



HAL
open science

Reconnaissance du sillon latéral du cortex sur images RMN Tridimensionnelles

Michel Desvignes, Houssam Fawal, Marinette Revenu, Daniel Bloyet,
Jean-Marcel Travère, Pascal Allain, Jean-Claude Baron

► **To cite this version:**

Michel Desvignes, Houssam Fawal, Marinette Revenu, Daniel Bloyet, Jean-Marcel Travère, et al.. Reconnaissance du sillon latéral du cortex sur images RMN Tridimensionnelles. 9e congrès Reconnaissance des formes et Intelligence artificielle (RFIA 94), 1994, Paris, France. pp.685-690. hal-00980305

HAL Id: hal-00980305

<https://hal.science/hal-00980305>

Submitted on 17 Apr 2014

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.

Reconnaissance du sillon latéral du cortex sur images RMN tridimensionnelles

M. DESVIGNES(1,2), H. FAWAL(1,2), M. REVENU(1), D. BLOYET(3,2)
J.M TRAVÈRE(4,2), P. ALLAIN(4,2), J.C. BARON(4,2)

(1) LAIAC-ISMRA, 6 bd du maréchal juin. 14050 CAEN Cedex

Tel : 31 45 27 00 Fax : 31 45 27 60

Email : mdesvignes@l2i.ismra.fr

(2) INSERM U320 bd Becquerel, 14021 CAEN Cedex

(3) LEI-ISMRA, 6 bd du maréchal juin. 14050 CAEN Cedex

(4) CYCERON/CEA bd Becquerel, 14021 CAEN Cedex

RÉSUMÉ

De nombreux travaux traitent de mesures d'activités cérébrales par caméra à positons (Centre CYCERON de CAEN). A cause de la faible résolution spatiale de cette modalité, nous envisageons la définition d'un atlas anatomique établi sur la base d'examen RMN. La première étape est la reconnaissance du sillon latéral. Elle se base sur la surface externe d'une image RMN 3D, segmentée et squelettisée. Le sillon est représenté par deux droites d'orientation donnée à l'intérieur d'une fenêtre de recherche. A partir d'un point de départ déterminé automatiquement, son identification se résume à la recherche d'un ensemble de segments de l'espace 3D dont la direction globale doit être proche de celle du sillon latéral, à l'aide de connaissances a priori

MOTS CLÉS

Image RMN 3D, Segmentation 3D, Sillons corticaux, Reconnaissance de formes

ABSTRACT

A lot of studies deal with quantitative measurements of brain activity by means of PET (Positron Emission Tomography). To overcome the low spatial resolution of this apparatus, it is of great interest to superimpose anatomical data base and MRI (Magnetic Resonance Image). In this context, our objective is to automatically label sulci of any brain MRI. In a first step, we deal with the recognition of the sylvian Sulcus. A 3D Skeletonization is applied on a segmented MR Image. Lateral Sulcus is represented by means of a window and two straight lines. Automatically searching for a first point, we found lateral sulcus by searching a set of connected segments in 3D space, using a-priori knowledge.

KEYWORDS

3D MR Images, 3D Segmentation, Cortical Sulci, Pattern Recognition

I- Introduction

La faible résolution spatiale et le manque d'informations topologiques fiables de la tomographie à émission de positons (PET) affectent la qualité des interprétations régionales des mesures d'activités quantitatives de cette tomographie. Afin de résoudre le problème de la relation entre les aspects fonctionnels et structurels du cerveau, il est indispensable d'utiliser une méthode auxiliaire pour mettre en correspondance la tomographie PET et les structures anatomiques [MAZ 91], [ALL 91], obtenues par d'autres modalités (Imagerie par Résonance Magnétique, Scanner, Atlas anatomique, etc.). L'identification des structures anatomiques internes (Ventricules, Commissures antérieure et postérieure) et des sillons à la surface du cortex permettra d'effectuer une localisation plus précise pour ces mesures d'activité, en calculant les variations propres à chaque individu.

