



**HAL**  
open science

## Électroencéphalographie quantitative chez le sujet âgé

Jacques Paty, Philippe Deliac, Maxime Gioux, Bernard Claverie, Christian Gross

► **To cite this version:**

Jacques Paty, Philippe Deliac, Maxime Gioux, Bernard Claverie, Christian Gross. Électroencéphalographie quantitative chez le sujet âgé. Bordeaux Médical : (numéro spécial) Exploration Fonctionnelle du Cerveau Âgé, 13 (1-9), pp.105-124, 1980. hal-04527618

**HAL Id: hal-04527618**

**<https://hal.science/hal-04527618>**

Submitted on 4 Apr 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# ÉLECTROENCÉPHALOGRAPHIE QUANTITATIVE CHEZ LE SUJET ÂGÉ

Revue : Bordeaux Médical, volume 13, numéro 1/9, pp. 105-124, 1980

Numéro spécial « Exploration Fonctionnelle du Cerveau Âgé »

Version d'auteurs

Jacques Paty (a, b), Philippe Deliac (a, b), Maxime Gioux (a, b),  
Bernard Claverie (a), Christian Gross (b).

(a) Laboratoire de Médecine Expérimentale  
Groupe de Psychophysologie Cognitive  
Université de Bordeaux II  
Bordeaux, France

(b) Service d'Exploration Fonctionnelle du  
Système Nerveux  
Hôpital Pellegrin, Tripode - CHR Bordeaux  
Bordeaux, France

Chez les personnes âgées, un certain nombre de modifications physiologiques liées à l'âge ont été décrites. Le rythme alpha est modifié : sa *fréquence* diminue avec l'âge ; après 50 ans on admet qu'il existe une diminution de la fréquence dominante d'environ 0,2 Hertz tous les dix ans ; il tend à *diffuser* plus largement vers les régions antérieures. Cet aspect d'alpha ample et diffus, sur l'ensemble du scalp, est connu sous le nom de « *tracé alpha plus* » (10-16-17-34). Surtout, on a signalé que la *réactivité* du rythme alpha était atténuée (41-43). Les données concernant les autres rythmes cérébraux sont plus difficiles à obtenir à partir de l'EEG standard. On a signalé, toutefois, des modifications de la répartition des rythmes rapides antérieurs qui siègent, physiologiquement, dans la région rolandique, et de leur composante harmonique plus basse, voisine du rythme alpha qui constitue les rythmes en arceaux rolandiques (27).

Mais l'application de l'EEG traditionnel à une étude neurométrique se heurte à un certain nombre d'obstacles : par exemple, il existe des variations physiologiques très importantes de l'organisation du rythme alpha chez les sujets d'âge moyen (différences d'amplitude, de fréquence caractéristique, d'extension topographique) ; l'observation longitudinale, chez un même sujet, permettrait de suivre les processus de vieillissement, mais par contre, il est très difficile à partir d'un EEG donné de donner des renseignements sur l'âge cérébral, contrairement à ce qui se passe dans la première année de la vie où l'EEG constitue un critère très précieux de la maturation.

## L'électroencéphalographie quantitative

Elle consiste en un traitement informatique du signal électroencéphalographique, et permet de mettre en évidence des modifications qui ne sont pas accessibles à la simple observation visuelle des tracés (40). Elle fournit, en effet, deux types de renseignements : des données d'ordre *numérique* qui se prêtent à une analyse statistique pour une large population ; des modes de représentation *graphique* originaux de certains phénomènes pertinents, après réduction des données.

Les rythmes cérébraux, recueillis après amplification électroencéphalographique, peuvent en effet être considérés comme un signal électrique sur lequel on peut appliquer les principes mathématiques de traitement du signal. Le signal EEG est un phénomène périodique que l'on peut considérer comme stationnaire pendant des tranches de temps bien définies. Il est alors possible d'y appliquer les moyens mathématiques de l'analyse d'auto-corrélation, d'inter-corrélation, de la décomposition en série de Fourier, de corrélation inter-spectre-cohérentes, etc. (3).

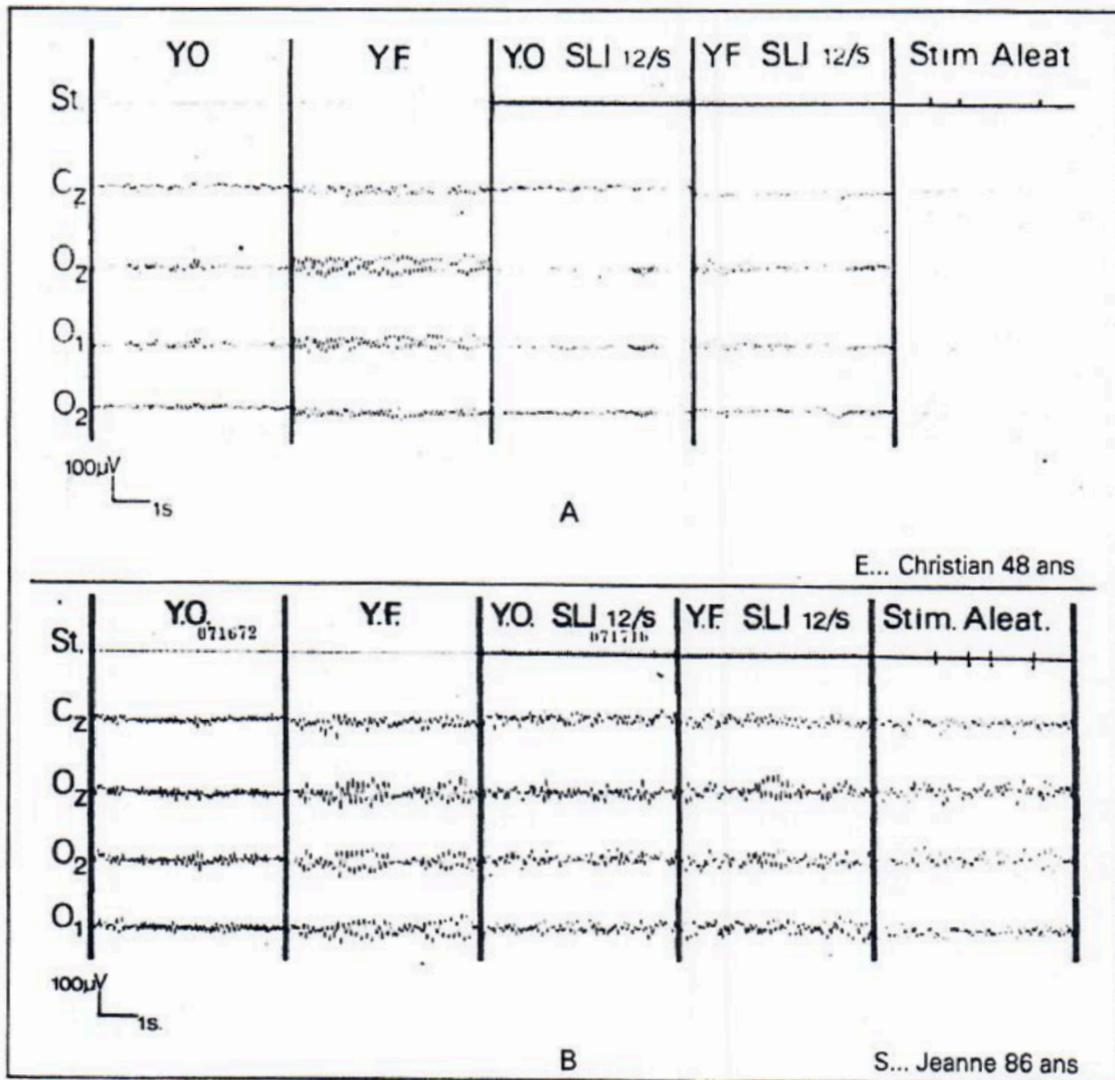


Figure 1 - Réactivité du rythme alpha selon l'âge.

A) Chez un adulte d'âge moyen, le rythme alpha est abondant au repos yeux fermés, très atténué lorsque les yeux sont ouverts ou sous stimulation visuelle.

B) Chez un sujet âgé, le rythme alpha est abondant même lorsque les yeux sont fermés; moins réactif à la stimulation visuelle.

