés à risque (12), ou encore de préciser le stade de maturation cérébrale chez les nouveau-nés prématurés (13).

La définition de l'aEEG a été donnée par Maynard en 1979 : « L'EEG d'amplitude est une machine destinée à “monitorer” le tracé électroencéphalographique sur de longues périodes allant de quelques heures à quelques jours. Elle enregistre et produit le graphique d'un signal EEG remanié sur papier à lent déroulement avec, en parallèle, la mesure continue de l'impédance de l'électrode » (14). Le signal EEG est enregistré à partir de cinq électrodes positionnées en frontal, temporal et pariétal. Deux dérivations sont enregistrées correspondant en général aux dérivations C3-P3 et C4-P4 en EEG standard (Annexe 1). Le signal subit une amplification puis il est ensuite filtré entre 2 et 15 Hz, échantillonné puis soumis à une compression semi-logarithmique de l'amplitude. La largeur de la bande obtenue reflète les variations à court terme de l'amplitude du tracé EEG. La vitesse de déroulement du tracé est en principe de 5 cm/h soit 10 fois moins que celle de l'EEG standard. L'amplitude du signal EEG peut être affectée par la position des électrodes sur le scalp et des distances inter-électrodes. La qualité de l'impédance est fondamentale pour l'interprétation du tracé, ce type de technique étant très sensible aux artefacts. Il est nécessaire de maintenir une impédance linéaire inférieure ou égale à 10 ohms (6,15).

Les tracés obtenus par aEEG et par EEG sont bien corrélés en ce qui concerne le tracé de fond, le dépistage de convulsions et les cycles veille-sommeil (16). L'aEEG et l'EEG restent néanmoins complémentaires, en effet le signal aEEG étant simplifié il existe une perte d'information, qui s'ajoute à sa mauvaise résolution spatiale. Il est donc recommandé de poursuivre en parallèle une

surveillance classique par EEG standard. L'avantage de l'aEEG est qu'il permet de monitorer la fonction cérébrale à tout moment, il est disponible en permanence, de jour comme de nuit. Il peut être installé par des non-électrophysiologistes. Il est utilisé en réanimation pédiatrique dans le cas de coma inexpliqué, à la recherche notamment de convulsions infra-cliniques et permet de guider les thérapeutiques. Dans les états de mal convulsifs pour le suivi des traitements anti-épileptiques et également pour établir un pronostic neurologique dans les encéphalopathies anoxo-ischémiques néonatales et les traumatismes crâniens (17,18). Il n'existe à notre connaissance aucune donnée sur la valeur pronostique de l'aEEG après arrêt cardiaque du nouveau-né ou de l'enfant.

3. Question posée et objectif

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la valeur prédictive de l'aEEG, réalisé dans les 48 premières heures après arrêt cardiaque, pour le pronostic neurologique à la sortie de réanimation, après arrêt cardio-respiratoire chez l'enfant.

L'objectif secondaire est de comparer la valeur prédictive de l'EEG standard et le cas échéant celle de l'imagerie par IRM.

II. MATERIELS ET METHODES

1. Patients

Nous avons réalisé une étude rétrospective dans le service de réanimation pédiatrique du CHU de Nantes. Les données ont été recueillies de façon prospective. La population cible était les enfants hospitalisés en réanimation pédiatrique du CHU de Nantes pendant 30 mois, entre août 2015 et février 2018 et qui ont présenté un arrêt cardio-respiratoire. Le critère d'inclusion était d'avoir bénéficié d'un monitoring par aEEG dans les 48 premières heures suivant l'arrêt cardio-respiratoire, défini par la notion de massage cardiaque externe et/ ou injection de drogues et/ou défibrillation, dans le cadre d'une réanimation cardio-pulmonaire (19). Nous avons exclu les nouveau-nés prématurés et les arrêts cardiaques en salle de naissance (mauvaise adaptation à la vie extra-utérine), les tracés non interprétables (défaut d'impédance sur un temps prolongé), les tracés d'aEEG réalisés plus de 48 heures après l'arrêt cardio-respiratoire, les patients ayant un PCPC supérieur ou égal à 3 avant l'arrêt cardiaque et les décès de causes non-neurologiques.

Un avis favorable pour la réalisation de cette étude a été obtenu par le comité d'éthique local (groupe nantais d'éthique dans le domaine de la santé) en date du 29 mars 2018.

2. Recueil de données

Nous avons recueilli : les données démographiques (âge, sexe, poids, antécédents médicaux), les circonstances de l'arrêt cardio-respiratoire (pathologie, localisation intra ou extrahospitalier, témoin, existence d'un arrêt circulatoire sans MCE (*no flow*), durée de retour à une circulation spontanée ou ROSC), les données biologiques à l'aide de scores de prédiction de mortalité (PRISM, PELOD, lactates, pH, base excess), les examens complémentaires (EEG, IRM cérébrale), les caractéristiques du monitoring par aEEG et le pronostic neurologique évalué par le PCPC.

La machine d'aEEG utilisée pour le monitoring était la CFM Olympic Brainz Monitor[®], avec 5 électrodes : 1 électrode frontale, 2 électrodes fronto-temporales et 2 électrodes pariétales. L'impédance était monitorée et devait toujours être inférieure ou égale à 10 ohms. Le monitoring par aEEG était installé par le réanimateur pédiatrique ou une infirmière de réanimation pédiatrique ayant reçu une formation sur l'aEEG. Les tracés ont été lus par un expert électrophysiologiste extérieur au service, en aveugle de la clinique et des données concernant le patient. Les tracés ont été interprétés selon la classification de Hellström-Westas en *tracé normal continu* lorsque l'amplitude minimale est supérieure à 5µV et maximale comprise entre 10 et 50µV et associé à un tracé réactif avec alternance de cycle veille-sommeil ; *discontinu* lorsque les séquences d'amplitude normale alternent avec des périodes intermittentes d'amplitude plus faible; *suppression burst* lorsque la majorité du tracé est discontinue et d'amplitude proche de zéro, avec des périodes de faible amplitude associées à des pics de haute amplitude appelés aussi burst ; *continu de faible amplitude* lorsque le tracé est de faible amplitude, étroit et avec une limite inférieure entre 0 et 5µV et avec très peu de réactivité ; *tracé plat* lorsque l'amplitude est isoélectrique avec très peu de réactivité et toujours inférieure à 5µV (Annexe 2) (16). La récupération d'un tracé normal avec cycle veille sommeil ainsi que la présence de convulsions et d'artéfacts ont également été recueillis.

Selon l'évolution clinique les patients ont bénéficié d'un EEG et d'une IRM cérébrale. Ces examens ont été interprétés par des experts extérieurs au service et en aveugle de la clinique et des données des patients. L'interprétation des EEG a été réalisée selon l'échelle standardisée d'interprétation des EEG ou ACNS (20,21) (Annexe 4). Les images IRM étaient gradées visuellement région par région en T1 et T2, et pour les IRM précoces était noté une appréciation visuelle de la restriction en diffusion (22).

3. Critères de jugement

Le critère de jugement principal était la valeur prédictive de l'aEEG à discriminer un PCPC favorable (1, 2, 3) ou défavorable (4, 5, 6) (annexe 5).

Le Pediatric Cerebral Performance Category ou PCPC est une échelle permettant d'évaluer le déficit et le handicap de l'enfant, celle-ci est corrélée à plusieurs échelles évaluant les fonctions neurologiques de l'enfant (23,24). Cette échelle est utilisée dans les recommandations d'Utstein (25), ainsi que dans de nombreuses études pour évaluer l'état neurologique de l'enfant après un arrêt cardio-respiratoire (26). Celle-ci est composée de 6 stades, stade 1 : normal, 2 : handicap léger, 3 : handicap modéré, 4 : handicap sévère, 5 : état végétatif ou coma, 6 : mort encéphalique (27) (annexe 5). Le PCPC a été évalué à l'entrée en réanimation pédiatrique ainsi qu'à la sortie. Un pronostic neurologique a été considéré comme favorable à la sortie lorsque le PCPC était inférieur ou égal à 3, et défavorable lorsqu'il était supérieur à 3.