Nous présentons ici une méthode de reconnaissance du sillon latéral (SL) du cortex sur une image RMN 3D. L'image de départ est recalculée dans le repère de Talairach et segmentée. Une image est composée de 128 plans de 256x256 voxels isotropiques de 1,3 mm de

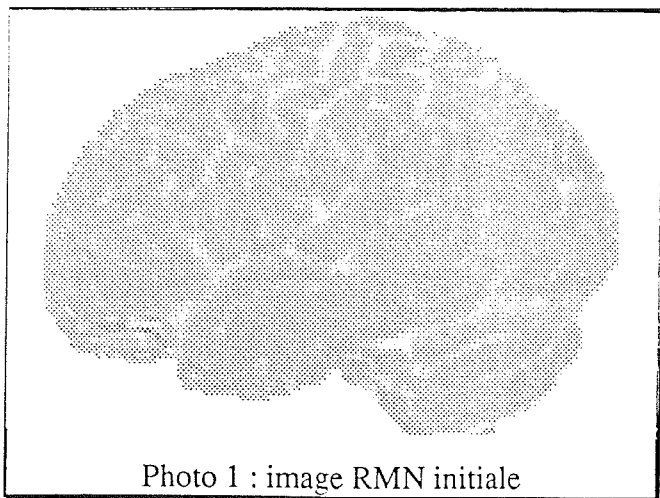


Photo 1 : image RMN initiale

coté. Une squelettisation 3D et un amincissement permettent d'obtenir les sillons sous la forme d'une **courbe 3D** inscrite sur la surface lissée du cortex. SL est représenté par deux droites d'orientation donnée à l'intérieur d'une fenêtre de recherche. A partir d'un point de départ déterminé automatiquement, l'identification de SL se résume, à l'aide de connaissances à priori (longueur, profondeur, direction et position relative du sillon) à la recherche d'un ensemble de segments de l'espace 3D interne à la fenêtre d'analyse. Les erreurs dues à l'acquisition, la segmentation et à la squelettisation doivent être éliminées. Enfin, les sillons annexes sont identifiés. Les résultats obtenus sur quelques examens sont satisfaisants.

II- Segmentation, détection et extraction des sillons

Après acquisition RMN 3D, les données images sont calculées dans le repère défini par Talairach [TAL 88]. La mise en correspondance des plans sagittaux théoriques avec ceux du cerveau examiné est réalisée en déterminant les orientations axiale et coronale [ALL 92]. Après segmentation, l'image comporte quatre classes : le fond, la matière blanche (MB), la matière grise (MG) et le liquide céphalo-rachidien (LCR). Un sillon est un repli du cortex rempli de LCR ou un pli profond de MG [DES 93].

Pour extraire et manipuler les sillons, l'image est squelettisée. Le squelette surfacique [CHA 91] permet d'obtenir une bonne vision de la forme réelle. Ses épaisseurs dans les 3 directions sont proportionnelles à celle de l'image de départ. Il garde une bonne notion de la profondeur (par rapport à cette surface) des sillons.

L'algorithme utilisé est dérivé des travaux de TSAO [TSA 81]. Il a été modifié afin que le squelette soit obtenu sur la surface externe du cerveau, en ajoutant une couche imaginaire au niveau du cortex. Nous supprimons aussi tous les points qui sont susceptibles d'être des points de bruit (points isolés, points de profondeur unité). Cette modification provoque des sillons épais (plusieurs voxels de largeur). Afin de faciliter leur poursuite, nous avons réalisé un amincissement des courbes sur la surface du cerveau afin de réduire la largeur des sillons sur cette surface à 1 voxel. Cet amincissement est une extension des masques 2D et donne un résultat final proche d'un squelette par ligne médiane [ROL 92].

