

Oral de projet de P2I

Détection de la scissure longitudinale du cerveau

<https://docs.google.com/presentation/d/1kgT2WFvqIBFoBcMdV4NQVtsrj0bFHqSQYUX8pnLvc3k/edit?usp=sharing>

<https://docs.google.com/presentation/d/1JsJsnU7yvXCm-889GMeOjUUIvfw7YtB/edit?usp=sharing&ouid=112399640259569671066&rtpof=true&sd=true>

Idées pour l'oral :

- Emission C'est pas sorcier ? Jamy dans son labo pour compléter les explications, Fred sur le terrain qui rencontre plusieurs personnes : un physicien/mécanicien qui répare les scanners IRM et explique le principe sur lequel repose la machine, puis un médecin qui fait passer un scanner IRM, et enfin un ingénieur informaticien qui développe le programme Matlab. La petite voix qui donne des petites anecdotes ou des infos complémentaires.

Liste de jeux de mots pour Jamy :

- ne te prends pas la tête!
- avoir la grosse tête
- se creuser la tête
- lavage de cerveau
- retourner la tête (dans le sens que c'est difficile à comprendre)

- Simulation d'une réunion avec une équipe médicale (2 personnes : RX) qui est submergée de patients atteints d'AVC et cherche une solution pour mieux étudier leur pathologie. Puis intervient l'inventeur de l'IRM qui explique le principe sur lequel repose sa machine. Mais il y a tellement de patients qu'il faudrait automatiser tout cela : 2 commerciaux interviennent pour "vendre" leur logiciel Matlab. => ton un peu humoristique

+ nommer rapporteur humas pour résumer la partie shs

Utiliser des supports différents :

- 1 poster pour promouvoir notre stand (<https://www.dana-simmons.com/diagonal>)
- 1 tableau info/intox étonnants sur le cerveau / quizz / le cerveau en 5 chiffres
- 1 ou 2 maquettes pour voir les différents composants d'un scanner IRM/cerveau ?
- 1 poster des différentes régions du cerveau, 1 poster de l'oxygénation au moment des synapses
- 1 affiche de promotion du logiciel Matlab
- ordinateur pour faire une démo Matlab interactive

Pense bête :

Ne pas oublier un adaptateur hdmi pour le projecteur

faire un backup de sauvegarde du diapo sur clé usb

Ne pas oublier chargeur de pc

Costumes, tenue, accessoires, calepin etc

DU SCOTCH et ciseaux POUR COLLER LES AFFICHES !

AFFICHES A4

Tester au préalable le code

Ramener écocup

(docteur) Bonjour M... * se serrent la main* merci d'avoir accepté ce rendez-vous.

Tout le plaisir est pour moi. Alors dites moi docteur, en quoi je peux vous aider ?

(avec un ton un peu inquiet) Eh bien je suis confronté ces derniers jours à une vague de patients atteints d'AVC, et j'espérais qu'en tant qu'ingénieur, vous pourriez m'aider à trouver une solution. Il faudrait que je puisse observer le cerveau de chaque patient pour pouvoir diagnostiquer leur pathologie précisément.

(avec le ton du commercial cliché, en mode très rassurant, limite en passant le bras autour de l'épaule du médecin) J'ai peut-être ce qu'il vous faut docteur ! Je peux vous procurer un scanner à rayons X, qui repose sur le fait que le rayonnement est plus ou moins atténué selon la densité des structures du corps humain, comme la graisse ou les muscles. De ce fait, les os apparaissent en blanc, les tissus comme les organes en gris, et l'air dans les poumons en noir.

(un peu intrigué) Euh... d'accord, et comment est-ce que ça fonctionne ? J'imagine que le patient devra enlever ses vêtements, et ses objets métalliques. Il devra ensuite s'allonger sur un lit et j'imagine qu'on lui injecterait du produit de contraste, afin d'améliorer l'image obtenue, n'est-ce pas ?