4. Méthodes statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel RSTAT.

Les variables quantitatives ont été décrites par leur moyenne +/- l'écart-type ou par la médiane et son écart interquartile (IQR). Pour les variables qualitatives, l'effectif et le pourcentage (%) sont présentés pour chaque modalité.

Pour l'analyse du tracé de fond obtenu par aEEG continu, nous nous sommes intéressés aux 24 premières heures d'enregistrement. Nous les avons découpées par périodes de 3 heures, soit 8 au total. Nous avons attribué à chaque période un score de 1 à 4 selon le tracé de fond : 1 : tracé normal, 2 : modérément altéré ou discontinu, 3 : suppression burst, ou tracé continu de basse amplitude, 4 : tracé plat. Nous avons ensuite additionné chez tous les patients les scores des 8 périodes. On obtenait ainsi une représentation du tracé de fond enregistré pendant 24 heures sous la forme d'un score dont les valeurs s'échelonnaient de 8 à 32. Pour les patients chez qui 24 heures

d'enregistrement n'avaient pas été réalisées, le score de la dernière période était répété pour les périodes suivantes.

Les comparaisons intergroupes ont été réalisées par test du χ^2 ou de Fisher selon les variables. La prédiction du devenir neurologique a été réalisée par calcul de risque relatif et intervalle de confiance à 95% pour les facteurs issus de l'aEEG. La valeur prédictive du tracé de fond obtenue par aEEG au cours des 24 premières heures d'enregistrement était représentée sur une courbe ROC avec l'IC95% de celle-ci. La statistique J était utilisée pour déterminer sur la courbe la valeur du score donnant le meilleur index de Youden ($Y=Se+Sp-1$). Les autres éléments apportés par l'aEEG ont été ajoutés dans un modèle de régression logistique binaire et le meilleur modèle prédictif était également visualisé par une courbe ROC. L'interprétation des données EEG a fait l'objet du même traitement, et les prédictions apportées par aEEG d'un côté et EEG de l'autre ont été comparées par un test de Delong. Un $p<0,05$ était considéré comme significatif.

III. RESULTATS

1. Données épidémiologiques

Pendant les 30 mois de notre étude 69 enfants ont été hospitalisés en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes et ont présenté un arrêt cardio-respiratoire intra ou extrahospitalier, 36 enfants ont été monitorés par aEEG. Parmi eux, 6 ont été exclus et 30 patients ont donc été inclus et analysés (Figure 1).

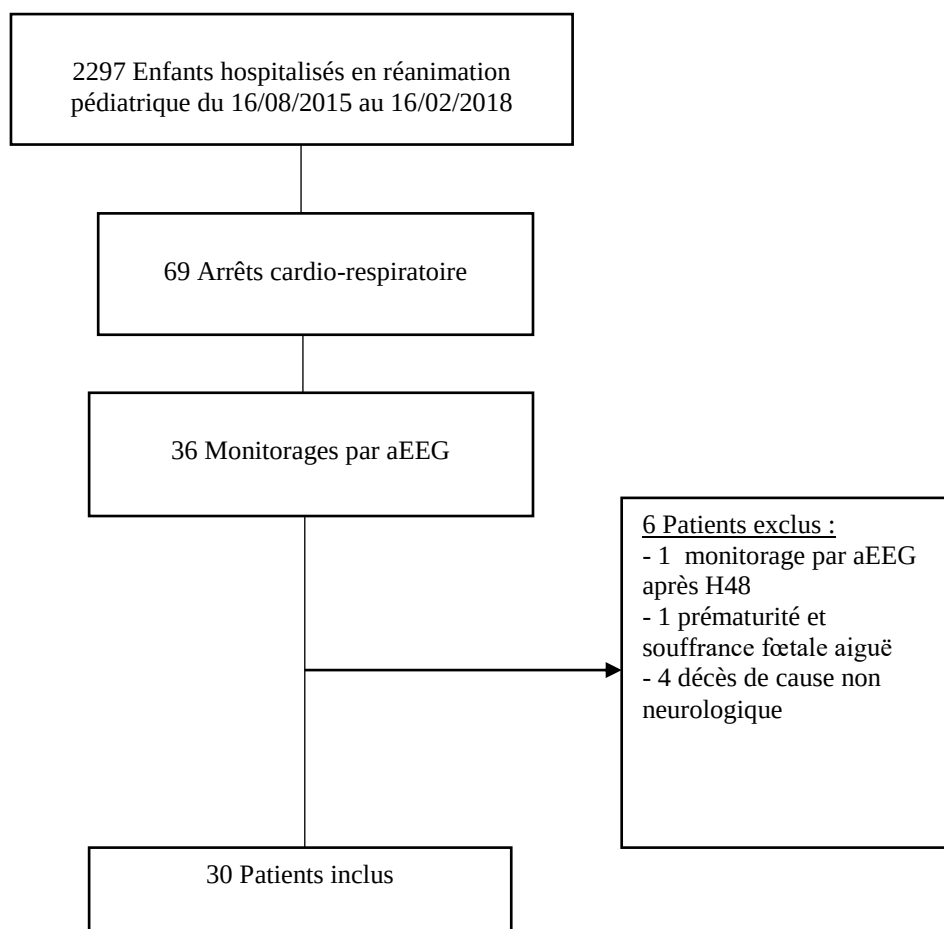


Figure 1: Diagramme de flux (flow chart)

18 enfants présentaient un PCPC favorable en sortie de réanimation, 12 un PCPC défavorable. Tous les enfants sauf 3 avaient un PCPC à 1 avant l'entrée en réanimation pédiatrique. Les trois enfants ayant un PCPC à 2 avant l'entrée en réanimation, gardaient un PCPC favorable en sortie de réanimation. Les caractéristiques démographiques des patients sont représentées dans le tableau 1. Les groupes étaient comparables.

Tableau 1 : Caractéristiques des patients inclus

Variable	Total	PCPC 1-2-3	PCPC 4-5-6	p
Enfants n (%)	30	18 (60%)	12 (40%)	
Age (mois) médiane [IQR]	9,9 [1,6-38,2]	3,3 [1,1-55,7]	16,8 [7,77-31,76]	0,204
Nouveau-né n (%)				0,358
Non	23 (76,67%)	12 (66,67%)	11 (91,67%)	
Oui	7 (23,33%)	6 (33,33%)	1 (8,33%)	
Sexe n (%)				0,061
Filles	13 (43,33%)	5 (27,78%)	8 (66,67%)	
Garçons	17 (56,67%)	13 (72,33)	4 (33,33%)	
Poids (kg) médiane [IQR]	6,64 [4,1-15]	4,61 [3,67-17,25]	9,5 [6,46-15]	0,211
PCPC avant entrée réa n (%)				0,255
1	27 (90%)	15 (83,33%)	12 (100%)	
2	3 (10%)	3 (16,66%)	0	
Cardiopathie congénitale n (%)				0,722
Non	16 (53,33%)	9 (50%)	7 (58,33%)	
Oui	14 (46,67%)	9 (50%)	5 (41,67%)	
Antécédent chirurgie cardiaque n (%)				0,709
Non	18 (60%)	10 (55,56%)	8 (66,67%)	
Oui	12 (40%)	8 (44,44%)	4 (33,33%)	

Les caractéristiques des arrêts cardiaques sont représentées dans le tableau 2. La cause la plus fréquente d'arrêt cardiaque était la défaillance cardiaque ou l'arythmie puis les pathologies respiratoires et les pathologies infectieuses. Les rythmes cardiaques les plus fréquents étaient l'asystolie et la bradycardie extrême. La durée de réanimation avant ROSC était plus longue dans le groupe avec pronostic défavorable, les défaillances d'organes y étaient plus fréquentes (PELOD à J1), ainsi que le recours à l'ECMO.