Les courbes représentant les sillons se trouvent inscrite sur une surface. La profondeur par rapport à la surface [DES 93] est ensuite calculée et nous effectuons une poursuite de contour sur ces courbes par une simple extension des méthodes de poursuite de contours 2D. Nous définissons la notion de segments, qui représentent l'ensemble des voxels situés entre deux points de jonctions ou terminaux. Chaque segment contient les informations suivantes :

- points de départ et d'arrivée (6 coordonnées),
- nombre de voxels,
- longueur réelle (sur la surface du cortex),
- profondeur moyenne, minimale, maximale,
- segments voisins.

III- Reconnaissance du sillon latéral

Le sillon latéral est toujours présent, très profond et participe avec le sillon central à la délimitation des lobes du cerveau [DUV 92].

pour l'identification des autres sillons, dont la présence et la forme sont beaucoup plus variables.

Le principe général est le suivant : nous définissons une fenêtre tridimensionnelle adaptée à chaque sillon. Dans celle-ci, nous sélectionnons un point de départ. Nous recherchons tous les segments connexes à ce point, en privilégiant la direction moyenne du sillon. Nous obtenons alors une collection de segments tous connectés. Il faut ensuite éliminer certains de ces segments. Un des critères est la valeur de la pente des segments comparée à la direction générale du sillon. Cette étape donne plusieurs collections de segments qui sont autant de possibilités pour la partie principale du sillon à identifier. Le choix se fait là encore sur des critères propres à chaque sillon, comme la localisation de points particuliers, la longueur et la profondeur du sillon. Dans le cas de sillons régulièrement interrompus, il est indispensable de pouvoir connecter artificiellement les différents éléments.

III-1- Représentation

Les propriétés de SL sont sa continuité (il n'est jamais interrompu) et sa forte profondeur par rapport à la surface (environ 30mm). Il est formé d'une partie basale et d'une partie latérale. Cette dernière est composée de trois segments : le *segment antérieur* est plus ou moins vertical et se termine par 2 rameaux, le *segment moyen* a un trajet quasiment horizontal de grande longueur et le *segment postérieur* se redresse verticalement dans la plupart des cas. La longueur de la partie latérale est d'environ 100mm. Il existe de nombreux sillons annexes et de nombreuses connexions possibles avec les autres sillons majeurs environnants (Central, Pré-central, Post-central, Temporal supérieur, etc..). Ces caractéristiques nous invitent à rechercher la plus grande portion possible de la partie latérale, principalement le *segment moyen*, en éliminant dans un premier temps les connexions et les sillons annexes.

Après avoir défini une fenêtre d'analyse, nous

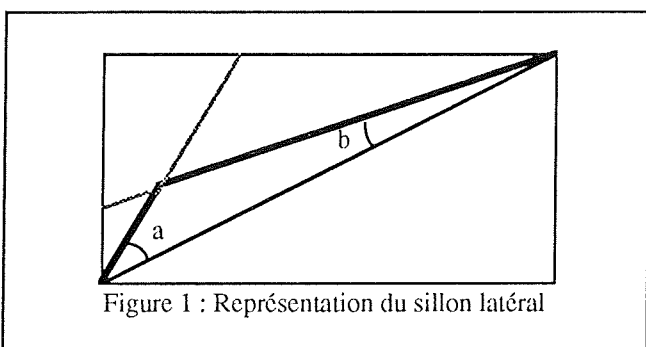


Figure 1 : Représentation du sillon latéral

approximons la forme de SL par 2 segments de droite de pentes différentes sur la projection représentant la face latérale (figure 1).

Cette représentation comporte une partie statique (choix de deux droites de caractéristiques définies) et une partie dynamique définie lors de chaque examen (fenêtre de recherche). Cinq étapes sont nécessaires à une identification complète du sillon :

- La détermination de la fenêtre de recherche.
- La recherche du point de départ dans la fenêtre d'analyse.
- La suppression ou la connexion de segments connexes à ce point de départ pour former une collection de segments.
- Le choix d'une collection unique de segments qui forme la partie principale du sillon.
- L'identification des sillons annexes .

