

## Rapport TP Vertèbre



### Introduction

L'imagerie médicale regroupe les moyens d'acquisition et de restitution d'images du corps humain à partir de différents phénomènes physiques tels que l'absorption des rayons X, la résonance magnétique nucléaire, la réflexion d'ondes ultrasons ou encore la radioactivité auxquels sont parfois associés des techniques d'imagerie optique comme l'endoscopie.

Une des solutions clé actuelles permettant d'améliorer la prise en charge et la personnalisation des traitements est l'automatisation des diagnostics.

Le sujet qui va être ici traité est l'identification des deux paramètres suivants : La hauteur des disques intervertébraux et l'orientation des plateaux vertébraux. Ces paramètres sont calculés sur des vertèbres lombaires comme il est fait parfois pour aider au diagnostic de maladies touchant la colonne vertébrale comme pour la scoliose par exemple. Cette identification se fait en passant par différents logiciels, d'abord le logiciel IDFEX pour pouvoir modéliser en 3D à partir d'images de CT Scan la partie de la colonne souhaitée. Se fait ensuite une partie d'automatisation du calcul des paramètres via le logiciel Matlab. Cette partie sera présentée en trois parties pour suivre la structure du code qui est découpé en trois sections distinctes que l'on peut 'RUN' séparément. Ainsi sera d'abord présenté l'affichage et l'identification des éléments principaux du système suivi de la méthode de calcul du premier paramètre avant de terminer par la méthode de résolution du second paramètre.

## Traitement des CT Scan sur IDFEX

Après avoir obtenu des images de radio ou de scanner, il faut pouvoir identifier les parties osseuses intéressantes. Grâce au logiciel IDFEX, il est possible d'ouvrir les radios tirées de CT Scan et de placer côte à côte les images frontale et latérale obtenues et de les traiter en simultanée.

Ici, l'étude se porte sur les vertèbres lombaires (L1, L2, L3, L4 et L5). La première étape est de définir l'inclinaison sur la partie supérieure de la L1 et la partie inférieure de la L5 (traits rouges sur le scan de gauche de la Figure 1) et d'ensuite tracer l'orientation de la colonne le long des vertèbres lombaires. Une fois ceci effectué sur la vue de face, il faut faire la même chose sur la vue de côté pour ainsi pouvoir avoir la courbure de l'axe de la colonne vertébrale dans un plan à trois dimensions.