Tableau 2: Caractéristiques de l'arrêt cardiaque

Variable	Total	PCPC 1-2-3	PCPC 4-5-6	p
Causes d'arrêt cardiaque n (%)				0,925
Défaillance cardiaque ou arythmie	16 (53,33%)	12 (66,67%)	4 (33,33%)	
Insuffisance respiratoire aiguë	4 (13,33%)	3 (16,67%)	1 (8,33%)	
Obstruction des voies aériennes	3 (10%)	1 (5,57%)	2 (16,67%)	
Pathologie infectieuse	4 (13,33%)	1 (5,57%)	3 (25%)	
Pathologie neurologique	1 (3,33%)	0,000	1 (8,33%)	
Trouble métabolique	2 (6,67%)	1 (5,57%)	1 (8,33%)	
Localisation n (%)				0,392
extrahospitalier	7 (23,33%)	3 (16,67%)	4 (33,33%)	
hospitalier	23 (76,67%)	15 (83,33%)	8 (66,67%)	
Témoin n (%)				0,4
Non	1 (3,33%)	0,000	1 (8,33%)	
Oui	29 (96,67%)	18 (100%)	11 (91,67%)	
Tracé à l'arrêt cardiaque n (%)				0,479
Bradycardie extrême/BAV	7 (23,33%)	5(27,78%)	2 (16,67%)	
DEM	2 (6,67%)	2 (11,11%)	0	
FV	5 (16,67%)	3 (16,67%)	2 (16,67%)	
Asystolie	10 (33,33%)	4 (22,22%)	6 (50%)	
Inconnu	6 (20%)	4 (22,22%)	2 (16,67%)	
ROSC (minutes) médiane [IQR]	12 [6-30]	6 [5-12]	37,5 [21,75-56]	0,044
No flow n (%)				0,128
Oui	6 (20%)	1 (5,57%)	5 (41,67%)	
Non	24 (80%)	17 (94,44%)	7 (58,33%)	
ECMO après ACR				0,024
Oui	12 (40%)	4 (22,22%)	8 (66,67%)	
Non	18 (60%)	14 (77,78%)	4 (33,33%)	
PRISM entrée de réanimation moyenne ± écart type	14,83±9,3	11,89±6,79	19,25±11	0,056
PELOD 2 moyenne ± écart-type				
entrée de réa	8,1±5,05	6,722±3,14	10,167±6,67	0,120
J1 arrêt	7,76±5,67	5,47±2,24	11±7,41	0,015
J2 arrêt	6,4±3,06	5,63±2,06	7,78±4,09	0,115
J3 arrêt	6,63±2,76	6,19±2,46	7,5±3,3	0,204
pH minimum dans les 6h après l'arrêt cardiaque moyenne ± écart type	7,09±0,2	7,14±0,19	7,02±0,2	0,216
Lactate maximum dans les 6h après l'arrêt cardiaque moyenne ± écart type	9,61±5,54	8,23±5,33	11,68±5,4	0,094

Les scores de PCPC de sortie de réanimation pédiatrique sont présentés figure 2. Il n'y avait pas de patient avec un score de PCPC à 3 ou à 4.

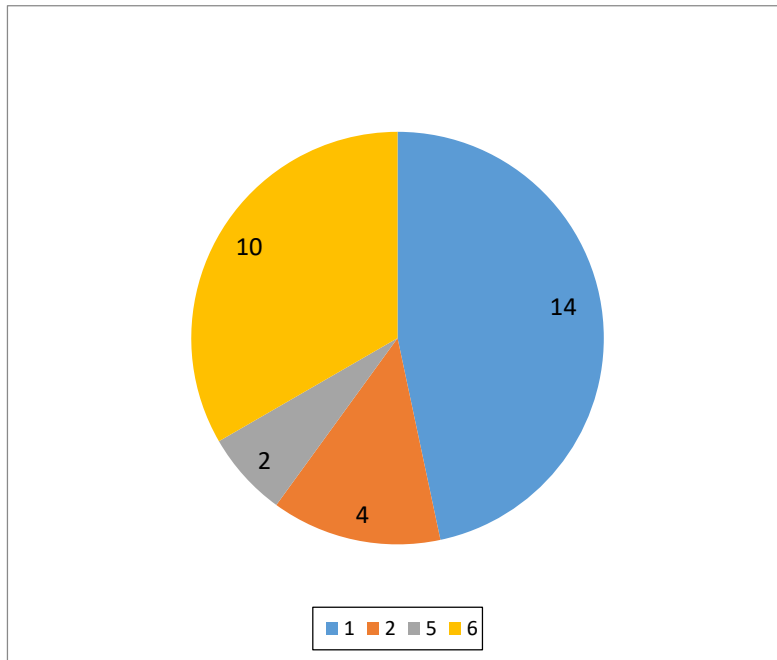


Figure 2: Effectifs PCPC à la sortie de réanimation pédiatrique

2. Valeur pronostique de l'aEEG

Le délai médian de début d'enregistrement par aEEG après arrêt cardiaque était de 4,3 h [2,5-9,4h], un peu plus court dans le groupe avec pronostic favorable (3,75h versus 6,13h, $p=0.047$). La durée médiane d'enregistrement était de 47,9 h [26,07-69,83h]. Le tracé de fond était interprétable sans artéfacts pendant 24 heures consécutives dans 66,7% des cas. Les scores obtenus pour chaque patient après addition des 8 périodes aEEG des 24 premières heures d'enregistrement étaient respectivement de $12,4 \pm 4,4$ versus $24,7 \pm 7,6$ dans les groupes de bon et de mauvais pronostic neurologique ($p < 0.001$).

Le tableau 3 expose la valeur prédictive, exprimée en risque relatif, de présenter un devenir pathologique en fonction du score représentant le tracé de fond, de l'existence de convulsions, d'un

état de mal épileptique ou au contraire un devenir favorable en fonction de la récupération dans les 24 heures d'un tracé de cycles veille sommeil.

Tableau 3: Convulsions, état de mal épileptique (RR de mauvais pronostic) et récupération d'un cycle veille sommeil (RR de bon pronostic)

Variables	PCPC 1-2-3	PCPC 4-5-6	Analyse univariée		
			RR	IC95%	p
Tracés de fond 24H			1,38	[1,09-1,72]	0,008
Oui	15	8			
Non	3	4			
Convulsions			2,33	[1,01-5,39]	0,024
NON	14	4			
OUI	4	8			
Etat de mal épileptique			3,4	[0,58-20,03]	0,128
NON	17	8			
OUI	1	4			
Récupération CVS			2	[1,02-3,91]	0,0604
OUI	12	3			
NON	6	9			

En régression logistique binaire, seule la présence de convulsions était associée à une probabilité majorée de mauvais devenir neurologique ($p=0.022$), tandis que la présence d'un état de mal ou l'absence de cycles veille sommeil n'étaient pas retenus par ce modèle de prédiction.

La figure 3 représente les résultats de cette analyse. La différence des aires sous la courbe était de 0.032, IC95% [-0.05- 0.115] ; $p=0.77$, après test de Delong. Sur cette courbe, l'index de Youden représentant l'angle de la courbe ROC, correspondait à une valeur du score à 15. Une valeur > 15 présentait une Sensibilité de 75% et une Spécificité de 94%, la valeur prédictive positive (VPP) étant de 83% et la valeur prédictive négative (VPN) de 94%.