(très sûr de ce qu'il dit) Exactement. La tomodensitométrie TDM, aussi appelée CT-Scan pour Computed Tomography en anglais, est une technique d'imagerie médicale qui repose sur l'utilisation de rayons X. Pour les produire, on prend un tube à rayons X composé d'une cathode, et d'une anode, aussi appelée anticathode. Un générateur de haute tension va chauffer la cathode, qui émet les électrons. Ils atteignent ensuite l'anticathode avec une haute énergie. On observe alors un spectre de rayons X avec un fond continu et des raies discrètes.

Le fond vient du fait que les électrons sont freinés et déviés par le cortège électronique des atomes de la cible. Et les raies discrètes viennent du fait que, lorsqu'un atome se désexcite, un de ses électrons peut passer d'un niveau d'énergie supérieur vers le niveau qui comporte la lacune électronique. Il y a alors l'émission de photons X d'énergie exactement égale à la différence d'énergies des niveaux de l'atome mis en jeu.

Pendant l'examen, l'émetteur-récepteur de rayons X tourne autour du sujet pour mesurer l'intensité du faisceau sous différents angles de vue pour reconstituer une image.

(rassuré) Ah oui je comprends mieux ! Est-ce que vous avez des exemples d'acquisitions ?

(toujours sûr de lui) Bien sûr, ne vous prenez pas la tête, j'ai pensé à tout !

2:50

(sceptique) Ah oui je vois. Mais comme le cerveau est un tissu mou, et non pas une structure osseuse, la scissure longitudinale apparaît faiblement contrastée et c'est un peu embêtant...

N'ayez crainte, docteur ! Désolé de vous interrompre, je suis Hugo, responsable commercial de mon entreprise. Je suis certain que la technique d'imagerie par résonance magnétique vous conviendrait parfaitement !

Dites-moi, je suis ouvert à toutes les possibilités pour soigner au mieux mes patients ! Comment est-ce que ça fonctionne ?



Le corps humain est constitué d'eau et ainsi d'atomes d'hydrogène, qui possèdent un proton. Ces protons sont caractérisés par leur spin; c'est une propriété qui permet de déterminer le comportement de la particule, sous l'effet de la symétrie de rotation de l'espace.

Et lors d'un examen IRM, les noyaux atomiques du corps sont placés sous un champ magnétique intense et homogène appelé B0. Les spins s'orientent alors dans la même direction que celle de ce champ. On applique ensuite un deuxième champ magnétique B1 pour exciter les protons. Ce nouveau champ oscille à une fréquence appelée fréquence de Larmor, c'est-à-dire la fréquence de résonance du moment de spin du proton. Ce champ magnétique va dans un premier temps, mettre en phase tous les protons, puis les faire passer d'un état de basse énergie à un état de haute énergie. On dit que ce champ B1 va ainsi faire basculer les moments magnétiques à 90°.

Ah je vois, et on va ensuite retirer le champ B1, et mesurer les signaux émis lors de la relaxation avec une bobine, puis reconstituer une image, c'est ça ?

Tout à fait ! Lorsqu'on retire B1, deux phénomènes se produisent successivement. Le premier correspond au déphasage des protons, qui dépend de l'interaction des noyaux atomiques entre eux. Cela crée un signal oscillant à la même fréquence que l'onde excitatrice, caractérisé par un temps de relaxation transversal T2.

Le deuxième phénomène correspond au retour au niveau de basse énergie des spins, c'est le temps mis par les moments magnétiques pour revenir selon l'axe longitudinal qu'on appelle le temps de relaxation longitudinal, que l'on note T1. Il dépend des interactions des protons avec leur milieu, et est presque dix fois plus long que T2.



Dans les tissus contenant peu d'eau comme les os, le réseau moléculaire est serré et les échanges d'énergie sont très rapides. Le temps de relaxation est donc plus court et le signal est plus fort. Dans les liquides, T1 est plus long et le signal est plus faible. Comme vous le voyez sur cette image, on peut différencier les modalités T1 et T2 grâce aux différences de niveaux de gris dans les tissus.