III-2- Fenêtre de recherche

Elle est calculée automatiquement sur la projection de la face latérale du cerveau. Le premier point à déterminer (point A, figure 2) est proche de l'arrivée du sillon latéral. Il est déterminé par la recherche de la plus longue droite horizontale formée par le contour du cerveau. Elle doit être située dans le quart inférieur gauche du cerveau. Le point milieu de cette droite est le point A.

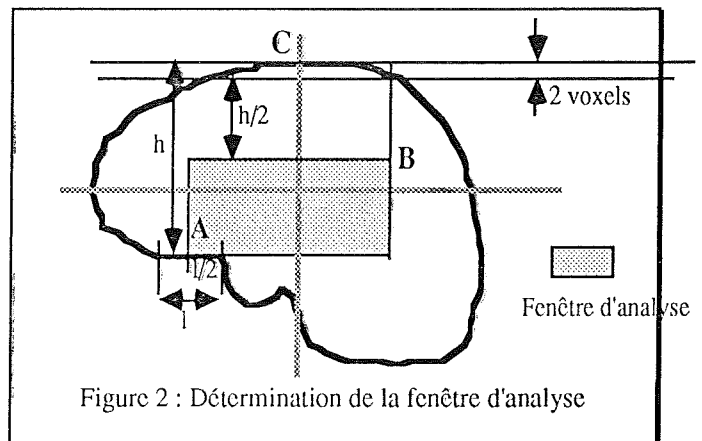


Figure 2 : Détermination de la fenêtre d'analyse

Le deuxième point (point B figure 2) est déterminé à partir du sommet du cerveau (point C figure 2) . L'ordonnée de B est donnée par la demi hauteur définie par les points A et C. L'abscisse de B est obtenue par l'intersection du contour du cerveau dans le quart supérieur droit et d'une droite horizontale passant à 2 voxels sous le point C. Les points A et B définissent ainsi une fenêtre dans laquelle est incluse la plus grande partie de SL.

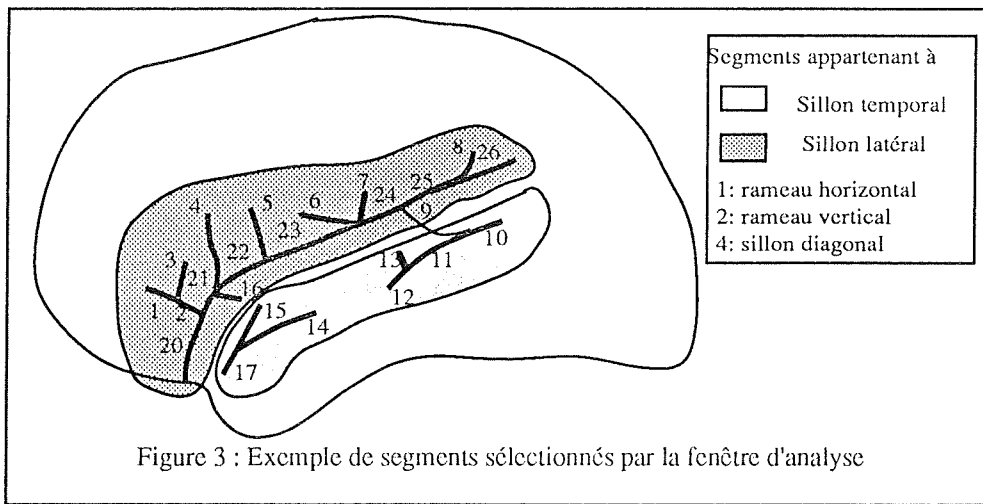
III-3-Point de départ

Sachant que SL est le sillon le plus profond, nous recherchons, dans la fenêtre d'analyse, le point de profondeur maximale. Nous formons alors l'ensemble des points dont la profondeur est supérieure ou égale à 90% de cette profondeur maximale. Parmi ces points, nous sélectionnons comme point de départ celui qui se rapproche le plus des 2 segments de droite définissant SL