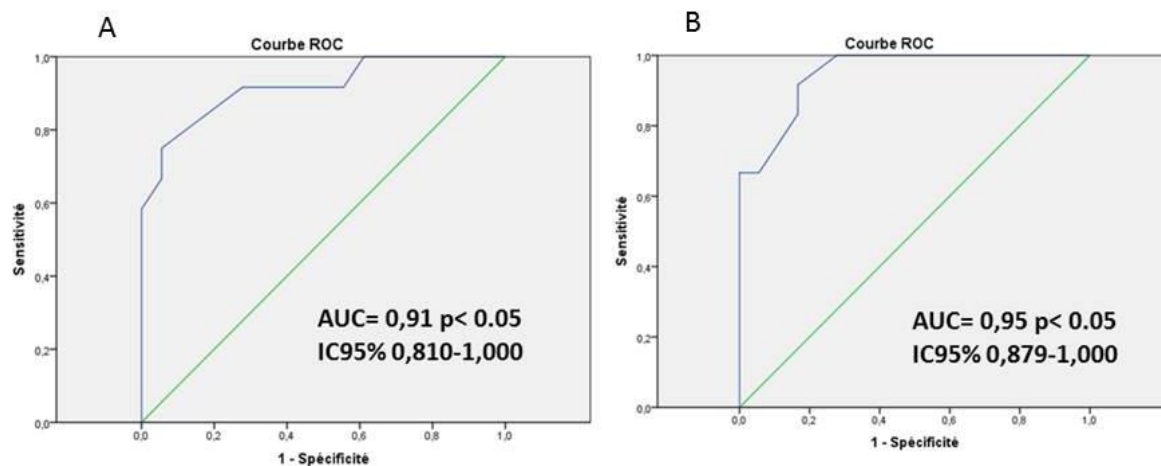


Figure 3: Courbes ROC représentant la prédiction du pronostic neurologique en sortie de réanimation par aEEG, avec intervalle de confiance à 95%.

3A : tracé de fond obtenu par aEEG pendant 24h d'enregistrement.

3B: tracé de fond obtenu par aEEG et enregistrement d'évènements convulsifs.

Trois patients étaient finalement mal classés par ce modèle de prédiction établi pour l'aEEG et incluant la qualité du tracé de fond sur 24 heures, et la présence de convulsions. L'un était un nourrisson chez qui il était noté des artefacts ECG sur une majorité du tracé, les deux autres étaient une enfant de 3 ans et un adolescent de 15 ans.

3. Valeur pronostique de l'EEG

23 patients ont bénéficié d'un EEG après arrêt cardiaque. Le délai médian par rapport à l'arrêt cardiaque était de 26,5 h [17,67-37,87h], il était identique dans les deux groupes. La conclusion de l'analyse standardisée (21) de ces tracés permettait de classer les patients comme suit : 7 patients (30,43%) présentaient des altérations légères, 8 (34,78%) des altérations intermédiaires et 8 (34,78%) des altérations sévères. Dans le groupe de pronostic neurologique favorable aucun patient ne présentait de tracé d'EEG avec altérations sévères. En revanche dans le groupe de pronostic neurologique défavorable 1 patient présentait un tracé avec altérations légères et 2 patients présentaient un tracé avec altérations intermédiaires. Un tracé d'EEG avec

altérations sévères présentait une sensibilité de 72%, une spécificité de 100%, une valeur prédictive positive de 100% et une valeur prédictive négative de 80%.

Un modèle de régression logistique binaire incluant les variables classées par analyse standardisée (activité de fond, continuité, amplitude, existence de crises) a permis d'établir un modèle de prédiction dont la représentation par courbe ROC est illustrée par la figure 4. La prédiction du pronostic EEG était équivalente à celle apportée par l'aEEG, la différence des aires sous la courbe (AUC) étant de 0.055, IC95% [-0.041- 0.153] ; $p=0.26$.

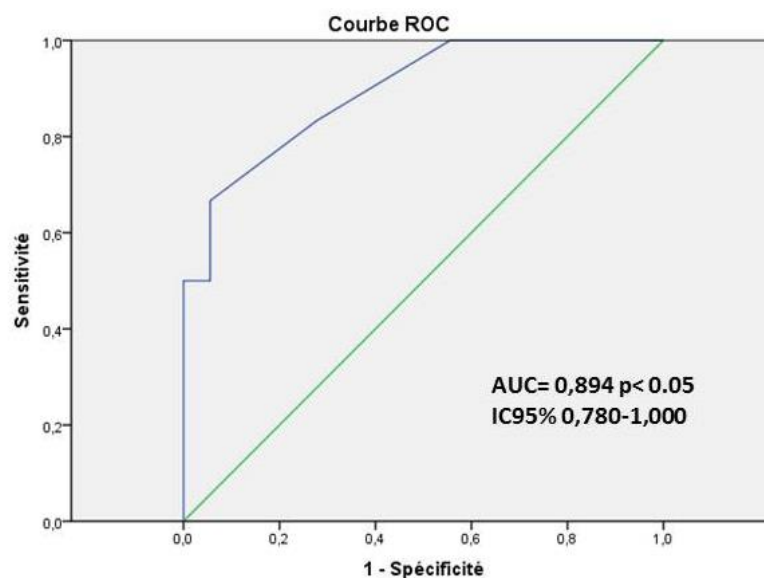


Figure 4 : Courbe ROC représentant la prédiction d'un pronostic neurologique par EEG à la sortie de réanimation, avec intervalle de confiance à 95%

4. Valeur pronostique de l'IRM cérébrale

13 patients ont bénéficié d'une IRM cérébrale après arrêt cardiaque. Le délai médian par rapport à l'arrêt cardiaque était de 9 jours [8-29]. 4 patients présentaient des lésions sévères à l'IRM, de type restriction de diffusion moyenne à extensive de la substance blanche en T2. Ces patients avaient tous un pronostic neurologique défavorable. Les autres patients présentaient une IRM cérébrale normale à modérément altérée et avaient un pronostic neurologique favorable.

IV. DISCUSSION

Notre étude a permis de montrer qu'un tracé de 24 heures d'enregistrement d'aEEG était très pertinent pour prédire un mauvais pronostic neurologique dans les 48 heures après arrêt cardio-respiratoire chez l'enfant. Nous avons montré qu'un tracé d'aEEG sévèrement altéré était prédictif de mauvais pronostic neurologique avec une sensibilité de 75%, une spécificité de 94%, une valeur prédictive positive de 83% et une valeur prédictive négative de 94%.

La présence de convulsions électriques dans les 24 premières heures d'enregistrement était associée à un mauvais pronostic, et la survenue d'un état de mal l'était probablement encore plus, même si la puissance de cette étude était insuffisante pour le confirmer. Enfin, la récupération d'un CVS, facilement reconnaissable en aEEG, était un marqueur de bon devenir.

De plus, notre cohorte de patients ayant pour la majorité également bénéficié d'un monitoring EEG, nous avons pu vérifier que ces résultats sont comparables à ceux retrouvés en EEG standard, avec un délai de prédiction plus précoce. Concernant l'imagerie, la proportion d'enfants ayant bénéficié dans un délai compatible d'une imagerie est trop faible pour conclure à une bonne concordance entre ces tests, même si ces résultats partiels semblent le montrer.

D'autres travaux ont également étudié l'utilisation de l'aEEG après arrêt cardiaque, mais sans démontrer avec précision sa fiabilité et notamment sa valeur prédictive (17).

L'étude de Thomas et al (18) « Place de l'EEG continu en réanimation pédiatrique: indications, intérêts et limites. Etude prospective sur 20 cas » s'est intéressée à l'utilisation de l'aEEG en réanimation pédiatrique (monitorage par aEEG pour toutes causes pouvant être responsables d'atteintes neurologiques). Elle a montré qu'un aEEG modérément altéré ou sévèrement altéré selon la classification d'Al Naqeeb était prédictif de décès avec une valeur prédictive positive 77,8%.

Par ailleurs deux études sur le pronostic neurologique précoce évalué par EEG standard en post arrêt cardiaque chez l'enfant ont montré qu'un tracé EEG discontinu ou peu réactif dans les 24 premières heures était associé à un taux de mortalité et de séquelles neurologiques plus important (28,29), ce qui est cohérent avec nos résultats. Comme nous l'avons évoqué dans l'introduction,

l'EEG et l'aEEG sont bien corrélés pour l'interprétation des tracés de fond, nous pouvions donc nous attendre à ces résultats.

Une étude réalisée récemment chez l'adulte montre que l'aEEG et le score de Glasgow ont une bonne corrélation dans l'évaluation précoce du pronostic neurologique après arrêt cardiaque et que l'aEEG est même le plus précis (30) .