Ah oui ! L'IRM me semble davantage pertinente pour faire un diagnostic ! Elle me permet de bien visualiser la scissure longitudinale, et donc déceler par exemple des symptômes des nécroses corticales. Mais vous savez, la sécurité de mes patients est ma priorité. Est-ce que l'IRM ou la TDM sont dangereuses pour la santé ?

Ne vous inquiétez pas, docteur! Ces techniques sont sans danger, à condition de signaler si le patient est une femme enceinte, ou s'il porte un simulateur cardiaque, ou tout implant métallique. Contrairement à la TDM, l'IRM n'expose pas le patient à des rayonnements ionisants.

Et puis j'imagine que ces machines doivent nécessiter beaucoup de ressources énergétiques et avoir un grand impact sur l'environnement.

Eh bien il est certain que les scanners, depuis leur fabrication jusqu'à la fin de leur vie, en passant par le transport, consomment de l'énergie et émettent des gaz à effet de serre. Par exemple, la consommation d'énergie d'un examen d'IRM est 30 fois plus élevée que celle d'un examen de TDM pour une imagerie de cerveau: 16.1KWh pour l'IRM et 0,59 KWh pour la TDM.

Le tableau suivant vous permet de vous faire une idée du caractère énergivore des scanners CT. Mais pour réduire cet impact écologique, nous pouvons vous proposer une formation sur les bonnes pratiques à adopter afin d'optimiser l'utilisation des machines et prolonger leur durée de vie. Une chose toute simple par exemple, est d'éteindre le scanner lorsqu'il n'est pas utilisé. Saviez-vous qu'en 2020, l'absence du mode "veille" des machines de radiologie a déjà gaspillé plus de 49 TWh en Europe ! On incite également les médecins à faire reconditionner ou recycler leur scanner quand il arrive en fin de vie.

Oui, je pense aussi souvent à supprimer les fichiers archivés inutiles pour réduire la pollution numérique. Mais vous savez, il y a tellement de patients malades ces derniers jours ! Traiter chaque image une par une me prendrait un temps considérable...

8:14

Plus besoin de vous creuser la tête, nous avons la solution docteur ! Nous sommes des étudiants en informatique et nous avons créé un programme à l'aide du logiciel Matlab, qui permet de détecter la scissure longitudinale d'une acquisition par IRM ou TDM.

Oh c'est formidable ! Je suis curieux de savoir comment est-ce que ça fonctionne, est-ce que vous pourriez m'expliquer ?

Notre programme comporte globalement 3 étapes comme vous le voyez sur ce diagramme, que l'on va vous détailler :

On a utilisé un jeu d'images fourni par notre professeur. Nous avons d'abord effectué un tri pour séparer les images exploitables de celles qui ne le sont pas.

On fait un tri automatique des images avec corr2(on choisit une image référentielle, calcule le coefficient de corrélation d'une autre image, puis filtre les images correspondantes)

On peut maintenant traiter les images afin de les rendre les calculs réalisés par matlab beaucoup plus simples.

Montrer les diverses étapes de traitement d'image avec matlab POUR IRM ET RX

- On convertit tout d'abord l'image de RGB à Gray avec `rgb2gray` (car ce sont des jpg) si nécessaire (*comme on ne travaille qu'avec des matrices de niveaux de gris, et que les images jpg nous donnent des matrices RGB*)

- On augmente ensuite le contraste de l'image à l'aide de `imadjust` (*Afficher l'histogramme*) on définit le milieu de l'histogramme comme étant le nouveau maximum, on rallonge le tout, montrer sur l'histogramme, dans l'écrasante majorité des cas auxquels nous pourrions être confrontés, il s'agit du cerveau qu'on va ensuite binariser, donc cela ne crée pas de problèmes).
- On effectue la binarisation de l'image à partir du seuillage d'Otsu avec `imbinarize` (*expliquer rapidement ce que c'est avec l'histogramme*).
- On bouche les trous et réduit le bruit avec une fermeture suivie d'une érosion (avec un motif disque) (*érosion : Pour chaque pixel on prend un disque, et si tous les éléments dans ce disque ne sont pas des pixels blancs alors le pixel sélectionné devient noir. dilatation : on reprend un disque et pour chaque pixel, tous les éléments dans ce disque deviennent blancs*). On effectue ainsi une dilatation pour boucher les trous suivis de deux érosions pour retirer le bruit et le surplus créé par la dilatation, notamment sur le côté.

