

La segmentation d'images pose un problème crucial dans le traitement numérique des images. Elle est probablement le domaine qui a reçu la plus grande attention de la part de la communauté de traitement des images. En imagerie médicale, elle présente plus de difficulté étant donné l'état critique du domaine d'un côté, et la nature des images médicales qui diffère d'une modalité à une autre et les causes d'imprécision liées à chacune d'elles d'un autre. Il existe beaucoup de méthodes de segmentation qui ont été développées afin d'améliorer ce genre de traitement. Ce chapitre essaiera de donner un aperçu sur la segmentation et quelques unes de ses différentes méthodes.

1. Définition de la segmentation:

La segmentation d'images est une opération de traitement d'images qui a pour but de rassembler des pixels entre eux suivant des critères prédéfinis. Les pixels sont ainsi regroupés en régions, qui forment un pavage ou une partition de l'image. De façon plus précise, on peut définir la segmentation comme étant une partition d'une image I en n ensembles R_i appelés régions telles que :

1. $\bigcup_{i=1}^n R_i = I$.
2. $\forall_{i,j}, i \neq j, R_i \cap R_j = \Phi$.
3. Les sous ensembles $R_i, i = 1, \dots, n$ sont connexes.
4. Il existe un prédicat P tel que : $P(R_i) = \text{vrai}, \forall i = 1, \dots, n$.
5. $P(R_i \cup R_j) = \text{faux}, \forall (i, j), i \neq j$ et R_i, R_j sont contigües
(Ou $\cup$ représente une union des ensembles disjoints).

P désigne un prédicat défini sur l'ensemble des points de R_i et Φ un ensemble vide.

- la première et la deuxième condition impliquent que tout pixel de l'image appartient à une région et une seule. Cela signifie que l'algorithme de segmentation ne doit pas se terminer avant d'avoir traité tous les points.

- La troisième condition implique que toute région doit être connexe. La connexité des régions étant induite par le voisinage défini sur l'image.
- la quatrième condition implique que chaque région doit être très homogène. Le prédicat P est utilisé pour tester l'homogénéité des ensembles R_i .
- Enfin, la cinquième condition est une condition de maximalité indiquant que la fusion de deux régions ne doit pas être homogène. Il est important de remarquer que le nombre n de régions formant la partition de l'image reste indéterminé. Il peut donc exister plusieurs segmentations possibles pour un prédicat P donné.

Segmenter, ou délimiter les structures cérébrales est une étape fondamentale pour l'analyse d'images cérébrales. Elle permet de séparer les différents tissus cérébraux (matière grise, matière blanche, liquide céphalorachidien) ainsi que d'éventuelles pathologies cérébrales. Une bonne segmentation aide le médecin à prendre une décision finale, avant son geste chirurgical. [ZDI 11]

La segmentation de l'IRM cérébrale présente des particularités par rapport à d'autres domaines d'applications de la segmentation, comme la segmentation des cartes routières, ou la segmentation des visages. Ces particularités sont liées aux spécificités de l'objet à segmenter (l'anatomie du cerveau) et au processus d'acquisition IRM.

2. Objectifs de la segmentation :

La segmentation d'images constitue le cœur de tout système de vision et une étape importante dans le processus d'analyse des images cérébrales. La segmentation d'images sert à fournir des régions homogènes (selon un critère donné) pour y appliquer un traitement spécifique et interpréter le contenu de l'image :

- réduire le bruit.
- extraction des informations qualitatives de l'image, les similitudes (intensités, couleurs, textures, etc.).

- localiser de manière précise les contours des régions (les arêtes, les changements abruptes, etc.).