III-4- Connexions

Le problème est maintenant de former une collection de segments qui constituent la plus grande partie du sillon latéral. Le point de départ ne permet pas de trouver une collection unique. La morphologie propre à chaque patient et les incertitudes liées au processus de segmentation rendent possible un grand nombre de connexions parasites (segment 9 de la figure 3). Il faut donc conserver les segments intéressants et supprimer les fausses connexions et les sillons annexes.

Le premier filtre consiste à éliminer les barbules. Les barbules sont définies comme des segments ayant une extrémité terminale et une taille inférieure à 5% (5mm) de la longueur totale de SL. Ce test élimine ainsi les segments 6, 7, 12, 13, 15. Il n'est pas possible de déterminer à cette étape si ces segments sont des petits sillons ou des barbules, erreurs typiques du processus de squelettisation.



Le deuxième filtre supprime les segments dont la pente est trop éloignée de la pente moyenne de SL. Comme le *segment moyen* est pratiquement horizontal, nous supprimons les segments de pente inférieure à -20° . Les segments 2, 4, 5, 9 sont ainsi éliminés. Il faut remarquer que la suppression du segment 9 déconnecte les sillons latéral et temporel supérieur.

Un autre problème est celui des segments formant des boucles. Les petites boucles sont dues aux erreurs de segmentation et de squelettisation. Elles sont supprimées. Les grandes boucles correspondent à des configurations particulières de sillons parallèles, reliés par des segments parasites. Elles sont divisées en 2 segments différents, de même début (le point d'intersection avec SL) et de même fin. Le point de division est défini comme étant le point le plus éloigné du point de départ. Les segments équivalents sont des segments qui ont

les mêmes points de départ et d'arrivée. Nous ne conservons que le segment qui est le plus proche de la ligne droite.

En réalisant ces suppressions, nous obtenons une ou plusieurs collections de segments formant chacune un graphe. Chaque collection est susceptible de représenter un fragment de la partie latérale du sillon latéral. Dans l'exemple présenté, 3 collections sont formées par les segments (20, 21, 22, 23, 24, 25), les segments (14, 15, 17) et les segments (10, 11, 12). Il faut déterminer celle qui correspond au sillon réel.

III-5-Sillon unique

Dans le cas du sillon latéral, la détermination du point de départ est assez sûre. Nous pouvons supposer que ce point de départ appartient à la collection correspondant réellement au sillon. Le premier critère de choix d'une collection est donc celle qui contient le point de départ trouvé.

Cependant les coupures de segments réalisées précédemment peuvent avoir supprimé le segment contenant le point de départ. Dans ce cas, nous nous basons sur la longueur du sillon (100 mm). Nous supprimons toutes les collections de segments dont la longueur maximale est inférieure à la demi longueur.

Un troisième critère est utilisé s'il persiste plusieurs possibilités. La profondeur moyenne de la

collection doit être de l'ordre de 35mm. Nous ne conservons que les collections dont la profondeur est égale à $35\text{mm} \pm 30\%$. Ceci élimine les collections obtenues à partir du sillon Post-central.

Une dernière vérification sert à différencier les collections restantes: nous sélectionnons celle qui se trouve la plus proche de l'angle supérieur droit de la fenêtre d'analyse et dont le centre de gravité est supérieur aux autres centres de gravité par rapport au sommet du cerveau.

Nous avons alors déterminé un seul ensemble de segments tous connectés qui forment la structure essentielle du sillon latéral (segments antérieur et moyen). Le segment terminal et les sillons annexes sont absents.