Les méthodes les plus répandues d'électroencéphalographie quantitative reposent sur la décomposition spectrale du signal EEG en série de Fourier (7). Cette analyse s'est répandue depuis qu'un algorithme de calcul rapide pour ordinateur (« FFT ou Fast Fourier Transform ») a été proposé (9).

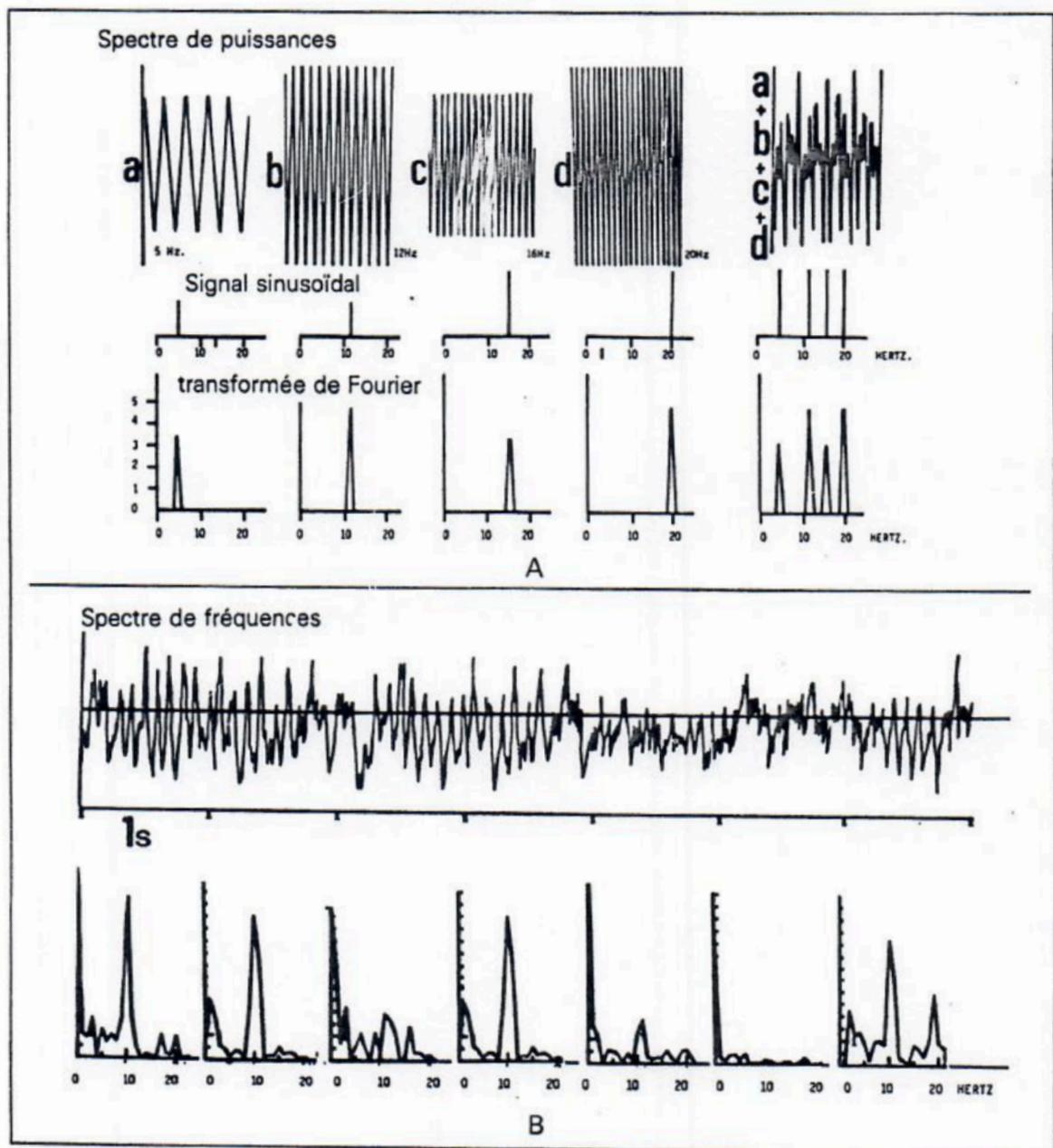


Figure 2 - Principes de l'analyse spectrale de l'EEG

A) Principes théoriques. Des signaux sinusoïdaux *a*, *b*, *c*, *d*, (dans l'espace temps) peuvent être représentés par leur fréquence et la densité d'énergie de chaque raie de spectre (dans l'espace fréquence). La composition de plusieurs signaux sinusoïdaux  $a + b + c + d$  est un signal périodique complexe : la représentation spectrale met bien en évidence les fréquences élémentaires.

B) Représentation spectrale de l'EEG. L'analyse spectrale est effectuée sur des séquences de 1 seconde et met bien en évidence les fluctuations du rythme alpha en particulier lors de l'épreuve d'ouverture des yeux.

Sans entrer dans les détails techniques, il nous paraît important de rappeler les principes généraux de la représentation spectrale de l'EEG à partir de la transformée de Fourier.

Un signal sinusoïdal peut être représenté de deux façons :

— dans l'espace temps, comme une variation sinusoïdale d'intensité en fonction du temps, caractérisé par la période (intervalle de temps entre deux maxima);

— dans l'espace fréquence par une raie dans un spectre de fréquence.

La composition de plusieurs phénomènes sinusoïdaux élémentaires est un signal périodique non sinusoïdal. La représentation spectrale met en évidence, de façon simple, la richesse et la composition du spectre. Inversement, le théorème de Fourier indique que tout phénomène périodique non sinusoïdal peut être décomposé en une série finie de sinusoïdes. Le signal électroencéphalographique, que l'on est habitué à représenter selon son évolution dans le temps, peut être ainsi indiqué par le spectre des densités d'énergie correspondant à chacune des fréquences (fig. 2).

L'analyse spectrale fournit des données numériques qui permettent d'indiquer l'importance relative de chacune des bandes de fréquence du spectre (bande delta de 0 à 3 Hertz, bande théta de 3 à 8 Hertz, bande alpha de 8 à 13 Hertz, bande bêta de 13 à 40 Hertz). Elle offre, en outre, des modes de représentation simplifiée sous forme analogique (c'est-à-dire sous forme de courbe) : spectre évolutif, par exemple (fig. 3, p. 110).

## Les aspects électroencéphalographiques physiologiques du vieillissement

Ils concernent les caractères du rythme dominant de l'EEG, les modulations et la réactivité, la composition spectrale de l'EEG et des modifications topographiques. Dans ce chapitre, nous présenterons des données personnelles obtenues par analyse quantitative dans une population de 30 personnes âgées de 65 à 95 ans, indemnes d'affection neurologique mentale et de pathologie autre que celle rapportée habituellement à l'âge (troubles articulaires en particulier) (19).

L'analyse quantitative de l'électroencéphalographie a été faite au cours d'enregistrements durant 30 minutes et pratiqués dans cinq situations :

- 1° repos yeux ouverts (6 minutes);
- 2° repos yeux fermés (6 minutes);

- 3° sous stimulation lumineuse à 12/seconde, yeux ouverts (6 minutes);
- 4° sous stimulation lumineuse à 12/seconde, yeux fermés (6 minutes);
- 5° au repos, yeux fermés, pendant la présentation de stimulations lumineuses survenant aléatoirement toutes les 1 à 2 secondes (6 minutes) (fig. 1, p. 107).

L'analyse informatique de 4 dérivation (occipitales, et vertex) a été effectuée sur un calculateur Plurimat S de 64 kilo-octets de capacité mémoire, adapté à l'analyse EEG en temps réel.