Les deux études de Rundgren et al en 2006 et 2010 (31,32) sur la valeur pronostique de l'aEEG chez l'adulte après arrêt cardiaque traité par hypothermie, ont montré qu'un tracé plat en normothermie était associé à un mauvais pronostic dans 66% des cas, en revanche de nombreux patients présentaient un tracé plat en hypothermie mais avaient finalement un bon pronostic. Un tracé d'aEEG sous hypothermie, initialement continu ou la récupération d'un tracé continu était prédictif d'un bon pronostic avec une valeur prédictive positive respectivement de 91% et 87%. Les patients présentant des crises convulsives à l'aEEG avaient un pronostic neurologique défavorable si le tracé de fond était altéré, de type suppression burst. D'autres travaux confirmaient que la présence d'un tracé de fond continu d'aEEG et d'EEG sous hypothermie, dans les 24 heures après un arrêt cardiaque était prédictive d'un pronostic neurologique favorable (33,34) .

L'hypothermie modérée entre 32 et 34°C semble d'après Rundgren peu influencer le tracé de fond en aEEG et EEG. Dans notre pratique, conformément aux recommandations récentes en réanimation pédiatrique après arrêt cardiaque, les patients sont traités en normothermie active, l'objectif étant de maintenir une température comprise entre 36 et 37°C. Nous ne devrions donc pas observer d'impact de la température sur la prédiction apportée par l'aEEG dans cette étude.

En revanche les sédations sont connues pour avoir un effet de dépression sur le cerveau et donc d'altération du tracé de fond en EEG et aEEG. Les effets sont très dépendants de l'âge, de la nature et de la dose des médicaments utilisés. Nous avons eu recours dans notre étude à des morphinomimétiques et des benzodiazépines, à des posologies dont nous savons qu'ils ne modifient pas la qualité de l'aEEG chez le nouveau-né d'après l'étude d'Olischar et al (35). Par extrapolation, nous pouvons supposer que les sédatifs utilisés dans cette cohorte n'ont pas affecté la valeur

prédictive de l'aEEG, d'autant plus que dans les 24 premières heures leur posologie est habituellement faible.

En ce qui concerne la méthodologie de l'étude, nous nous sommes appuyés sur les recommandations d'Utstein. Les études sur l'arrêt cardio-respiratoire chez l'enfant ont longtemps été compliquées et peu représentatives, n'ayant pas toutes la même définition de l'arrêt cardiaque. Des recommandations selon le model d'Utstein ont été publiées en 1995 suite à un travail réalisé par l'Académie américaine de Pédiatrie, l'Association américaine de Cardiologie et le Conseil européen de Réanimation (25,36). L'arrêt cardio-respiratoire est défini comme la nécessité de réaliser un massage cardiaque externe et une ventilation assistée en raison d'un arrêt cardiaque (absence de pouls central, absence de réactivité ou de signes de vie, respiration anormale) ou d'une bradycardie extrême (inférieure à 60 battements par minute) et avec des signes d'hypo-perfusion. Nous avons ajouté à cette définition les troubles du rythme. Ces recommandations incluent une description standardisée de l'hôpital, des patients, des soins et des thérapeutiques apportées, des caractéristiques de l'arrêt cardio-respiratoire et du devenir neurologique évalué à l'aide du PCPC.

Notre étude avait un faible taux de décès (33%) contrairement à certaines études (environ 75%), cela est probablement dû à nos critères d'inclusion : exclusion des décès de causes non neurologiques, inclusion de certains patients avec arrêt cardiaque de faible durée. Par ailleurs, il y avait de nombreux patients avec un contexte de chirurgie cardiaque, certains travaux ont démontré qu'ils avaient un meilleur taux de survie (37). En revanche dans notre étude la prévalence de l'arrêt cardiaque est de 3%, elle est équivalente à celle des autres études sur l'arrêt cardiaque chez l'enfant (36).

Pour le choix de définir un pronostic neurologique favorable si le PCPC était inférieur ou égale à 3, certaines recherches sur l'arrêt cardiaque de l'enfant ont fait le même choix, d'autres ont considéré un pronostic neurologique favorable si le PCPC était strictement inférieur à 3. D'après l'étude « Derivation and Internal Validation of a Mortality Prediction Tool for Initial Survivors of Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest » Holmberg et al (26), les 2 sont équivalents. De plus nous

nous sommes intéressés aux pronostics les plus sévères, ceux nécessitant une discussion éthique et une éventuelle limitation des soins.

Le choix de la classification aEEG utilisée peut être discuté. Nous avons préféré retenir la classification d'Hellström-Westas plutôt que celle d'Al Naqeeb, autre classification très utilisée en aEEG, car celle-ci apprécie le tracé de fond associé à la réactivité et l'alternance de cycle veille-sommeil. Néanmoins ces deux classifications sont assez proches.

La lecture des tracés des enfants plus grands est difficile, le tracé est souvent lent et ample et il est plus compliqué d'interprétation. Cela est à l'origine de 2 patients mal classés par l'aEEG, dont les tracés lents et amples, donc de sévérité intermédiaires, sont difficiles à classer par l'expert. Il serait peut-être intéressant d'utiliser une classification différente pour les grands enfants. Celle d'Hellström-Westas ayant été initialement validée pour les nouveau-nés.

Notre étude est rétrospective et présente donc quelques biais de sélection, en effet tous les patients n'ont pas la même durée de tracé aEEG et celui-ci n'est pas toujours fait dans les mêmes délais, il serait intéressant de valider ces résultats par une étude prospective avec un nombre de patients plus important, de manière à préciser l'impact pronostic de la survenue d'un état de mal épileptique et de la récupération d'un cycle veille sommeil.

De plus notre étude s'est concentrée sur le pronostic neurologique à court terme et il serait intéressant, chez les survivants, de connaître les séquelles et le pronostic neurologique à long terme. En effet, il est également décrit à long terme des troubles psychosomatiques avec des plaintes somatiques fréquentes et également des troubles de l'attention chez des patients indemnes de séquelles à la sortie de réanimation (38).

V. CONCLUSION

L'aEEG est une technique qui permet aux équipes de réanimation pédiatrique d'établir précocement un pronostic neurologique après arrêt cardiaque. Une étude de validation permettra de confirmer ces résultats encourageants et de mettre en évidence l'impact pronostic de l'ensemble des éléments apportés par le monitoring aEEG.