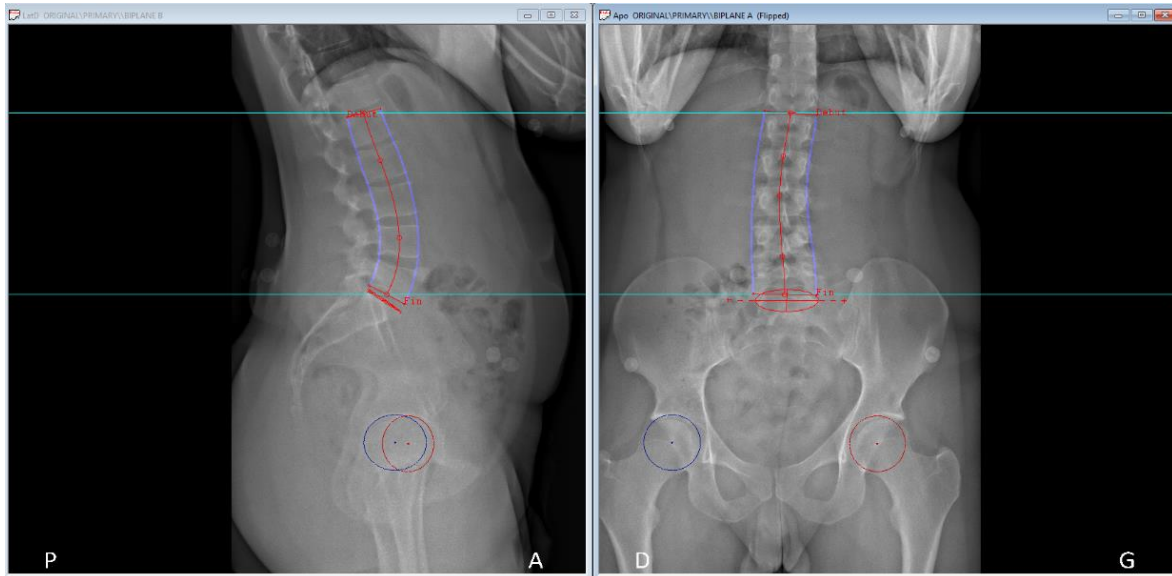


Figure 1. Repérage courbure axe vertèbres lombaires

Le logiciel propose ensuite un premier modèle de positionnement de la colonne vertébrale au niveau lombaire. Il faut alors, pour chaque vertèbre, repositionner manuellement chaque point important correctement pour obtenir une modélisation 3D la plus précise possible. Cela comprend entre autres les extrémités des corps vertébraux, la position des pédicules, des épineuses et des apophyses articulaires postérieures et antérieures. Ces modifications se font sur une vue et mettent automatiquement à jours le modèle de l'autre vue.

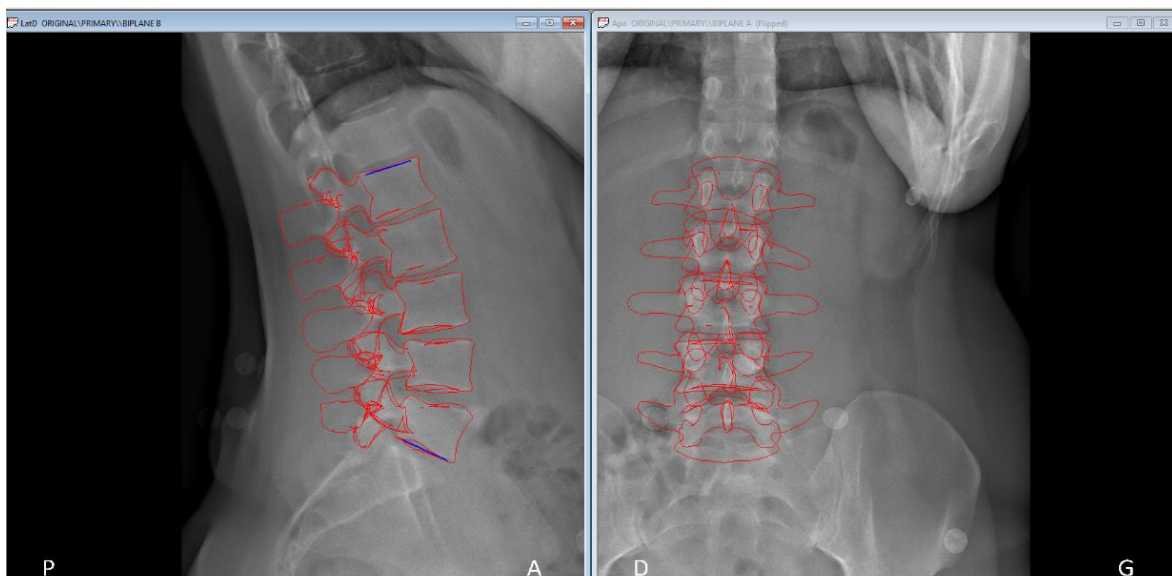


Figure 2. Identification des contours des vertèbres lombaires

Enfin, le logiciel IDFEX a alors tous les éléments nécessaires pour proposer une représentation 3D des vertèbres que nous souhaitons modéliser.