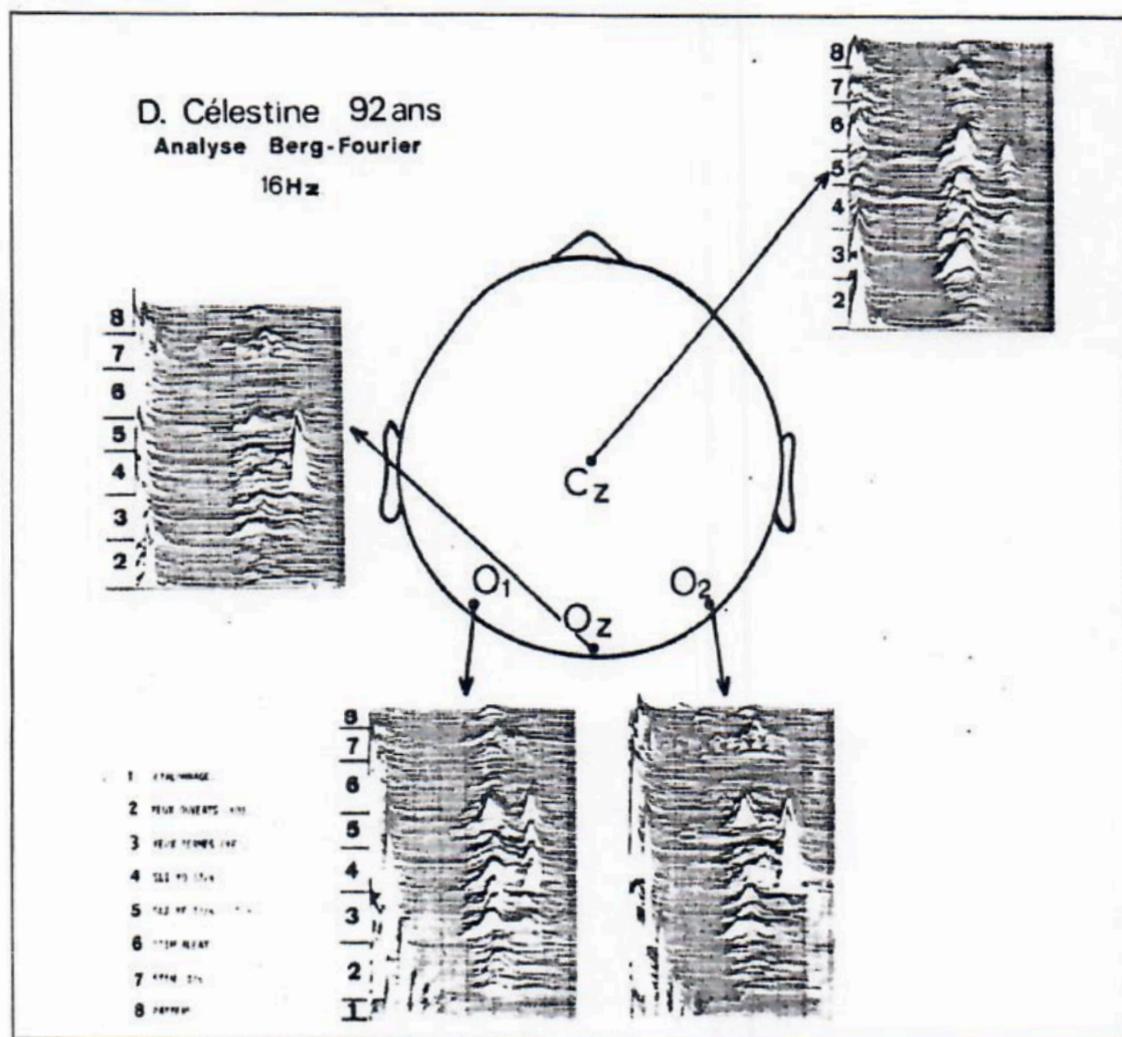


Figure 3 - Représentation en spectres évolutifs. 4 dérivation EEG sont analysées dans diverses situations. La représentation spectrale est fournie toutes les 30 secondes (de 0 à 16 Hertz). Elle met bien en évidence les fluctuations de l'électrogénèse corticale selon les situations (yeux ouverts, fermés, stimulations lumineuses), et les différences topographiques.

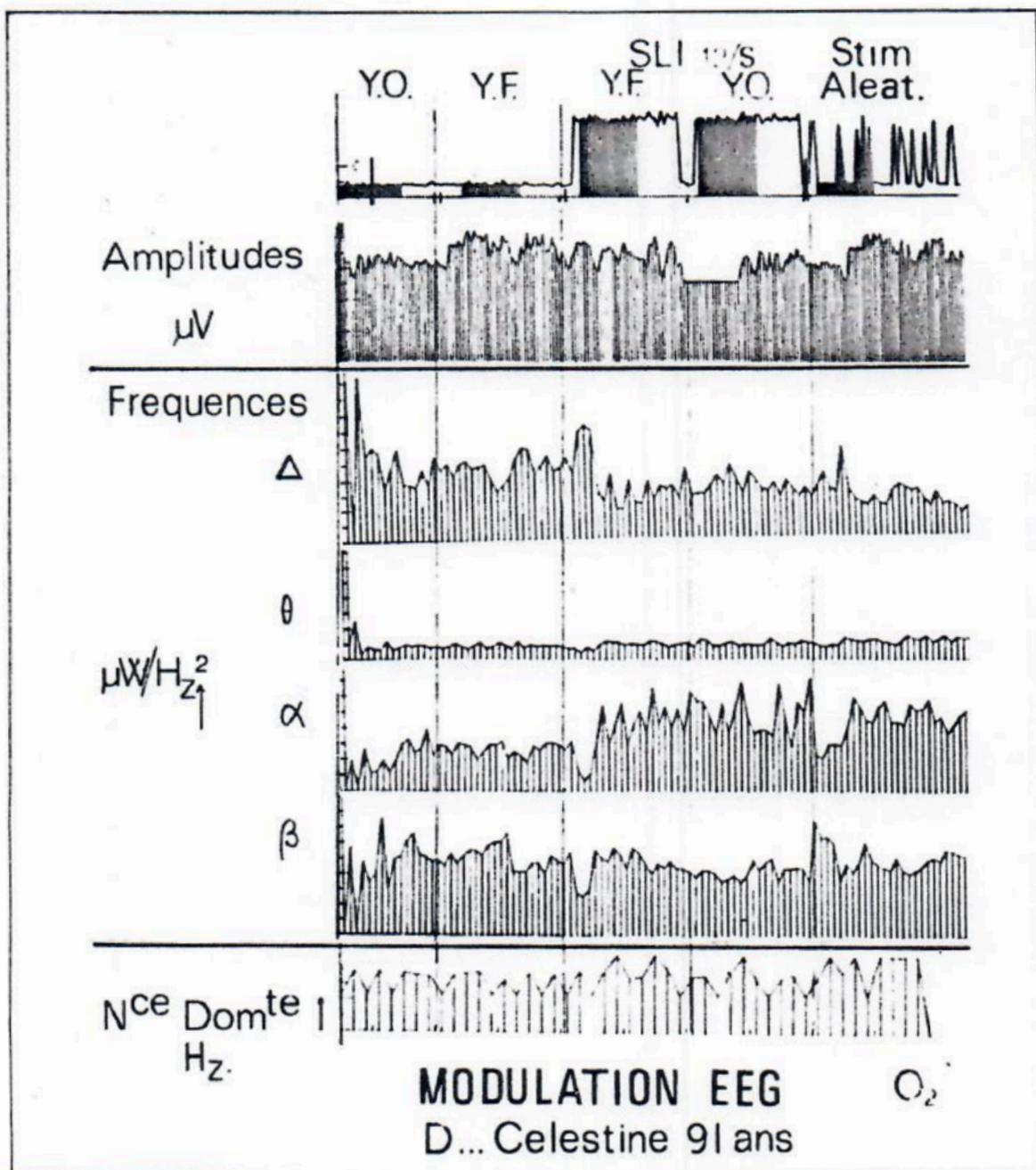


Figure 4 - Paramètres d'électroencéphalographie quantitative. Analyse d'une dérivation occipitale dans 5 situations : repos (yeux ouverts puis fermés), stimulation lumineuse intermittente à 12 éclairs/seconde (yeux ouverts et yeux fermés), stimulations visuelles isolées (yeux fermés). Chaque barre verticale indique les valeurs obtenues sur des temps d'analyse de 2,56 secondes (amplitude maximale), de 10,2 secondes (densités d'énergie des 4 bandes fondamentales du spectre de fréquence), de 25,6 secondes (fréquence dominante du spectre). Noter surtout la diminution de l'activité delta sous stimulation et l'instabilité de la fréquence dominante dans les temps.