11:26

D'accord ! J'imagine que maintenant qu'on a une image avec une silhouette du crâne, on peut désormais passer au traçage de l'ellipse.

Tout à fait docteur !

Montrer des résultats dans le dossier "ok" et "notok" POUR IRM ET RX

- On calcule le centre de la figure représentée par le cerveau, son orientation, la longueur de l'axe principal et de l'axe secondaire avec `regionprops` (*montrer à quoi chaque donnée correspond sur l'image*).
- On s'assure de sélectionner la zone qui correspond au cerveau en sélectionnant la zone qui a la plus grande longueur d'axe principal (*pour ne pas afficher l'ellipse sur du bruit qui serait resté après le traitement*).
- Enfin, on trace l'ellipse avec `drawellipse` (*montrer l'ellipse*).

Mais pourtant, cette méthode ne fonctionne pas pour toutes les images. On peut le voir là par exemple.


Vous avez raison, ce programme ne permet que de traiter des images qui sont relativement symétriques sans pathologie.

Nous avons ensuite écrit un deuxième programme qui analyse ligne par ligne (*en montrant bien avec un geste horizontal*) le centre de l'image. Mais il n'est pas applicable aux acquisitions de scanner à rayons X, ce qui constitue une première limite de notre programme.

Tenez je vais vous montrer !


PENDANT QUE LE PROGRAMME TOURNE expliquer :

- On centre le cerveau au milieu à partir du centroïde calculé précédemment avec `imtranslate` (*montrer la position de l'ancien et du nouveau centroïde*).
- On crée d'abord les vecteurs nécessaires, `x` en fonction de la taille de l'image, caractérisé par la ligne rouge.
- Pour chaque ligne de la matrice `uint8` de l'image, on regarde pour quelle valeur se situe la scissure du cerveau avec `improfile`. (*montrer les points qui caractérisent les min et max locaux*)

- 
- On trace ensuite deux courbes sur l'image qui devraient correspondre aux points situés sur la scissure . ligne bleue et rouge pour min et max globaux.

13:40

Ah oui mais là non plus, on voit que les 2 lignes ne se superposent pas exactement sur la scissure. Il faudrait pouvoir trouver un compromis entre les deux: pour quelles zones utiliser le minimum et lesquelles utiliser le maximum.



Exactement. Nous sommes également conscients qu'il est impossible d'écrire un code qui permettrait de détecter la scissure sur n'importe quelle image. Voici cependant des pistes d'améliorations que nous pourrions utiliser :

- Regarder s'il y a le plus de points au-dessus ou en dessous de la médiane et choisir le minimum ou le maximum local de niveau de gris selon ce critère (*montrer sur le graphe obtenu avec improfile*).
- Voir si l'écart avec le point en y précédent est trop grand, s'il est trop grand alors on ne considère pas ce point (*montrer sur l'image s'il y a des grands sauts, "par exemple, celui-ci est trop éloigné et ne se situe pas sur la scissure"*).
- L'utilisation de la fonction *imgradientxy* selon x ou y : permet de voir les changements de niveaux de gris, ce qui permet de délimiter un intervalle dans lequel se situe la scissure. Cela permettrait d'améliorer la précision de la détection, et éviter de sélectionner les mauvais minima ou maxima. (*montrer sur la carte des gradients, montrer son graphe obtenu avec improfile et montrer la partie caractéristiques des ventricules et dire que si on arrive à détecter cela, on pourrait savoir qu'on se situe dans les ventricules par exemple*).



Oh c'est vraiment formidable ! Vous avez fait du bon travail ! Je pense que j'ai désormais toutes les clés pour soigner au mieux mes patients, merci beaucoup, et à bientôt !

14:45