Il est difficile de définir d'une manière absolue, une bonne segmentation. La segmentation, souvent, n'est pas une fin en soi, le choix d'une technique est lié à :

- La nature de l'image (éclairage, contours, texture...).
- Aux opérations de la segmentation (compression, reconnaissance de formes, mesures...).
- Aux primitives à extraire (droites, régions, textures...). [ZDI11]

3. Méthodes de segmentation d'images:

La segmentation permet de distinguer les objets d'intérêt d'une image en les isolant du fond ou des autres structures. Après la segmentation d'une image, chaque pixel se voit attribuer une région, et chaque région correspond à une partie sémantique de l'image. Les discontinuités entre les régions correspondent aux contours des objets aux incertitudes près.

Les approches de segmentation peuvent se diviser en trois grandes classes :

➤ *Les méthodes classiques :*

On parle de :

- Approches de détection de discontinuité (contours ou encore frontières).
- Approches de détection de similarité (régions).

➤ *Les méthodes de classification :* on peut distinguer :

- Les méthodes non supervisées : utilisation de la logique floue et de la théorie des possibilités.
- Les méthodes supervisées (connaissance à priori) : création d'une base d'apprentissage.

➤ *Segmentation fondée sur la coopération entre les deux premières segmentations.*

3.1. Méthodes classiques de la segmentation :

On peut regrouper les techniques de segmentation classiques en 2 grandes méthodes qui sont les suivantes:

3.1.1. Segmentation approches contours:

La segmentation orientée contours vise à délimiter les objets selon leurs contours. Ces approches ne se basent généralement pas sur les intensités mais sur les variations d'intensité significatives dans l'image, aux frontières entre régions. Différentes méthodes ont été proposées. [BEN08]

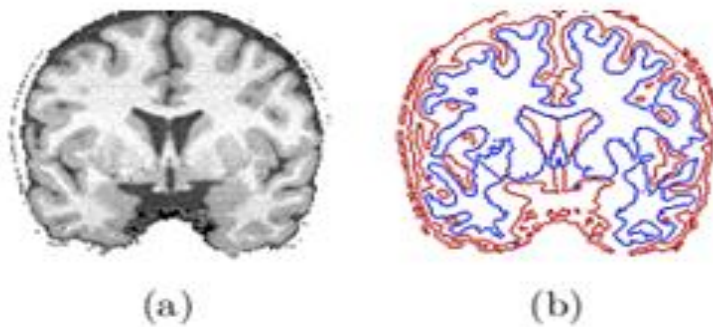


Fig.3.1.modèles orientés contours (image b). [BEN08]

Avantages et inconvénients de ces méthodes :

Les méthodes de segmentation par détection de contours sont des méthodes rapides et ne nécessitant pas d'apport d'information a priori, mais elles sont sensibles au bruit de leur nature ce qui peut provoquer la création de faux contours. [SEM07]

3.1.2. Segmentation approche régions :

Contrairement aux techniques d'extraction des contours, la segmentation en régions homogènes est basée sur les propriétés intrinsèques des régions. Elle vise à créer une partition de l'image en un ensemble de régions homogènes au sens d'un ou plusieurs critères qui peuvent être la valeur de niveau de gris, la couleur ou la texture. On recherche donc à rassembler les pixels par critères de similarité. Dans l'approche

région, on trouve essentiellement deux types de méthodes : les méthodes par seuillages et les méthodes de type croissance de régions. [SAM08]



Fig.3.2.modèles orientées régions (image c). [BEN08]

3.1.2.1. Les méthodes par seuillages :

Ces méthodes essayent de trouver une valeur d'intensité, appelée seuil, à partir de l'histogramme de l'image pour séparer les différentes régions. Elles sont applicables avec efficacité sur des images qui présentent un fort contraste entre les régions. Cette approche n'utilise aucune information géométrique ni topologique. C'est l'une des plus anciennes méthodes de segmentation, qui, bien que n'étant plus utilisée seule, entre toutefois dans la conception de presque tous les outils de segmentation existants. Le seuillage peut être : global (un seuil pour toute l'image) ou local (un seuil pour une portion de l'image).