Nous nous sommes attachés à 5 indices pour chaque dérivation EEG

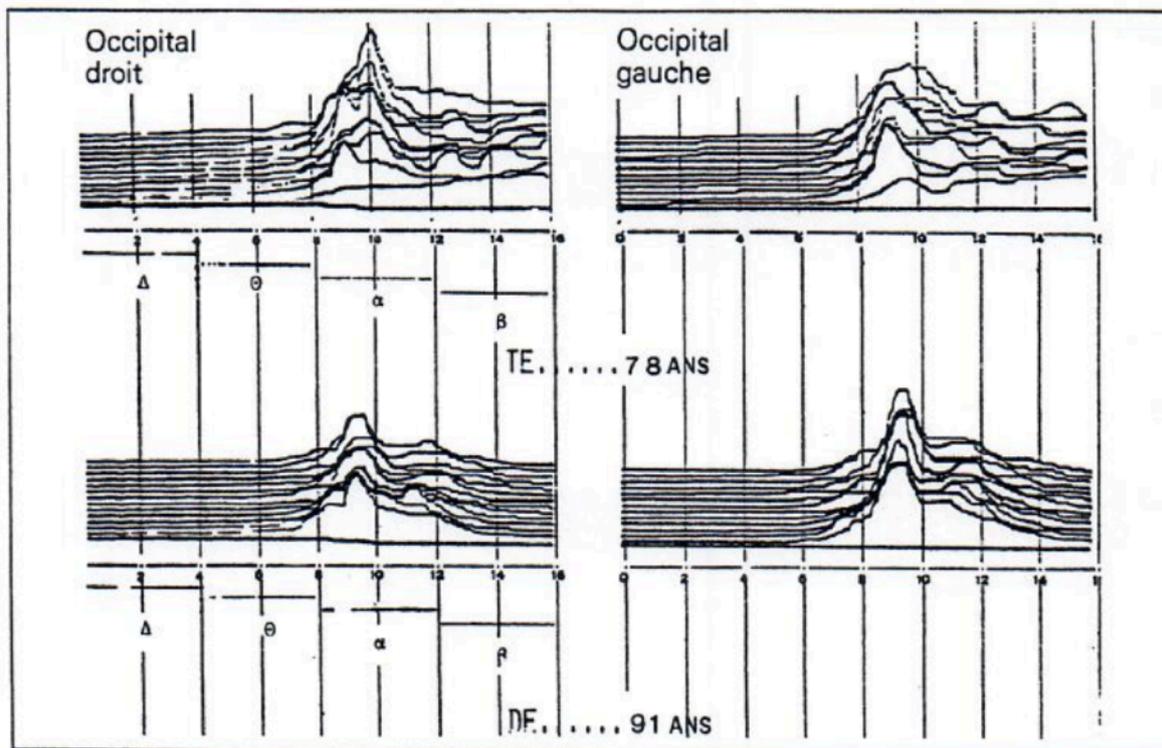
— l'amplitude maximale de l'EEG sur des périodes d'analyse de 2,56 secondes;

— l'énergie des bandes de fréquence delta-théta-alpha-béta et leur rapport à l'énergie totale du spectre (index de fréquence), sur des périodes d'analyse de 10,2 s;

— la mesure de la fréquence dominante (pic du spectre) sur des périodes d'analyse de 20,48 secondes;

— la modulation de ces indices liée aux différentes situations a été appréciée par l'étude de l'écart-type des paramètres dans les 5 situations;

— indices d'organisation topographique par comparaison des dérivations symétriques occipitales  $O_2$  et  $O_1$ , et indices de diffusion par comparaison des dérivations médianes occipitales ( $O_z$ ) et centrales (Cz).



*Figure 5 - Instabilité de la fréquence dominante. Chez deux personnes âgées, noter les variations dans le temps de la fréquence correspondant au pic alpha.*

*Représentation en spectres évolutifs, tracés toutes les 30 secondes de 0 à 16 Hertz, pour deux dérivations occipitales ( $O_2 - O_1$ ).*

## La fréquence dominante de l'EEG

Elle diminue de façon linéaire avec l'âge. Cette donnée est classique (5-16). Mais, nous notons également que cette fréquence dominante est *instable* dans le temps. On peut l'observer dans la figure 5 qui montre, dans la représentation en spectres évolutifs, les variations dans le temps de la fréquence fondamentale et qui montre un élargissement du pic alpha; ceci est observé alors même que le sujet se trouve au repos, les yeux fermés.

## La modulation et la réactivité de la fréquence fondamentale

Elles sont diminuées. On sait que, lorsqu'un sujet est soumis à une stimulation lumineuse intermittente, dont la fréquence est voisine de celle du rythme alpha, il existe une modification de l'EEG: la fréquence du rythme alpha tend à être entraînée par celle de la stimulation, et le spectre s'enrichit en composantes harmoniques de la fréquence de stimulation (18).

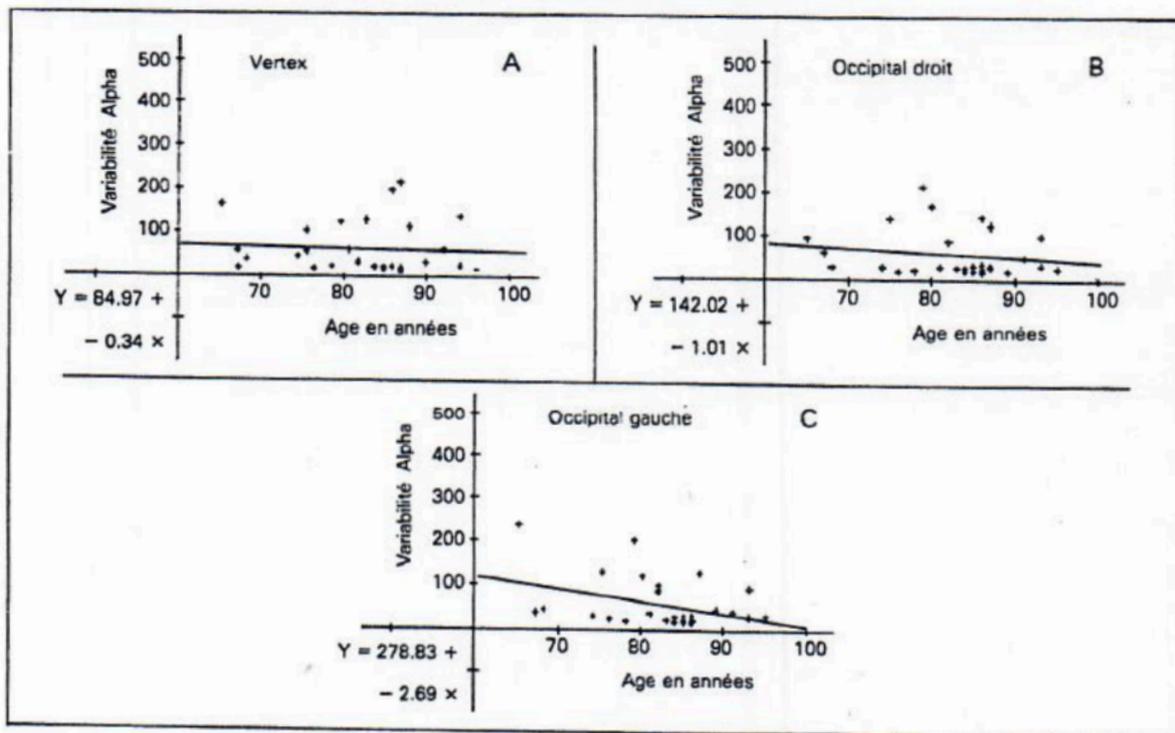


Figure 6 - Réactivité du rythme alpha en fonction de l'âge. L'étude des courbes de régression montre une diminution, avec l'âge, de la variabilité (ou une plus grande stabilité) du rythme alpha lorsque le sujet est soumis à diverses situations. La variabilité est très atténuée en région postérieure gauche (C); elle est moins affectée sur l'hémisphère droit (B); et encore moins dans les régions centrales (A).

Nous observons les faits suivants :

— l'amplitude maximale de l'EEG n'est pas modifiée significativement en fonction de l'âge ;

— la réactivité du rythme alpha se trouve atténuée chez les personnes les plus âgées. L'étude des courbes de régression de l'indice de variabilité du rythme alpha en fonction de l'âge montre des différences significatives : la réactivité alpha (indice de variabilité) est diminuée chez les personnes âgées. Mais cette réactivité évolue différemment selon les facteurs topographiques. L'indice de variabilité diminue davantage dans les régions occipitales gauches que dans les régions occipitales droites. Il n'est pas modifié au niveau du vertex (fig. 6, p. 113).