III-6-Sillons annexes

Parmi les sillons annexes, nous nous sommes intéressés aux *rameaux horizontaux et verticaux*

(segments 1, 2 & 3 figure 4) du *segment antérieur*, au *sillon diagonal* (segment 4 figure 4) et au *segment ascendant* du sillon latéral

III-6-1-Rameaux horizontaux et verticaux

Le *segment antérieur* se termine par deux rameaux, l'un l'horizontal, l'autre vertical. Leur point d'intersection est commun avec le point marquant le début du segment moyen. Les distances entre les sillons annexes sont repérées par rapport à ce point [ONO 90]. Il existe plusieurs configurations assez caractéristiques de ces rameaux (figure 4).

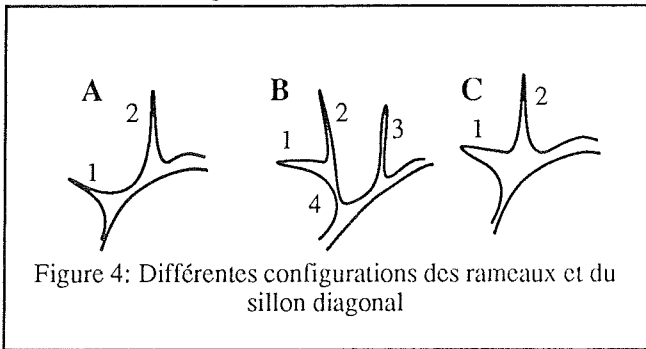


Figure 4: Différentes configurations des rameaux et du sillon diagonal

Pour déterminer le *rameau horizontal*, nous cherchons les "barbules" les plus à gauche dans la projection latérale, connexes à SL. Parmi cette sélection, nous conservons les segments dont les directions sont sensiblement horizontales (angle inférieur à 40°). Si plusieurs segments sont en concurrence, nous conservons uniquement le segment dont le centre de gravité est le plus *haut*.

Pour déterminer le *rameau vertical*, nous cherchons un segment sensiblement vertical (angle supérieur à 60°). Dans le cas où le *rameau horizontal* existe, nous cherchons soit un segment qui lui est directement connecté (Figure 5B,5C), soit le segment le plus proche sur le sillon latéral (Figure 5A). Si les deux rameaux ne sont pas directement reliés au sillon latéral (cas B), nous identifions alors en plus le tronc commun, segment qui relie les deux rameaux à SL.

III-6-2- Sillon diagonal

Le *sillon diagonal* n'est présent que dans 70% des cas. Il présente plusieurs variations dissymétriques entre les hémisphères droit et gauche. Nous cherchons alors un petit sillon vertical proche du point terminal du *segment antérieur*. La distance maximale acceptable est de 16mm.

Le sillon diagonal peut aussi être connecté au *rameau vertical* (24% des cas sur l'hémisphère gauche). Ils forment ainsi une boucle. Nous recherchons donc une boucle proche du *rameau horizontal* et connectée au sillon latéral. Si une telle boucle existe, nous la coupons en 2 à son point le plus éloigné de son intersection avec le sillon latéral et chaque branche est alors étiquetée

avec sa dénomination en conservant l'ordre (rameau vertical précédant le sillon diagonal).

Enfin, il est plus rarement connecté au tronc commun des rameaux horizontaux et verticaux. Si le tronc commun existe et si un segment est connecté à ce tronc commun, nous considérons que c'est le sillon diagonal.

Il faut remarquer qu'il peut exister des connections entre le sillon diagonal et les sillons Précentral et orbital inférieur. Dans ces cas, aucun segment ne peut répondre aux tests précédents et l'identification ne peut se faire que lorsque les autres sillons seront identifiés.

III-6-3- Segment terminal

Lorsqu'il est court, le segment terminal a été supprimé comme barbule. Il est aussi éliminé lorsque la fenêtre d'analyse ne le contient pas en entier. Pour le détecter, nous recherchons les petits segments les plus à droite connectés à l'extrémité supérieure de SL. Il est de plus nécessaire que la profondeur minimale des segments ajoutés soit supérieure à 2 voxels et que la longueur totale du nouveau sillon soit compatible avec celle du sillon latéral.