BIBLIOGRAPHIE

1. Berg MD, Nadkarni VM, Zuercher M, Berg RA. In-Hospital Pediatric Cardiac Arrest. *Pediatr Clin North Am.* juin 2008;55(3):589-604.
2. Topjian AA, Berg RA, Nadkarni VM. Pediatric Cardiopulmonary Resuscitation: Advances in Science, Techniques, and Outcomes. *Pediatrics.* 1 nov 2008;122(5):1086-98.
3. Tress EE, Kochanek PM, Saladino RA, Manole MD. Cardiac arrest in children. *J Emerg Trauma Shock.* 2010;3(3):267.
4. Nolan JP, Neumar RW, Adrie C, Aibiki M, Berg RA, Böttiger BW, et al. Post-cardiac arrest syndrome: Epidemiology, pathophysiology, treatment, and prognostication A Scientific Statement from the International Liaison Committee on Resuscitation; the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee; the Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia; the Council on Cardiopulmonary, Perioperative, and Critical Care; the Council on Clinical Cardiology; the Council on Stroke. *Resuscitation.* déc 2008;79(3):350-79.
5. Devictor D, Schmoll M. Décisions de fin de vie en réanimation pédiatrique. *mt pédiatrie* vol 12 n°6; 2009.
6. Maynard D, Prior P, Scott D. Device for continuous monitoring of cerebral activity in resuscitated patients. *Br Med J.* 1969;4(5682):545.
7. de Vries LS, Hellström-Westas L. Role of cerebral function monitoring in the newborn. *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed.* 1 mai 2005;90(3):201-7.
8. Toet MC, Hellström-Westas L, Groenendaal F, Eken P, De Vries LS. Amplitude integrated EEG 3 and 6 hours after birth in full term neonates with hypoxic–ischaemic encephalopathy. *Arch Dis Child-Fetal Neonatal Ed.* 1999;81(1):19–23.
9. Hellström-Westas L, Rosen I, Svenningsen NW. Predictive value of early continuous amplitude integrated EEG recordings on outcome after severe birth asphyxia in full term infants. *Arch Dis Child-Fetal Neonatal Ed.* 1995;72(1):34–38.
10. al Naqeeb N, Edwards AD, Cowan FM, Azzopardi D. Assessment of neonatal encephalopathy by amplitude-integrated electroencephalography. *Pediatrics.* 1999;103(6):1263–1271.
11. Shalak LF, Laptook AR, Velaphi SC, Perlman JM. Amplitude-integrated electroencephalography coupled with an early neurologic examination enhances prediction of term infants at risk for persistent encephalopathy. *Pediatrics.* 2003;111(2):351–357.
12. Shellhaas RA, Barks AK. Impact of Amplitude-Integrated Electroencephalograms on Clinical Care for Neonates With Seizures. *Pediatr Neurol.* janv 2012;46(1):32-5.
13. Zhang D, Liu Y, Hou X, Zhou C, Luo Y, Ye D, et al. Reference values for amplitude-integrated EEGs in infants from preterm to 3.5 months of age. *Pediatrics.* 2011;127(5):e1280–e1287.
14. Maynard D. Development of the CFM: the Cerebral Function Analysing Monitor (CFAM). *Ann Anesthesiol Fr.* 1979;20(3):253-5.
15. Bednarek N, Delebarre G, Saad S, Loron G, Mezguiche F, Morville P. L'EEG d'amplitude: description, applications, avantages et inconvénients. *Arch Pédiatrie.* 2008;15(8):1326–1331.

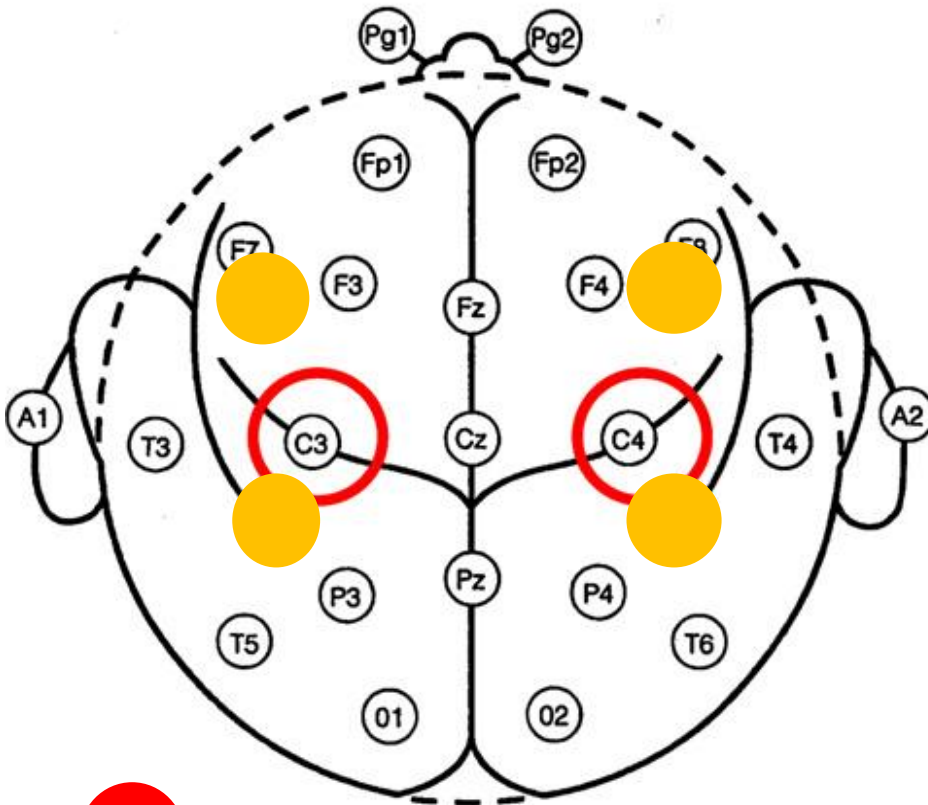
16. Hellström-Westas L, Rosén I, De Vries LS, Greisen G. Amplitude-integrated EEG classification and interpretation in preterm and term infants. *NeoReviews*. 2006;7(2):76–87.
17. Gregory L, Stidham G, Stephen K, Nugent S, Mark C, Rogers M. Monitoring cerebral electrical function in the ICU. *Crit Care Med*. sept 1980;8(9):519-23.
18. Thomas E. Place de l'EEG continu en réanimation pédiatrique: indications, intérêts et limites. Etude prospective sur 20 cas. [Thèse exercice]. France Université de Nancy. Université de formation et de recherche de Médecine; 2011.[cité 3 oct 2011]. Disponible sur http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED_T_2011_THOMAS_EMILIE.pdf.
19. Alten JA, Klugman D, Raymond TT, Cooper DS, Donohue JE, Zhang W, et al. Epidemiology and Outcomes of Cardiac Arrest in Pediatric Cardiac ICUs*: *Pediatr Crit Care Med*. oct 2017;18(10):935-43.
20. Abend NS, Massey SL, Fitzgerald M, Fung F, Atkin NJ, Xiao R, et al. Interrater Agreement of EEG Interpretation After Pediatric Cardiac Arrest Using Standardized Critical Care EEG Terminology: *J Clin Neurophysiol*. nov 2017;34(6):534-41.
21. Hirsch L, LaRoche S, Gaspard N, Gerard E, Svoronos A, Herman S. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care EEG Terminology: 2012 version [Internet]. [cité 2012]. Disponible sur: <https://www.acns.org/pdf/guidelines/Guideline-14.pdf>.
22. Fink EL, Panigrahy A, Clark RSB, Fitz CR, Landsittel D, Kochanek PM, et al. Regional Brain Injury on Conventional and Diffusion Weighted MRI is Associated with Outcome After Pediatric Cardiac Arrest. *Neurocrit Care*. août 2013;19(1):31-40.
23. Fiser DH, Long N, Roberson PK, Hefley G, Zolten K, Brodie-Fowler M. Relationship of pediatric overall performance category and pediatric cerebral performance category scores at pediatric intensive care unit discharge with outcome measures collected at hospital discharge and 1-and 6-month follow-up assessments. *Crit Care Med*. 2000;28(7):2616–2620.
24. Fiser DH. Assessing the outcome of pediatric intensive care. *J Pediatr*. 1992;121(1):68–74.
25. Zaritsky A, Nadkarni V, Hazinski MF, Foltin G, Quan L, Wright J, et al. Recommended guidelines for uniform reporting of pediatric advanced life support: the pediatric Utstein style. *Circulation*. 1995;92(7):2006–2020.
26. Holmberg MJ, Moskowitz A, Raymond TT, Berg RA, Nadkarni VM, Topjian AA, et al. Derivation and Internal Validation of a Mortality Prediction Tool for Initial Survivors of Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest: *Pediatr Crit Care Med*. déc 2017;1.
27. PEmLit. 8th February 2013: Impact of duration of CPR on survival and neurological outcomes in paediatric cardiac arrest [Internet]. 2013 [cité 8 févr 2013]. Disponible sur: <https://pemlit.org/2013/02/09/8th-february-2013-impact-of-duration-of-cpr-on-survival-and-neurological-outcomes-in-paediatric-cardiac-arrest>.
28. Kessler SK, Topjian AA, Gutierrez-Colina AM, Ichord RN, Donnelly M, Nadkarni VM, et al. Short-Term Outcome Prediction by Electroencephalographic Features in Children Treated with Therapeutic Hypothermia After Cardiac Arrest. *Neurocrit Care*. févr 2011;14(1):37-43.
29. Topjian AA, Sánchez SM, Shults J, Berg RA, Dlugos DJ, Abend NS. Early Electroencephalographic Background Features Predict Outcomes in Children Resuscitated From Cardiac Arrest*: *Pediatr Crit Care Med*. juin 2016;17(6):547-57.