### La composition spectrale de l'EEG

Elle montre une augmentation relative de la bande *delta* significativement liée au grand âge. Là encore, apparaissent des différences topographiques, l'index delta augmente avec l'âge dans les dérivations *occipitales gauches* alors qu'il ne paraît pas significativement modifié dans les dérivations occipitales droites (fig. 7).

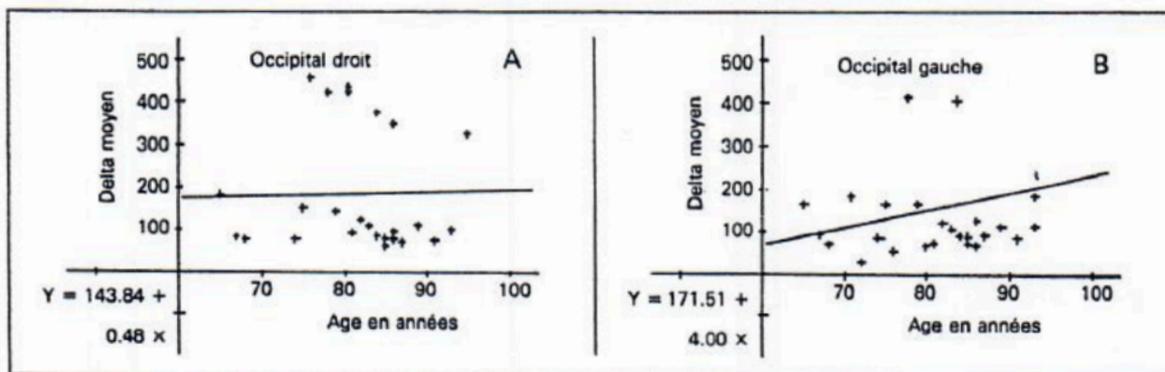


Figure 7 - Composition spectrale de l'EEG ; activité delta : évolution en fonction de l'âge. Il existe une augmentation de l'activité delta avec l'âge, qui s'exprime davantage sur l'hémisphère gauche.

### Les modifications topographiques

Nos résultats personnels mettent en évidence une prépondérance des modifications liées à l'âge, dans les régions *postérieures gauches* : augmentation de l'index delta dans ces régions et diminution non seulement de la bande alpha, mais surtout de la réactivité du rythme alpha à des stimulations visuelles. Ces résultats paraissent confirmer qu'il existe avec l'âge une dégradation de l'électrogénèse corticale dans les régions postérieures gauches, intéressant probable-

ment les lobes pariétaux et occipitaux. Des données analogues ont été observées en ce qui concerne les activités évoquées (19). Elles expliquent que l'on puisse rencontrer chez les personnes âgées des foyers lents qui ne paraissent pas avoir de signification lésionnelle et que l'on a même qualifiés « de cheveux blancs » de l'électroencéphalogramme. Ces modifications topographiques d'ordre fonctionnel sont certainement importantes. Elles sont relativement peu connues, mériteraient d'être étudiées davantage. Rappelons, à ce propos, que des modifications liées à l'âge ont été signalées en ce qui concerne l'organisation des rythmes en arceaux, propre à la région rolandique, chez les personnes âgées (27).

## Électroencéphalographie et troubles cérébraux liés à la sénescence

L'intérêt de l'électroencéphalographie comme moyen de *dépistage simple d'une affection cérébrale* reste entier, surtout lorsqu'elle permet de mettre en évidence une asymétrie, un foyer, des anomalies paroxystiques qui pourront orienter vers la constitution à bas bruit d'un processus expansif, d'un hématome ou des conséquences cérébrales d'un trouble métabolique. En particulier, on retient l'intérêt chez les personnes âgées de l'électroencéphalographie dans les syndromes démentiels et les troubles de la vigilance qui les accompagnent (34) ou pour évaluer l'effet du retentissement cérébral de certains médicaments générateurs de rythmes rapides (tranquillisants, notamment) ou de rythmes lents (neuroleptiques, notamment) (25-26). Mais, à côté des anomalies très évidentes que décèle l'électroencéphalographie standard, il en est de beaucoup plus discrètes dont seule l'électroencéphalographie quantitative peut rendre compte : c'est le cas de la *pathologie vasculaire cérébrale* particulièrement fréquente chez les personnes âgées. Dans ces cas, l'électroencéphalographie standard est souvent décevante dans la mesure où elle montre surtout des données négatives : il est fréquent, après infarctus cérébral localisé, que l'électroencéphalogramme soit « normal », en discordance avec l'existence de signes neurologiques en foyer (15-35).

L'électroencéphalographie quantitative donne des renseignements très intéressants dans le cadre de l'insuffisance circulatoire cérébrale (22-42). Ces observations reposent sur le fait qu'il existe une corrélation entre débit circulatoire

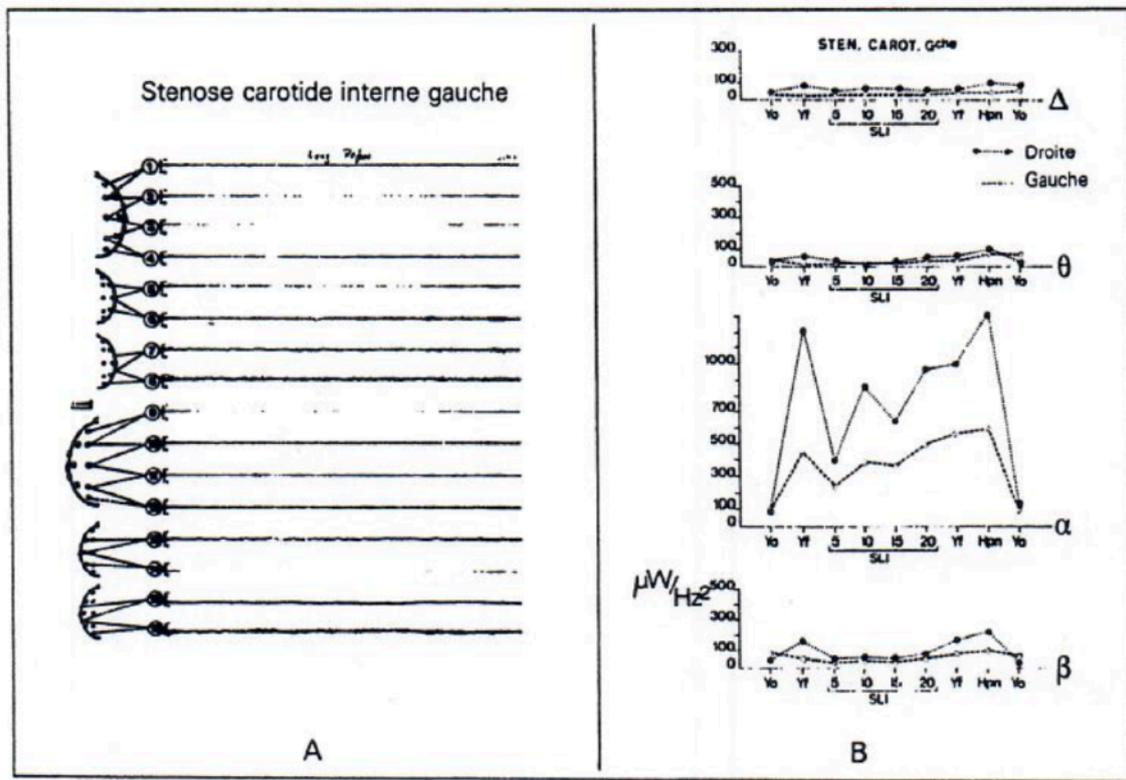


Figure 8 - Électroencéphalographie quantitative et troubles circulatoires cérébraux.

A) L'électroencéphalographie standard ne montre pas d'anomalie. Tout au plus, une analyse fine, permet elle de noter une amplitude plus faible du rythme alpha sur l'hémisphère gauche.