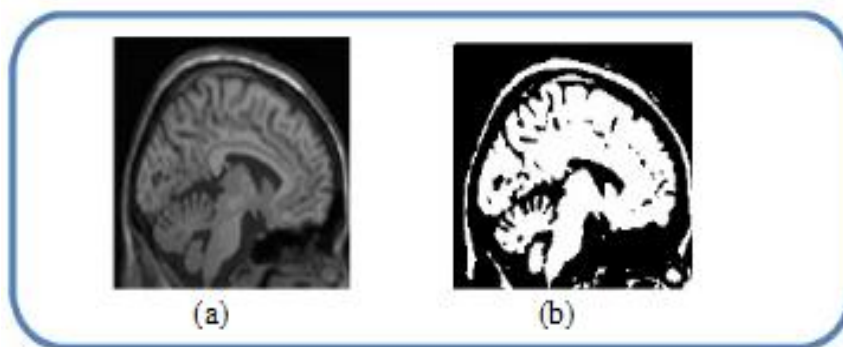


Fig.3.3. Image originale(a), segmentation par seuillage (seuil=80). [ZDI11]

Avantages et inconvénients :

Les méthodes à base de seuillages sont des méthodes rapides et simples à mettre en œuvre, mais elles sont parfois coûteuses en temps de calcul. [SEM07]

3.1.2.2. Les méthodes croissance de régions:

Ce type de segmentation consiste à faire croître des régions en y ajoutant successivement les pixels adjacents qui satisfont un critère d'homogénéité. La croissance s'arrête lorsque tous les pixels ont été traités.

L'étape initiale consiste à sélectionner les germes des régions qui correspondent généralement à un pixel. Puis, les régions sont construites en y ajoutant successivement les pixels qui leur sont connexes et qui vérifient un critère de similarité colorimétrique.

La plupart des algorithmes de croissance de régions sont régis par un parcours de l'image selon le balayage de gauche à droite et de haut en bas. [XAV08]

Division/Fusion (Split/Merge) :

Cette technique enchaîne les 2 phases suivantes :

1. Découper itérativement l'image jusqu'à avoir des blocs contenant exclusivement des pixels similaires.
2. Regrouper les blocs voisins s'ils sont similaires.

Les deux phases sont nécessaires afin de garantir que les régions obtenues sont à la fois homogènes et également les plus grandes possibles. Chaque phase étant indépendante, on peut les étudier séparément.

❖ La Division (Split) :

La division consiste à partitionner l'image en régions homogènes selon un critère donné (niveau de gris dans le cas des images médicales). Le principe de cette technique est de considérer l'image elle-même comme région initiale, qui par la suite

sera divisée en régions. Le processus de division est réitéré sur chaque nouvelle région (issue de la division) jusqu'à l'obtention de classes homogènes, le résultat peut être représenté sous forme d'un arbre appelé Quad-tree.



Fig.3.4. Décompositions successives des blocs. [XAV08]

C'est un arbre dans lequel chaque nœud représente un bloc. Chaque nœud possède donc 0 sous-nœud (bloc homogène) ou 4 sous-nœuds (bloc non-homogène).

La décomposition finale est définie par les blocs associés aux feuilles de l'arbre. On obtient ainsi une liste de blocs de différentes tailles et positions. Si la structure du QuadTree permet une navigation aisée entre bloc conteneur (parent) et sous-blocs (enfants), elle ne permet pas de naviguer facilement entre des blocs voisins. Pour cela, il est préférable de construire et d'utiliser le graphe d'adjacence.