30. Dong X, Shao H, Yang Y, Qin L, Guo Z, Zhang H, et al. Early evaluation of patients with amplitude-integrated electroencephalogram on brain function prognosis after cardiopulmonary cerebral resuscitation. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2017;29(10):887–892.
31. Rundgren M, Rosén I, Friberg H. Amplitude-integrated EEG (aEEG) predicts outcome after cardiac arrest and induced hypothermia. *Intensive Care Med*. juin 2006;32(6):836-42.
32. Rundgren M, Westhall E, Cronberg T, Rosén I, Friberg H. Continuous amplitude-integrated electroencephalogram predicts outcome in hypothermia-treated cardiac arrest patients: *Crit Care Med*. sept 2010;38(9):1838-44.
33. Oh SH, Park KN, Kim YM, Kim HJ, Youn CS, Kim SH, et al. The prognostic value of continuous amplitude-integrated electroencephalogram applied immediately after return of spontaneous circulation in therapeutic hypothermia-treated cardiac arrest patients. *Resuscitation*. févr 2013;84(2):200-5.
34. Cloostermans MC, van Meulen FB, Eertman CJ, Hom HW, van Putten MJAM. Continuous electroencephalography monitoring for early prediction of neurological outcome in postanoxic patients after cardiac arrest: A prospective cohort study. *Crit Care Med*. oct 2012;40(10):2867-75.
35. Olischar M, Davidson AJ, Lee KJ, Hunt RW. Effects of Morphine and Midazolam on Sleep-Wake Cycling in Amplitude-Integrated Electroencephalography in Post-Surgical Neonates ≥ 32 Weeks of Gestational Age. *Neonatology*. 2012;101(4):293-300.
36. Reis AG, Nadkarni V, Perondi MB, Grisi S, Berg RA. A prospective investigation into the epidemiology of in-hospital pediatric cardiopulmonary resuscitation using the international Utstein reporting style. *Pediatrics*. 2002;109(2):200–209.
37. Ortmann L, Prodhan P, Gossett J, Schexnayder S, Berg R, Nadkarni V, et al. Outcomes After In-Hospital Cardiac Arrest in Children With Cardiac Disease: A Report From Get With the Guidelines-Resuscitation. *Circulation*. 22 nov 2011;124(21):2329-37.
38. van Zelle L, Utens EM, Madderom M, Legerstee JS, Aarsen F, Tibboel D, et al. Cardiac arrest in infants, children, and adolescents: long-term emotional and behavioral functioning. *Eur J Pediatr*. juill 2016;175(7):977-86.

ANNEXES

Annexe 1 : Electrodes aEEG	29
Annexe 2 : Classification aEEG Hellström-Westas (16)	30
Annexe 3 : Tracé sévèrement altéré avec convulsions.....	30
Annexe 4 : Classification EEG (21).....	31
Annexe 5 : Classification Pediatric Cerebral Performance Category (PCPC) (27)	32

Annexe 1 : Electrodes aEEG



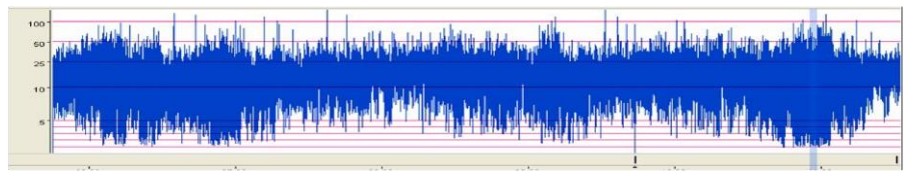
Single channel EEG (C3 → C4)



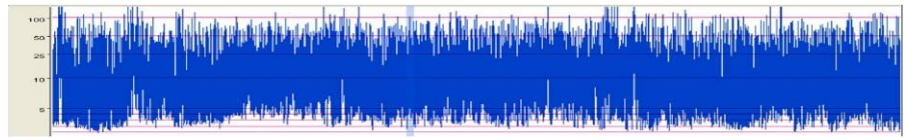
aEEG à 2 dérivations

Annexe 2 : Classification aEEG Hellström-Westas (16)

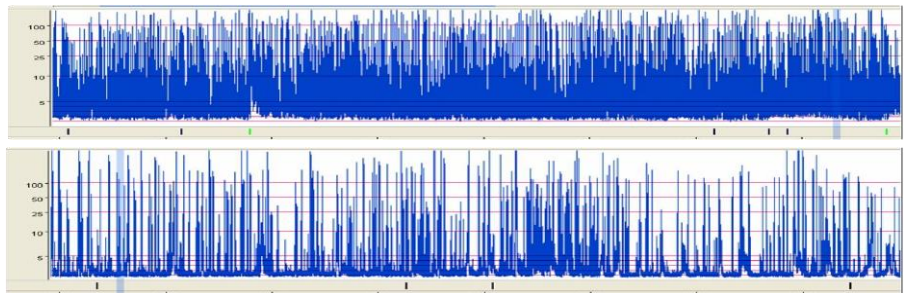
CNV
Continuous normal voltage



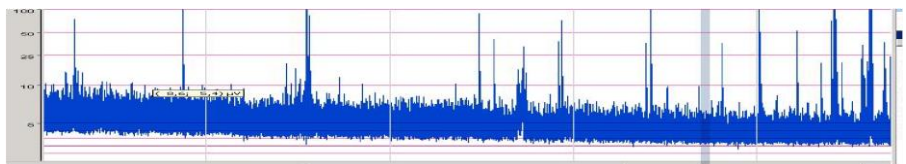
DC
Discontinuous



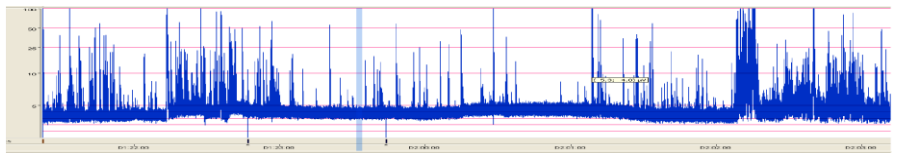
Burst - Suppression
BS + si burst > 100/h
BS - si burst < 100/h



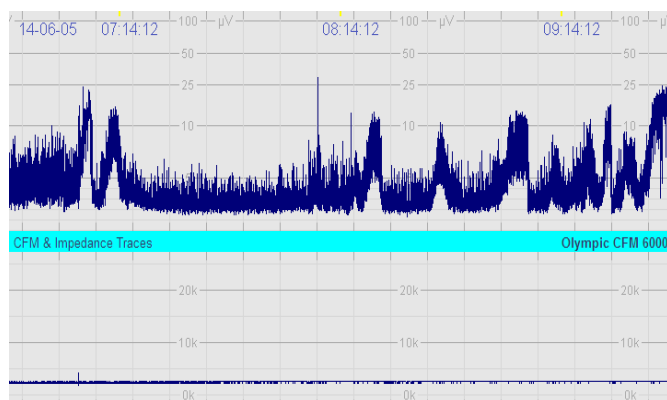
CLV
Continuous low voltage



FT
Flat trace



Annexe 3 : Tracé sévèrement altéré avec convulsions



Annexe 4 : Classification EEG (21)

ACNS Standardized Critical Care EEG Terminology: 2012 version Reference Chart

Main term 1	Main term 2	Plus (+) Modifier
G Generalized - Optional: Specify frontally, midline or occipitally predominant	PD Periodic Discharges	No +
L Lateralized - Optional: Specify unilateral or bilateral asymmetric - Optional: Specify lobe(s) most involved or hemispheric	RDA Rhythmic Delta Activity	+F Superimposed fast activity – applies to PD or RDA only
BI Bilateral Independent - Optional: Specify symmetric or asymmetric - Optional: Specify lobe(s) most involved or hemispheric	SW Rhythmic Spike and Wave OR Rhythmic Sharp and Slow Wave OR Rhythmic Polyspike and Wave	+R Superimposed rhythmic activity – applies to PD only
Mf Multifocal - Optional: Specify symmetric or asymmetric - Optional: Specify lobe(s) most involved or hemispheric		+S Superimposed sharp waves or spikes, or sharply contoured - applies to RDA only
		+FR If both subtypes apply – applies to PD only
		+FS If both subtypes apply – applies to RDA only