B) L'analyse spectrale des dérivations EEG 3 et 11 met en évidence une importante différence droite-gauche du rythme alpha (densité d'énergie plus faible à gauche, variabilité moins importante selon les situations).

cérébral et fréquence électroencéphalographique (1). On a montré que l'électroencéphalogramme pouvait constituer un témoin de l'adaptation fonctionnelle des circulations locales au niveau cérébral, en fonction de l'activité de telle ou telle zone (24-30-31-32). Cette corrélation entre *augmentation des fréquences EEG et augmentation des débits circulatoires locaux* dépend en fait du couplage entre circulation et consommation d'oxygène (37); lorsqu'il existe une atteinte ischémique cérébrale, le découplage entre débit et utilisation de l'oxygène se traduit au niveau électroencéphalographique (perfusion de « luxe »). Nous illustrerons par quelques exemples démonstratifs l'importance des anomalies électroencéphalographiques que l'on peut mettre en évidence dans l'insuffisance circulatoire cérébrale et qui contraste avec la « normalité » électroencéphalographique dans ce cas.

Dans une étude personnelle, nous avons étudié l'électroencéphalographie quantitative chez 3 catégories de sujets : malades ayant présenté des accidents neurologiques transitoires du fait d'une sténose isolée dans le territoire carotidien, malades ayant présenté un infarctus cortical avec lésions séquellaires, malades présentant une insuffisance vertébro-basilaire. Notre propos était d'essayer de mettre en évidence « une claudication intermittente fonctionnelle » chez ces patients, en sollicitant une augmentation de débit circulatoire cérébral par la stimulation lumineuse intermittente. Les sujets étaient donc enregistrés successivement dans plusieurs situations :

- 1° au repos, yeux ouverts (3 minutes);
- 2° au repos, yeux fermés (3 minutes);
- 3° sous stimulation lumineuse régulière à 5 Hertz (3 minutes);
- 4° sous stimulation lumineuse régulière à 10 Hertz (3 minutes);
- 5° sous stimulation lumineuse régulière à 15 Hertz (3 minutes);
- 6° sous stimulation lumineuse régulière à 20 Hertz (3 minutes);
- 7° récupération au repos, yeux fermés (3 minutes);
- 8° sous hyperpnée (3 minutes);
- 9° récupération au repos, yeux ouverts (3 minutes).

### **Dans les sténoses carotidiennes isolées sans déficit neurologique résiduel**

On peut noter, de façon isolée, par l'analyse quantitative, des modifications de l'activité alpha qui n'apparaissent pas à l'électroencéphalographie standard. Surtout, la diminution d'activité alpha du côté de la sténose par rapport au côté sain ne subit pas de modulation selon les stimulations (SLI qui augmente le débit cérébral, hyperpnée qui produit une vaso-contriction cérébrale par alcalose) (fig. 8, p. 116 et fig. 9, p. 118).

### **Dans les ramollissements corticaux secondaires à une embolie**

On peut mettre en évidence l'existence d'une activité lente focalisée qui n'apparaît pas clairement sur l'électroencéphalographie standard, et selon les cas, une asymétrie ou non de l'activité alpha qui peut être diminuée du côté atteint (fig. 10, p. 119).

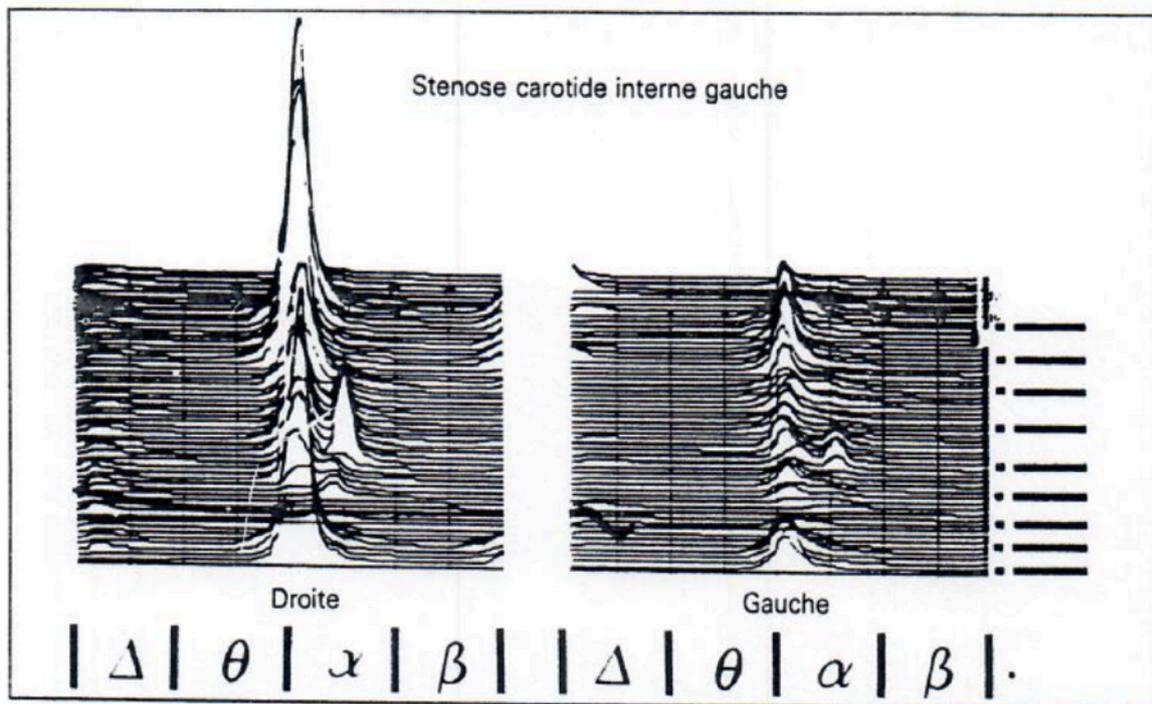


Figure 9 - Sténose carotidienne: représentation des spectres évolutifs. On note l'importante asymétrie (même malade qu'à la figure 7). Les spectres sont tracés toutes les 30 secondes de 0 à 16 Hertz, pour les 2 dérives EEG symétriques 3 et 11.

### Dans l'insuffisance vertébrobasilaire

On observe fréquemment des aspects de tracé microvolté. L'analyse spectrale ne met pas en évidence d'asymétrie, mais par contre, elle indique la diminution isoénergétique des différentes bandes de fréquence et, particulièrement, du rythme pariéto-occipital alpha (fig. 10).

### Commentaires

Les modifications électroencéphalographiques correspondent, essentiellement, à des phénomènes fonctionnels. Les données concernant les troubles circulatoires cérébraux illustrent bien ce problème: s'il existe des relations très intéressantes entre modifications EEG et perturbations du débit circulatoire cérébral, c'est essentiellement au niveau du retentissement sur la fonction céré-