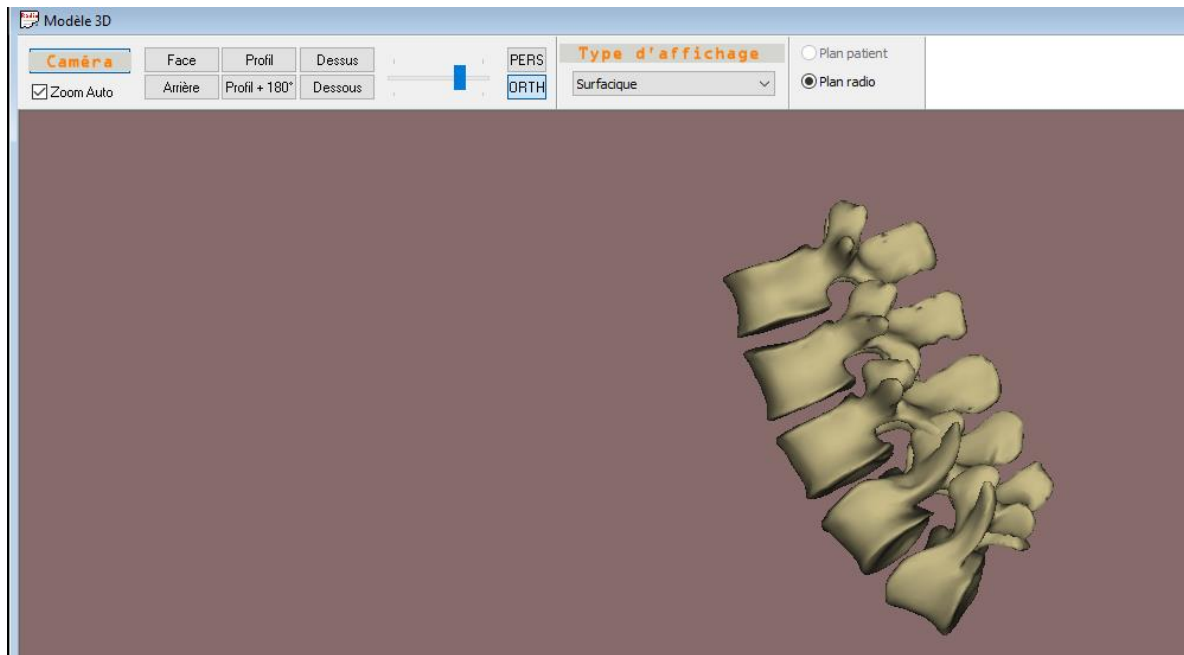


Figure 3. Modèle 3D numérique obtenu

## Traitement et analyse des données

### Réaffichage des vertèbres et mise en avant de certains éléments

L'ensemble des données collectées vont être maintenant manipulées avec le logiciel MATLAB. Des fichiers sous le format '.wrl', '.ddr' et '.ddc' sont disponibles pour chacune des vertèbres. N'ont été utilisés ici que les fichiers '.wrl' et '.ddr' pour respectivement afficher des modèles 3D des vertèbres et pour travailler sur les régions des vertèbres c'est-à-dire l'ensemble organisé des points du modèle.

Pour une meilleure visualisation et compréhension des données étudiées, un affichage avec couleur a d'abord été mis en place ce qui permet de mettre en avant la signification des variables et des objets étudiés tout en voyant leur position les uns par rapport aux autres et au sein de la colonne vertébrale. C'est le cas notamment pour les plateaux supérieurs et inférieurs de chaque vertèbre et les disques intervertébraux comme le montre les images ci-dessous.