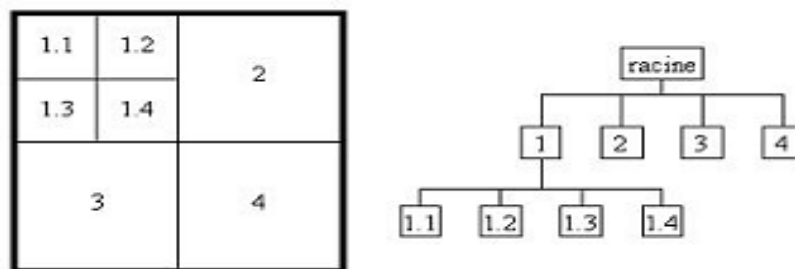


Fig.3.5. Représentation sous forme de Quadtree. [XAV08]

❖ La fusion (Merge) :

Cette étape a pour objectif d'identifier les régions qui composent l'image en regroupant les blocs jointifs et similaires. Il faut tout d'abord définir le critère de similarité entre blocs. Le plus simple est d'étendre la définition de similarité entre

pixels définie lors de l'étape de décomposition. Ainsi, on peut assimiler un bloc à un gros pixel en calculant sa valeur/couleur moyenne, et en utilisant le graphe d'adjacence pour naviguer vers les blocs voisins. [XAV08]

Avantages et inconvénients :

Tout comme les méthodes à base de seuillages les méthodes de segmentation par région sont des méthodes rapides et simples à mettre en œuvre, mais elles peuvent créer une sur-segmentation de l'image (image bruitée) et des objets de petites tailles risquent d'être perdus. Elles sont parfois coûteuses en temps de calcul. [SEM07]

3.2. Segmentation par classification:

La classification des tissus cérébraux (principalement le liquide cérébro-spinal, la matière blanche et la matière grise) est un problème abondamment abordé dans la littérature. Pour cette famille de méthodes, la segmentation d'une image est vue comme une subdivision de cette dernière en différentes classes de telle manière que : les éléments d'une même classe soient les plus similaires possibles (minimisation de la variance intra-classe), et les éléments de deux classes distinctes soient les plus différents possibles (maximisation de la variance inter-classes). On peut distinguer deux types de méthodes : [STM07]

- ❖ Les méthodes supervisées
- ❖ Les méthodes non supervisées (automatiques).

Avantages et inconvénients : Ces méthodes présentent l'avantage d'être simples et peu coûteuses (sauf Markov), et ne nécessitent que peu d'informations à priori sur les objets mais malheureusement, ne donnent que peu d'informations spatiales et structurelles.

3.3. Segmentation fondée sur la coopération :

Dans la littérature, l'utilisation de la coopération entre les régions et les contours pour la segmentation d'images diffère d'un auteur à un autre. D'une part, cette différence se manifeste dans l'étape où l'intégration entre l'information sur les régions et celle sur les contours est réalisée. D'autre part, elle apparaît dans la façon avec laquelle cette intégration est produite.

La recherche des méthodes de combinaison d'informations dans le but de segmenter des IRM cérébrales a abouti à la définition et à la mise en œuvre de trois grands principes de coopération :

- ✓ la coopération séquentielle : dans laquelle l'une des techniques de segmentation (région ou contour) est réalisée en premier lieu ; son résultat va être exploité par l'autre technique pour renforcer la définition des critères ou des paramètres de la segmentation. [SEB07]

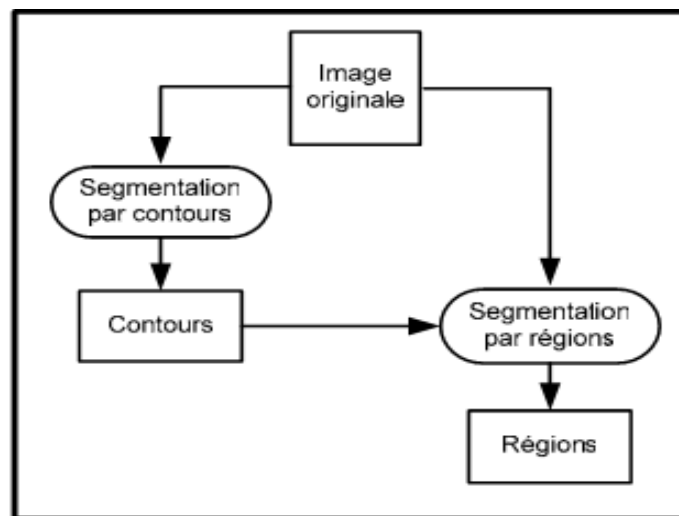


Fig.3.6. Principe de la coopération séquentielle

- ✓ **la coopération des résultats** : les deux types de segmentation seront réalisés indépendamment ; la coopération concernera leurs résultats qui seront intégrés afin d'atteindre une meilleure segmentation. [SEB07]