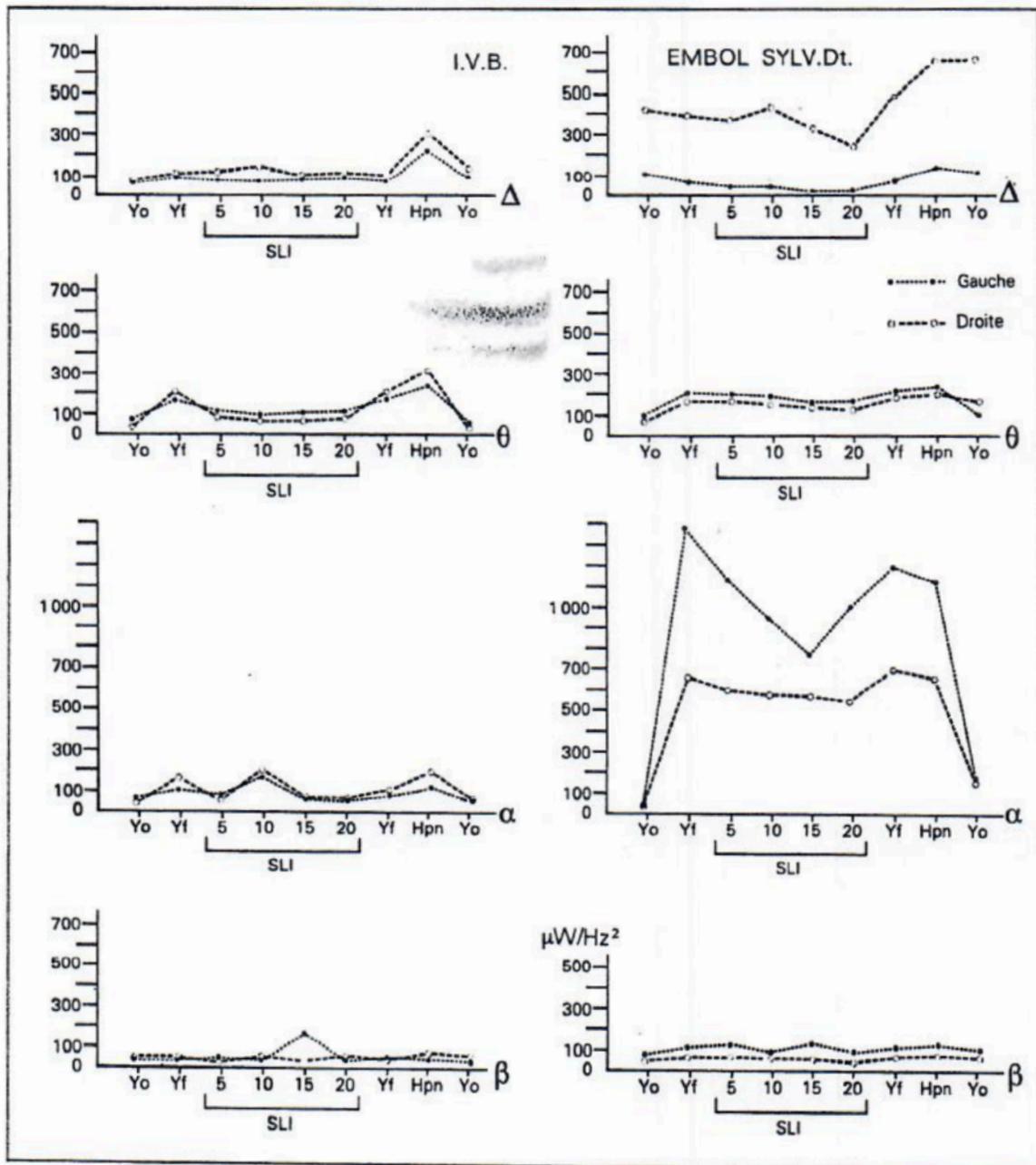


Figure 10 - Densités spectrales de puissance. Atteintes ischémiques cérébrales (dérivations rolandiques 3 et 4).

A) Insuffisance vertébrobasilaire.

Faible énergie pour les différentes bandes du spectre et particulièrement pour la bande alpha.

B) Séquelles d'infarctus pariéto-rolandique par embolie sylvienne.

Sur l'hémisphère lésé, il existe une activité lente, mais on ne note pas d'asymétrie significative de la bande alpha.

brale qu'elles reposent, beaucoup plus que sur une concomitance avec les lésions anatomiques (35).

L'interprétation de modifications électroencéphalographiques doit être extrêmement prudente : c'est un défaut méthodologique fréquent que de vouloir donner directement une interprétation physiopathologique basée sur l'électroencéphalogramme.

De nombreux processus pathologiques peuvent se traduire à l'EEG, par des modifications similaires (activité lente focale, par exemple) et le seul électroencéphalogramme ne peut, à lui seul, expliquer le processus étiologique en cause. A ce titre, il paraît donc beaucoup plus pertinent de ne considérer l'EEG que comme indice fonctionnel de l'activité cérébrale. Appliquées aux problèmes de la sénescence, les données électroencéphalographiques sont toutefois très intéressantes sur le plan descriptif et sur le plan explicatif, en permettant de soulever certaines hypothèses.

### **D'un point de vue descriptif**

Trois éléments sont particulièrement mis en exergue, comme liés au grand âge :

— La diminution de réactivité du rythme alpha paraît correspondre à une réduction de plasticité au niveau cortical, et suggère que l'adaptation aux stimulations externes est atténuée.

— Les modifications les plus marquantes (diminution de l'activité alpha, augmentation des composantes lentes de l'EEG) s'inscrivent dans les régions postérieures gauches. Dans notre étude, limitée aux régions occipitales et centrales, nous ne pouvons pas préciser davantage la localisation exacte de ces anomalies. Notre observation confirme, en tous cas, chez les sujets n'ayant à aucun moment présenté des troubles neurologiques évoquant un infarctus, qu'il existe au cours du vieillissement des modifications particulières, chez l'homme, au niveau de l'hémisphère gauche. Il nous paraît important de rappeler que la région pariétooccipitale paraît jouer un rôle fondamental dans les mécanismes de l'attention et, particulièrement, dans les phénomènes de sélection des informations.

Les données fournies par l'électroencéphalographie confirment celles des potentiels évoqués qui sont également détériorés dans les mêmes régions chez les sujets très âgés :

— Il existe chez les sujets âgés une importante dispersion des résultats, particulièrement dans la tranche d'âge entre 70 et 80 ans. L'observation des courbes de régression des index électro-corticaux présentées dans les figures 6 et

7 semble montrer, au contraire, des dispersions moins fortes au-delà de 80 ans. Ceci paraît mettre en évidence une différence d'ordre individuel, sur les processus de vieillissement.

Du point de vue méthodologique, il paraît très important de différencier grand âge et vieillissement, l'état civil ne paraissant pas être un indice valable pour parler de sénescence. A ce titre, les études neurométriques doivent certainement s'appuyer sur plusieurs indices avant de pouvoir aborder de façon valide les mécanismes de la sénescence proprement dits. L'étude chez l'homme paraît à cet égard être d'autant plus indispensable que nous ne disposons pas de modèles animaux satisfaisants pour l'étude de la sénescence (29).

### **D'un point de vue explicatif**

Nous ferons trois remarques :

— L'altération des capacités de vigilance et d'attention paraît être un phénomène essentiel en relation avec les modifications d'activité électro-corticales : la diminution de réactivité de l'activité spontanée telle que nous l'avons décrite s'accompagne d'une altération parallèle des réponses à des stimulations externes (potentiels évoqués) (36); en termes de traitement de l'information, il semble exister une augmentation du bruit de fond électro-cortical responsable d'une dilution de l'effet de signal. Cette altération s'exprime davantage dans les régions cérébrales impliquées dans le langage et les phénomènes attentionnels (région pariéto-occipitale gauche).

— Si nous avons insisté sur les modifications EEG en rapport avec les troubles circulatoires cérébraux, cela ne signifie pas obligatoirement que les modifications EEG observées chez les vieillards correspondent à une insuffisance circulatoire cérébrale. Les analogies suggèrent cependant un phénomène commun : diminution de la réactivité qui pourrait aussi bien s'exprimer au niveau des circulations locales cérébrales qu'au niveau d'un retentissement fonctionnel sur l'électrogénèse du fait d'un trouble d'ordre métabolique. Des corrélations plus précises devraient pouvoir être établies, dans la mesure où les méthodes d'investigations non sanglantes de la circulation cérébrale paraissent désormais possibles (cf. article de Orgogozo et Collaborateurs, p. 163).

— L'hétérogénéité des indices électro-corticaux chez le vieillard est rapportée ici à propos de l'électroencéphalographie. Les constatations analogues sont faites à partir des potentiels évoqués (36). Deux explications peuvent être avancées :

- l'hétérogénéité paraît maximale dans la tranche d'âge de 70-80 ans, les altérations électro-corticales paraissent moindres au delà, ce qui pourrait corres-

7 semble montrer, au contraire, des dispersions moins fortes au-delà de 80 ans. Ceci paraît mettre en évidence une différence d'ordre individuel, sur les processus de vieillissement.

Du point de vue méthodologique, il paraît très important de différencier grand âge et vieillissement, l'état civil ne paraissant pas être un indice valable pour parler de sénescence. A ce titre, les études neurométriques doivent certainement s'appuyer sur plusieurs indices avant de pouvoir aborder de façon valide les mécanismes de la sénescence proprement dits. L'étude chez l'homme paraît à cet égard être d'autant plus indispensable que nous ne disposons pas de modèles animaux satisfaisants pour l'étude de la sénescence (29).