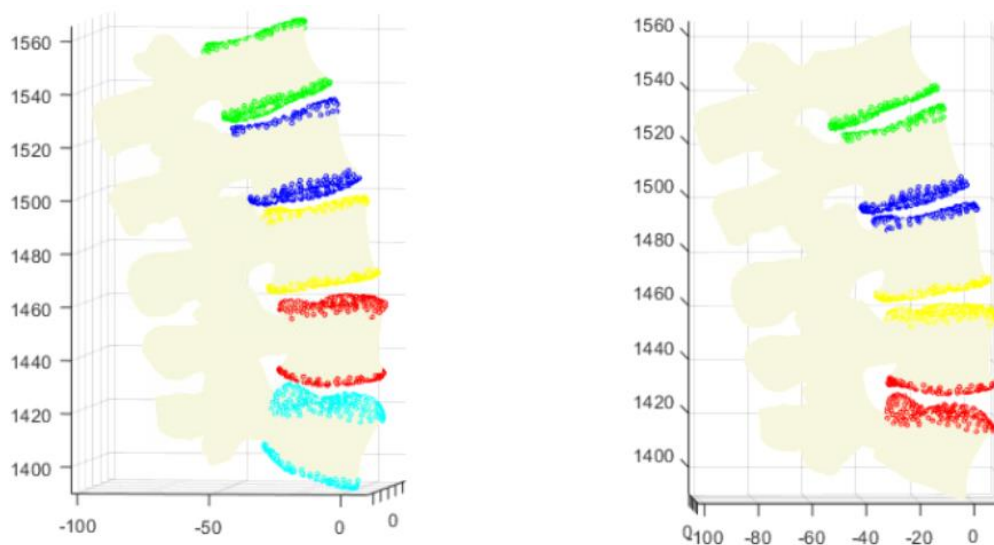


Figure 4. Plateaux vertébraux (gauche) et disques intervertébraux (droite)

## Hauteur des disques intervertébraux

Le calcul de la hauteur des disques intervertébraux se fait de façon automatique à l'aide de plusieurs boucles *'for'*. Dans cette partie du code contrairement aux autres, deux vertèbres sont étudiées simultanément puisque c'est l'ensemble des points du plateau inférieur d'une vertèbre et du plateau supérieur de la vertèbre suivante qui délimitent la hauteur des disques intervertébraux recherchée.

Ainsi tous les fichiers sont lus et traités deux à deux, avec d'abord pour chaque vertèbre, un affichage de tous les points présents sur les plateaux supérieurs et inférieurs (à l'exception du plateau supérieur de la vertèbre L1 et du plateau inférieur de la vertèbre L5 puisque, le système des cinq vertèbres étant isolé, ils ne sont pas reliés à d'autres plateaux).

Se fait ensuite le calcul de la distance entre tous les points d'un plateau avec la normale de ces points sur le plateau d'en face à l'aide de la fonction *'norm()'*. Les disques intervertébraux étant collés sur les parois des plateaux vertébraux, la hauteur des disques intervertébraux est ainsi calculée.

Les valeurs minimales, maximales et moyennes de ces hauteurs sont alors calculées en millimètres pour chaque disque et sont finalement présentées dans des tableaux tels que montrés sur la figure suivante où la colonne 1 représente le disque intervertébral entre les plateaux des vertèbres L1 et L2 ; la colonne 2 le disque intervertébral entre les plateaux des vertèbres L2 et L3 et ainsi de suite.

minimum = 1x4 cell

	1	2	3	4
1	6.5249	3.8416	9.1381	5.2375

maximum = 1x4 cell

	1	2	3	4
1	48.4538	50.4385	54.7484	55.3568

moyenne = 1x4 cell

	1	2	3	4
1	22.3690	22.6325	29.2303	24.1323

Figure 5. Capture d'écran tableaux des résultats de hauteurs minimales, maximales et moyennes obtenues

Se remarque alors un écart relativement important entre les valeurs maximales et minimales de ces hauteurs. Ces écarts peuvent s'expliquer par la forme creuse des plateaux en leur centre qui implique donc des distances plus importantes avec le centre du plateau d'en face lui-même creux ou par l'irrégularité de leur surface mais également dans le cas d'une déformation par l'inclinaison importante d'une vertèbre par rapport à la suivante. Cependant, lors d'une incurvation (flexion, extension ou inclinaison latérale) de la colonne vertébrale, les variations de hauteur des disques intervertébraux se font surtout sur les contours de ces disques en faisant des zones plus critiques.

Ainsi, la hauteur des disques intervertébraux le long des plateaux peut être moyennée, mais les valeurs minimales et maximales sont aussi intéressantes à étudier puisqu'elles peuvent donner des informations sur l'ampleur et la criticité d'une déformation ou d'une pathologie de la colonne vertébrale.

## Orientation des plateaux vertébraux

Les actions réalisées dans cette dernière partie pouvant être plus dures que les autres à interpréter ou visualiser, des parties de code aidant à la visualisation ont été mis en commentaires aux lignes **176**, **185**, **202** et **211**. Pour une meilleure compréhension encore, il est conseillé dans un premier temps de remplacer *'for nv = 1:5'* à la ligne **132** par *'for nv = 1:1'* *'nv'* étant, comme il est indiqué, le numéro de la vertèbre dont les fichiers sont à traiter. Cela permet de n'avoir l'affichage des aides que pour une vertèbre sans que tous les axes et points des autres vertèbres ne se superposent et gênent la visualisation.