Major modifiers										Minor modifiers		
Prevalence	Duration	Frequency	Phases ¹	Sharpness ²	Absolute Amplitude	Relative Amplitude ³	Polarity ²	Stimulus Induced	Evolution ⁴	Onset	Triphasic ⁵	Lag
Continuous ≥90%	Very long ≥1h	≥4/s	>3	Spiky <70ms	High ≥200µV	>2	Negative	SI Stimulus Induced	Evolving	Sudden ≤3s	Yes	A-P Anterior-Posterior
		3.5/s	3									
Abundant 50-89%	Long 5-59min	3/s		Sharp 70-200ms	Medium 50-199µV	≤2	Positive	Sp Spontaneous only	Fluctuating	Gradual >3s	No	P-A Posterior-Anterior
		2.5/s	2				Dipole	Unk Unknown				
Frequent 10-49%	Intermediate duration 1-4.9min	2/s	1	Sharply contoured >200ms	Low 20-49µV		Unclear		Static			No
		1.5/s										
Occasional 1-9%	Brief 10-59s	1/s										
		0.5/s										
Rare <1%	Very brief <10s	<0.5/s		Blunt >200ms	Very low <20µV							

NOTE 1: Applies to PD and and SW only, including the slow wave of the SW complex
NOTE 2: Applies to the predominant phase of PD and the spike or sharp component of SW only
NOTE 3: Applies to PD only
NOTE 4: Refers to frequency, location or morphology
NOTE 5: Applies to PD or SW only

Sporadic Epileptiform Discharges	Background									
	Symmetry	Breach effect	PDR	Background EEG frequency	AP Gradient	Variability	Reactivity	Voltage	Stage II Sleep Transients	Continuity
Abundant ≥1/10s	Symmetric	Present	Present Specify frequency	Delta	Present	Present	Present	Normal ≥20µV	Present and normal	Continuous
Frequent 1/min-1/10s	Mild asymmetry ≤50% Amp. 0.5-1/s Freq.	Absent	Absent	Theta	Absent	Absent	SIRPIDs only	Low 10-20µV	Present but abnormal	Nearly continuous: ≤10% periods of suppression (<10µV) or attenuation (≥10µV but <50% of background voltage)
Occasional 1/h-1/min	Marked asymmetry >50% Amp. >1/s Freq.	Unclear		≥Alpha	Reverse	Unclear	Absent	Suppressed <10µV	Absent	Discontinuous: 10-49% periods of suppression or attenuation
Rare <1/h							Unclear			Burst-suppression or Burst-attenuation: 50-99% periods of suppression or attenuation Suppression

Annexe 5 : Classification Pediatric Cerebral Performance Category (PCPC) (27)

Clinical Features	Category	Score
• normal at age appropriate level • school age child attends regular school classroom	normal	1
• conscious alert and able to interact at an age appropriate level • school age child attending regular school classroom but grade perhaps not appropriate for age • may have a mild neurologic deficit	mild disability	2
• conscious • sufficient cerebral function for age-appropriate independent activities of daily life • school age child attending special education classroom • may have learning deficit	moderate disability	3
• conscious • dependent on others for daily support because of impaired brain function	severe disability	4
• any degree of coma without any of the criteria for brain death • unawareness even if awake in appearance without interaction with the environment • cerebral unresponsiveness • no evidence of cortical function and not aroused by verbal stimuli • possibly some reflexive responses spontaneous eye opening and/or sleep-wake cycles	coma or vegetative state	5
• apnea OR • areflexia OR • electroencephalographic (EEG) silence	brain death	6

SERMENT MEDICAL

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

SIGNATURES

Vu, le Président du Jury,
(tampon et signature)

Professeur Jean-Christophe ROZE
Cliquez ici pour signer
Réanimation Pédiatrique et Néonatale
Hôpital de l'Enfant
44093 NANTES Cedex 1

Professeur Jean-Christophe ROZE

Vu, le Directeur de Thèse,
(tampon et signature)

Docteur Pierre BOURGOIN
Réanimation pédiatrique
38 bd Jean Monnet - 44093 NANTES
02 40 08 35 75

Docteur Pierre BOURGOIN

Vu, le Doyen de la Faculté,

Professeur Pascale JOLLIET

Titre de Thèse : Valeur prédictive de l'électroencéphalogramme d'amplitude précoce dans l'arrêt cardiaque de l'enfant : une étude rétrospective en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes.

RESUME

Introduction : la prévalence de l'arrêt cardiaque chez l'enfant est d'environ 2 à 6% des enfants hospitalisés en réanimation pédiatrique. Les conséquences neurologiques peuvent être extrêmement sévères. L'électroencéphalogramme d'amplitude (aEEG) est utilisé dans le pronostic neurologique des encéphalopathies anoxo-ischémiques en réanimation néonatale.

Objectif : évaluer la valeur prédictive de l'aEEG réalisé dans les 48 premières heures après arrêt cardiaque, pour le pronostic neurologique à la sortie de réanimation après arrêt cardio-respiratoire chez le nouveau-né et l'enfant hospitalisé en réanimation pédiatrique.

Patients et méthodes : étude rétrospective en réanimation pédiatrique du CHU de Nantes. Nous avons inclu les patients monitorés par aEEG dans les 48 heures après arrêt cardio-respiratoire. Nous avons exclu les arrêts cardiaques en salle de naissance, et les décès de cause non neurologique après réanimation de l'arrêt cardiaque. Nous avons recueilli le tracé de fond aEEG, selon la classification d'Hellström-Westas, avec attribution de 1 à 4 points par tranche de 3 heures en fonction du tracé de fond obtenu, réalisant un score pour les 24 premières heures de 8 à 32 par ordre croissant de sévérité. Le délai de normalisation du tracé avec réapparition de cycles veille sommeil et la présence de convulsions ont également été recueillis. Les tracés ont été relus par un électrophysiologiste extérieur au service en aveugle des données du patient. Le critère de jugement principal était la valeur prédictive de l'électroencéphalogramme d'amplitude à discriminer un pronostic neurologique favorable ou défavorable évalué à la sortie de réanimation (*Pediatric Cerebral Performance Category*).

Résultats : 30 patients ont été inclus. 18 enfants présentaient un pronostic neurologique favorable et 12 un pronostic défavorable. La cause la plus fréquente d'arrêt cardiaque était la défaillance cardiaque ou l'arythmie puis les pathologies respiratoires et les pathologies infectieuses. Les rythmes cardiaques les plus fréquents étaient l'asystolie et la bradycardie extrême. Les scores des 24 premières heures de chaque patient étaient respectivement de $12,4 \pm 4,4$ versus $24,7 \pm 7,6$ dans les groupes de bon et de mauvais pronostic neurologique ($p < 0,001$). La valeur prédictive de ce score pour une valeur supérieure à 15 était de 83%, valeur prédictive négative 94%, sensibilité 75% et spécificité 94%. La présence de convulsions électriques était associée à un mauvais pronostic. La valeur pronostique de l'aEEG était aussi bonne que celle de l'EEG standard.

Conclusion : un enregistrement d'électroencéphalogramme d'amplitude dans les 48 heures après arrêt cardio-respiratoire est très performant pour prédire un pronostic neurologique défavorable. Cette technique pourrait être utilisée en post-arrêt cardiaque chez l'enfant pour porter un pronostic neurologique précoce après arrêt cardiaque.

MOTS-CLES

Arrêt cardio-respiratoire, enfant, précoce, pronostic neurologique, électroencéphalogramme d'amplitude.