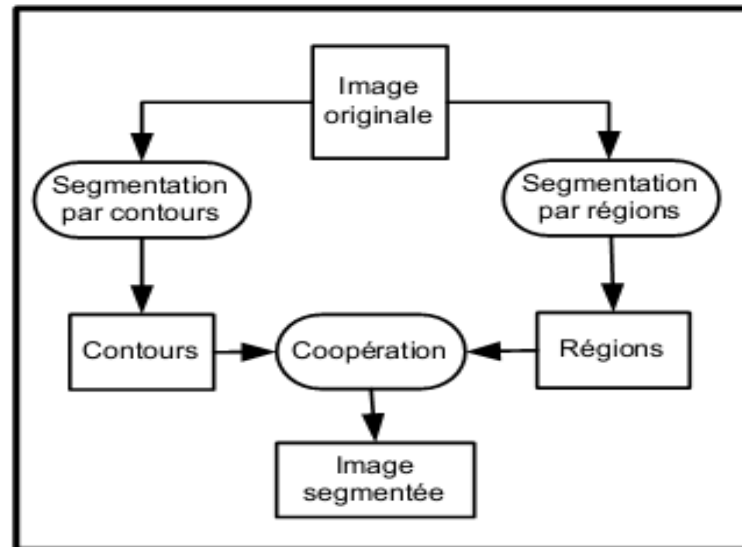


Fig. 3.7. Principe de la coopération des résultats.

- ✓ **la coopération mutuelle** : les deux types de segmentations coopéreront mutuellement au cours de leur processus d'exécution. [SEB07]

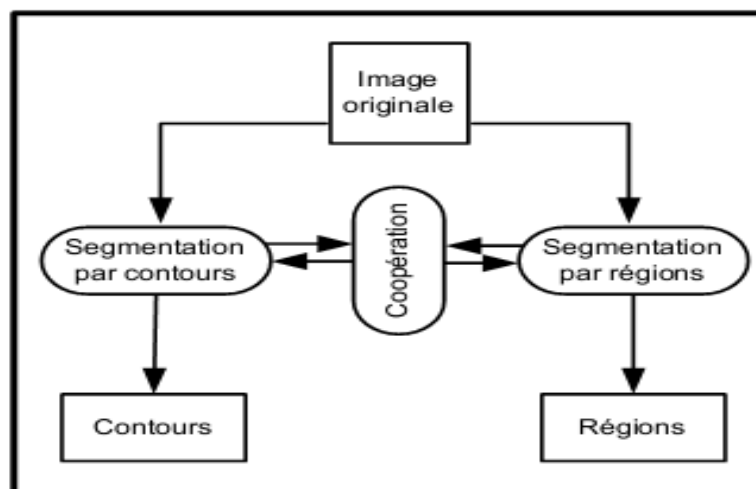


Fig3.8. Principe de la coopération mutuelle.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait un survol sur les méthodes de segmentation des images IRM cérébrales qui peuvent être résumées en deux grandes classes : Les méthodes classiques (Approches contour et Approches région) et les méthodes par classification, afin de peser leurs intérêts et leurs efficacités pour une bonne classification.

Notre choix pour faire ce travail, s'est orienté vers l'algorithme Split/Merge de la méthode classique approche région qu'on a jugée intéressante tout en optant pour l'intégration de la notion multi-agents qui sera détaillée dans le chapitre suivant.