Comme pour les autres parties, les fichiers sont d'abord lus et les points de leurs plateaux affichés. Ensuite, pour le calcul de l'orientation des plateaux vertébraux, l'hypothèse qu'elle est égale à l'orientation du plan moyen du plateau supérieur ou inférieur de cette vertèbre est faite. Ici, seuls les plateaux supérieurs seront étudiés. Un plan moyen est ainsi calculé pour les plateaux vertébraux supérieurs uniquement. Ils sont alors estimés à partir de maintenant comme étant des surfaces planes. L'affichage de ces plans se fait à l'aide de la fonction '*surf()*'. Ils sont tous représentés sur la figure suivante avec chacun des axes rouges et bleus dont l'utilité va être juste après expliquée plus en détails. Les vertèbres sont ici affichées différemment à l'aide de l'outil '*scatter3()*' et non de '*DisplayMesh()*' comme pour les autres parties afin que la visibilité des plans moyens et des axes d'étude soit plus grande.

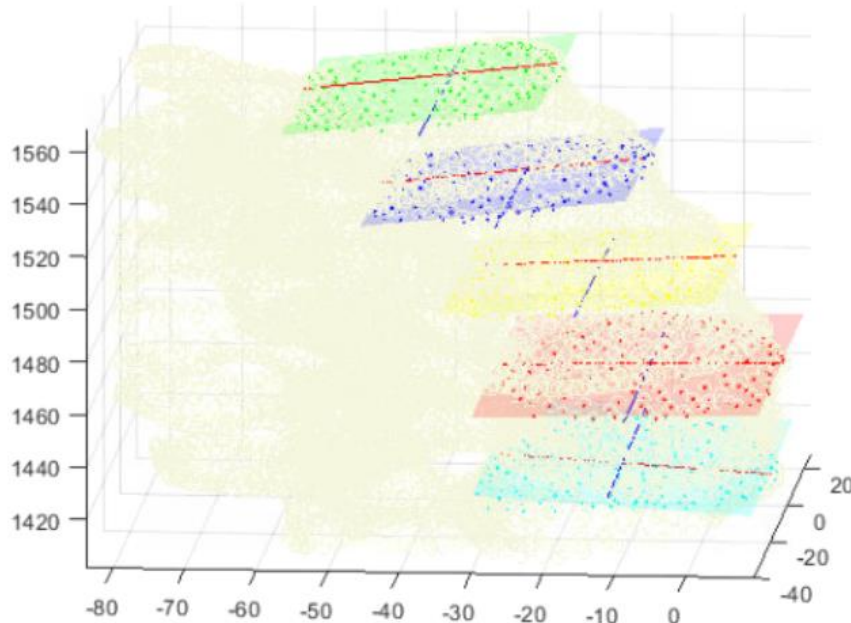


Figure 6. Plans moyens et axes d'étude de chaque vertèbre

L'étude de l'orientation des plateaux démarre en fonction de l'axe  $x$ . Pour se faire sont d'abord repérés deux points sur le bord du plan dont la valeur de  $x$  est la valeur maximale de  $x$  du plan. Le vecteur qui leur est associé est ensuite projeté sur le plan  $YZ$  comme il est montré sur la figure suivante. Sur cette figure est également présent un trait de construction correspondant à une droite dont l'équation se résume à ' $x = \text{constante}$ '. Ce trait permet ainsi de visualiser la valeur de l'angle obtenu autour l'axe  $x$  du référentiel terrestre.