III-6-4- Autres sillons

Les autres sillons connectés au sillon latéral sont de moindre importance en terme de taille, de présence/absence et de caractérisation. En particulier, les sillons antérieur subcentral, postérieur subcentral et transverse temporal sont de petite taille. Ils seront détectés après la reconnaissance des sillons précentral, central et postcentral. Ces derniers donnent une information topologique déterminante sur leurs positions possibles.

IV- Résultats et perspectives

Les premiers tests ont été menés sur quatre examens assez caractéristiques, à la fois sur l'hémisphère droit et sur l'hémisphère gauche. Les photos 2 montrent les résultats obtenus : la méthode adoptée donne de bonnes identifications. Le sillon latéral et les sillons annexes sont correctement détectés. Le principe de cette méthodologie de reconnaissance est donc validé. Des tests sur un plus grand nombre de patients sont en cours, afin de vérifier les coefficients et seuils numériques utilisés.

La même méthodologie est employée actuellement sur le sillon central. Elle donne de bons résultats. La difficulté principale à résoudre par rapport au sillon latéral est que le sillon central est parfois interrompu. Il faut donc chercher à concaténer plusieurs segments lorsque la longueur du sillon est trop faible.

En cherchant à expliciter les heuristiques et connaissances à priori qui permettent l'identification des sillons, ces travaux se poursuivent actuellement vers la définition d'une représentation des sillons majeurs et des relations topographiques les liant ainsi que sur une procédure de reconnaissance unifiée et généralisée.

V- Bibliographie

- [ALL 91] - ALLAIN P., TRAVERE J.M., BARON J.C., BLOYET D. "Three dimensional superimposition and fitting of stereotaxis atlas onto MRI and PET brain images", Proc. of the IV Int. Symp. on biomedical Engineering, pp 376-377, Peniscola, Spain, 1991
- [ALL 92] - ALLAIN P., TRAVERE J.M., BARON J.C., BLOYET D., DESVIGNES M. "Entirely Automatic 3D MRI Brain Analysis as a step in multimodal Processing, 14th Annual Int. Conf. of the IEEE EMBS, pp 947-950, Paris, 1992
- [CHA 91] - JM CHASSERY, A. MONTANVERT. "Géométrie discrète en analyse d'images". Hermès 1991.
- [DES 93] - DESVIGNES M, HOUSSAM F., REVENU M., BLOYET D., ALLAIN P., TRAVERE J.M, BARON J.C. "Calcul de la profondeur en un point des sillons du cortex sur une image RMN tridimensionnelle, GRETSI, Juan Les Pins, 1993
- [DUV 92] - DUVERNOY H.M. CABANIS E.A. IBA-ZIZEN M.T., TAMRAZ J., GUYOT J. . "Le cerveau humain : Surface, coupes sériées 3D et IRM", Springer Verlag France, 1992.
- [MAZ 91] - MAZZIOTTA "Exploring brain function anatomy with positrons tomography", Ciba Foundation Science 163, Willey & sons, pp 93-112, 1991.
- [ONO 90] - ONO M., KUBIK S. & ABERNATHEY C.D. "Atlas of the cerebral Sulci", Georg Thieme Verlag, 1990.
- [ROL 91] - F. ROLLAND : "Représentation tridimensionnelle et reconstruction 3D à partir de coupes 2D". Thèse Grenoble I, 1991.
- [TAL 88] - TALAIRACH J., TOURNOUX P. "Co Planar stereotaxic Atlas of the Human Brain", New York, Thieme, 1988.
- [TSA 81] - TSAO Y.F. & FU K.S. "A parallel thinning Algorithm for 3D pictures", CGIP, 17, pp 315-331, 1981.

Photo 2 : Résultats

En noir : Sillon latéral
En blanc : Sillons annexes