### **D'un point de vue explicatif**

Nous ferons trois remarques :

— L'altération des capacités de vigilance et d'attention paraît être un phénomène essentiel en relation avec les modifications d'activité électro-corticales : la diminution de réactivité de l'activité spontanée telle que nous l'avons décrite s'accompagne d'une altération parallèle des réponses à des stimulations externes (potentiels évoqués) (36); en termes de traitement de l'information, il semble exister une augmentation du bruit de fond électro-cortical responsable d'une dilution de l'effet de signal. Cette altération s'exprime davantage dans les régions cérébrales impliquées dans le langage et les phénomènes attentionnels (région pariéto-occipitale gauche).

— Si nous avons insisté sur les modifications EEG en rapport avec les troubles circulatoires cérébraux, cela ne signifie pas obligatoirement que les modifications EEG observées chez les vieillards correspondent à une insuffisance circulatoire cérébrale. Les analogies suggèrent cependant un phénomène commun : diminution de la réactivité qui pourrait aussi bien s'exprimer au niveau des circulations locales cérébrales qu'au niveau d'un retentissement fonctionnel sur l'électrogénèse du fait d'un trouble d'ordre métabolique. Des corrélations plus précises devraient pouvoir être établies, dans la mesure où les méthodes d'investigations non sanglantes de la circulation cérébrale paraissent désormais possibles (cf. article de Orgogozo et Collaborateurs, p. 163).

— L'hétérogénéité des indices électro-corticaux chez le vieillard est rapportée ici à propos de l'électroencéphalographie. Les constatations analogues sont faites à partir des potentiels évoqués (36). Deux explications peuvent être avancées :

• l'hétérogénéité paraît maximale dans la tranche d'âge de 70-80 ans, les altérations électro-corticales paraissent moindres au delà, ce qui pourrait corres-

pondre au fait que les sujets ayant une espérance de vie plus grande présenteraient un phénomène de vieillissement plus lent ;

- un autre élément doit être souligné. De nombreuses constantes biologiques sont affectées chez les personnes âgées et se caractérisent par une dispersion importante des résultats (13). Le fait que le grand âge entraîne une plus grande variabilité individuelle apporte un argument supplémentaire à la théorie selon laquelle la sénescence introduit une diminution de l'efficacité des systèmes de contrôle responsables d'une désorganisation et d'une réduction dans les choix utilisables par l'organisme (20).

## Conclusions

L'électroencéphalographie quantitative permet d'affiner les moyens d'étude de l'activité électro-corticale. Dans une perspective neurométrique, elle suggère la possibilité d'évaluer les processus de sénescence au niveau cérébral.

Les données essentielles concernent la diminution de la réactivité de l'activité fondamentale, une altération préférentielle de l'électrogénèse dans les régions postérieures gauches qui paraissent être en relation avec une altération de l'attention sélective.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BALDY MOULINIER M., INGVAR D. H. - EEG frequency content related to regional blood flow of cerebral cortex in rat. *Exp. Brain Res.*, 1968, 5, 55-60.
- 2 - BALDY MOULINIER M. - Cerebral Electrical activity and cerebral blood flow during brain activation. in « Brain work. The coupling of function metabolism and blood flow of the brain ». INGVAR D. H., LASSEN NA. (Eds), Munksgaard Copenhagen, 1975, 353-360.
- 3 - BARLOW J. S. - Computerized clinical electroencephalography in perspective. *IEE Trans Biomed Eng.*, 1979, 26, 377-391.
- 4 - BARLOW J. S. - Rhythmic activity induced by photic stimulation in relation to intrinsic alpha activity of the brain in man. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.*, 1969, 12, 317-326.
- 5 - BAUER H. G., HOCH H., APFELDORF M. - Alpha wave frequency and auditory reaction time as related to aging in 137 subjects with normal electroencephalograms: a preliminary report. *Activ. New. Sup. (Praha)*, 1967, 9, 125-129.
- 6 - BIRREN J. E., RENNER V. J. - Developments in research of the biological and behavioral aspects of aging and their implications. In Exton Smith (A. N.), EVANS (J. G.) eds, *Care of the elderly* (London) Academic Press, 1977, 194-224.
- 7 - BOSTEM F. - La quantification de l'électroencéphalogramme provenant de l'analyse de FOURIER *Revue EEG Neurophysiol.*, 1976, 6, 2, 197-209.
- 8 - BUSSE (E. W.) - Functional consequences of aging Physiological changes and disease. In EXTON-SMITH (A. N.), EVANS (J. G.) Eds, *Care of the elderly* Academic Press (London), 1977, 33-41.
- 9 - COOLEY J. W., TUKEY J. W. - An Algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Math. Comp.*, 1965, 19, 297-301.
- 10 - DAVIS P. A. - The electroencephalogram in the old age. *Dis New. Syst.*, 1941, 2-77.
- 11 - DELIAC Ph., PATY J., GIOUX M., GROSS Ch., EMERIAU J.-P., OTTOZ H. - Neurométrie et sénescence: II Analyse des rythmes d'activité électrique cérébrale spontanée chez le sujet âgé. Association des Physiologistes. Lyon, Février 1980. *Journal Physiologie*, Paris, 1980.
- 12 - DRESCHLER F. - Quantitative analysis of neurophysiological processes of aging C.N.S. *J. Neurol.*, 1978, 218, 197-213.
- 13 - DRY J. - Biologie du vieillissement normal et pathologique. *Confrontations psychiatriques* 1970, 5, 9-25.
- 14 - ETEVENON P. - L'électroencéphalographie sur ordinateur (analyse quantitative et statistique). Thèse Science, Paris, 1977.
- 15 - FAURE J., MORIN G. L. - Contribution à l'étude électroencéphalographique de la pathologie vasculaire cérébrale. *Rev. Neurol.*, 1952, 87, 203-206.
- 16 - GACHES J. - Étude statistique sur les tracés « alpha largement développé » en fonction de l'âge. *Presse Méd.*, 1960, 68, 1620-1622.
- 17 - GACHES J. - Électroencéphalogramme classique et pathologie de la sénescence. Évaluation critique des données obtenues. In « Recherche Expérimentale et Investigations Clinique dans la sénescence cérébrale ». Symposium Bâle, 5-6 juin 1978. SANDOZ Éd., Paris, 1978.
- 18 - GARREL S., DOCHE C., MAX J., MAYNARD R. - Intérêt de l'estimation de la densité spectrale énergétique du signal électroencéphalographique en stimulation lumineuse intermittente. *Revue EEG Neurophysiol.*, 1976, 6, 2, 307-312.
- 19 - GIOUX M., PATY J., DELIAC Ph., EMERIAU J.-P., CLAVERIE B., BENSCH Cl. - Neurométrie et sénescence, I Potentiels Évoqués Visuels chez le sujet sain. Association des Physiologistes, Lyon, février 1980. *Journal de Physiologie*, Paris, 1980.
- 20 - GOLDMAN S. - Aging noise and choice. *Perspectives in Biology and medicine*, 1968, 12, 12-34.
- 21 - HARVALD B. - EEG in old age. *Acta Psychiat. Scand.*, 1958, 33, 193-196.
- 22 - VAN HUFFELE A. C., POORT VLIET D. C., VAN DER WULP C. J. - Quantitative Electroencephalography in Cerebral Ischemia. TNO Research Unit for Clinical Neurophysiol, 1 vol., 1980.
- 23 - HUGHES J. R., CAYAFFA J. J. - The EEG in patients of different ages without organic cerebral diseases. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 1977, 42, 776-784.
- 24 - INGVAR D. H. - Cerebral blood flow and metabolism related to EEG and cerebral functions. *Acta. Anest. Scand.*, 1971, 15 (suppl. 45), 110-114.
- 25 - ITIL T. M., GUVEN F., CORA R., HSU W., POLVAN N., UCOK A., SANSEIGNE A., ULETT G. A. - Quantitative electroencephalography using frequency analyzer and digital computer methods in early drug evaluation, in SMITH Ed « Drugs, Development and brain function », Thomas (Springfield), 1971.
- 26 - KNOR K., MATEJCEK M., WEIL C. - Analyse spectrale de l'EEG (application à l'investigation clinique et thérapeutique chez l'homme). In « Recherche Expérimentale et Investigations Cliniques dans la Sénescence Cérébrale. » Symposium Bâle, SANDOZ, Paris, 1978, 109-116.