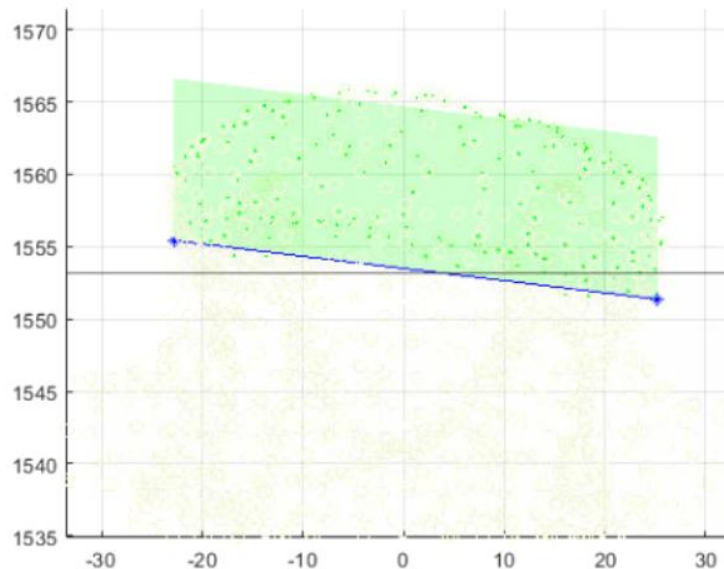


Figure 7. Visualisation plan moyen vertèbre 1 dans plan YZ



L'étude de l'orientation des plateaux se poursuit ensuite en fonction de l'axe y. Pour se faire la même méthode est utilisée avec deux points sur le bord du plan dont la valeur de y est la valeur maximale de y du plan. Le vecteur qui leur est associé est ensuite lui aussi projeté sur le plan XZ cette fois-ci comme il le montre la figure suivante. Sur cette figure un autre trait de construction est aussi présent et correspond cette fois à une droite dont l'équation se résume à ' $y = \text{constante}$ '. Ce trait permet lui aussi ainsi de visualiser la valeur de l'angle obtenu autour l'axe y du référentiel terrestre.

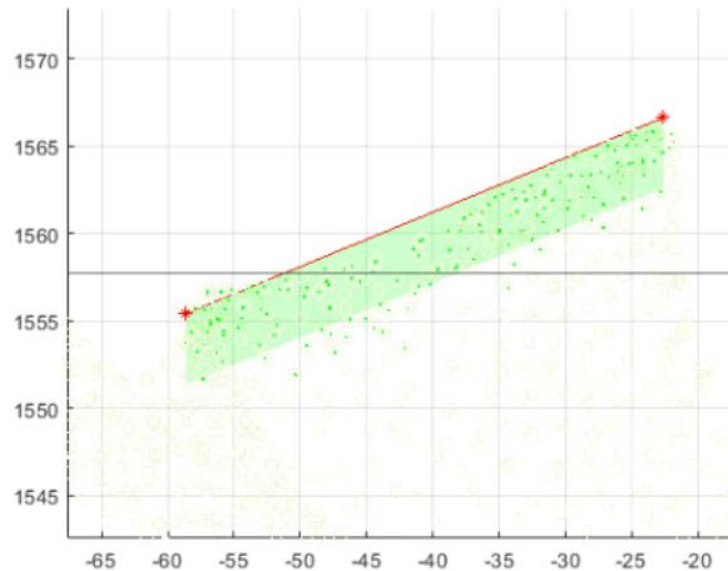


Figure 8. Visualisation plan moyen vertèbre 1 dans plan XZ

Les valeurs de ces angles sont obtenues à l'aide des fonctions ' $\text{acos}()$ ' (cosinus<sup>-1</sup>), ' $\text{norm}()$ ' (normale) et ' $\text{dot}()$ ' (produit vectoriel) et où sont utilisés les vecteurs  $[1 \ 0 \ 0]$  et  $[0 \ 1 \ 0]$  comme référentiels terrestres de respectivement x et y.

Les angles sont alors obtenus et sont affichés automatiquement dans un tableau comme sur la figure suivante

Angle\_x\_v = 1x5 cell

	1	2	3	4	5
1	4.8231	5.9070	3.2322	0.9267	3.0615

Angle\_y\_v = 1x5 cell

	1	2	3	4	5
1	17.2993	16.7376	8.2056	3.2895	8.6963

Figure 9. Capture d'écran tableaux des résultats d'angles selon x et y obtenus