



HAL
open science

Technologies d'aide au dépistage des pathologies du rachis avec une Kinect

Hugo Villi, Guillaume Thomann, Nicolas Pinsault

► **To cite this version:**

Hugo Villi, Guillaume Thomann, Nicolas Pinsault. Technologies d'aide au dépistage des pathologies du rachis avec une Kinect. Colloque Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs Technologies, Insertion, Handicap, Autonomie, Vieillesse (JCJC) 2021, Oct 2021, Paris, France. hal-03426740

HAL Id: hal-03426740

<https://hal.science/hal-03426740>

Submitted on 12 Nov 2021

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.

Technologies d'aide au dépistage des pathologies du rachis avec une Kinect

Hugo Villi¹, Guillaume Thomann¹ and Nicolas Pinsault²

¹Laboratoire G-SCOP

²Laboratoire TIMC, ThEMAS

hugo.villi@grenoble-inp.fr, guillaume.thomann@grenoble-inp.fr,
NPinsault@chu-grenoble.fr

Résumé

La scoliose est aujourd'hui l'une des pathologies du rachis la plus répandue. La détection précoce de celle-ci assure un impact réduit à l'âge adulte.

Le but de cette publication est de proposer un outil qui permette de suivre le rachis durant un mouvement, et plus particulièrement un test d'Adam, en utilisant une caméra de profondeur Kinect. Grâce au nuage de points issu de la caméra, il est possible d'appliquer un traitement de données permettant de détecter la ligne du rachis durant l'activité demandée au patient.

Cela permet de suivre le rachis durant un test d'Adam, et les informations mesurées ainsi pourraient être utilisées dans le cadre de campagnes de dépistage et de suivi.

1 Introduction

Les pathologies rachidiennes touchent une partie importante de la population. L'une des plus répandue est la scoliose idiopathique de l'adolescent (AIS). En fonction des méthodes de dépistages utilisées, la scoliose toucherait 0,47% à 5,2% de la population [1], avec une incidence de 3% en France. La scoliose est une déformation de la colonne vertébrale dans les trois plans (sagittal, frontal et transverse), avec notamment une rotation des vertèbres autour de leur axe de symétrie, entraînant avec elles le thorax et le tronc [2]. Ainsi, les patients atteints d'une scoliose peuvent présenter une gibbosité lorsqu'ils sont penchés en avant, c'est-à-dire qu'une partie de leur cage thoracique est plus élevée que l'autre. C'est le principe du test d'Adam (Figure 2a), qui demande au patient d'effectuer une flexion antérieure pour permettre à un professionnel de santé d'observer et de mesurer une gibbosité à l'aide d'un scoliomètre (Figure 2b). De manière simplifiée, la scoliose peut être considérée comme une déviation latérale de la colonne vertébrale. Elle est mesurée grâce à une radiographie effectuée dans le plan frontal et est quantifiée à l'aide de l'angle de Cobb [3]. Cet angle est celui créé par une ligne passant par le plateau supérieur de la vertèbre la plus inclinée au-dessus du point d'inflexion de la courbure de la colonne et par une ligne passant par le plateau inférieur la vertèbre la plus inclinée sous

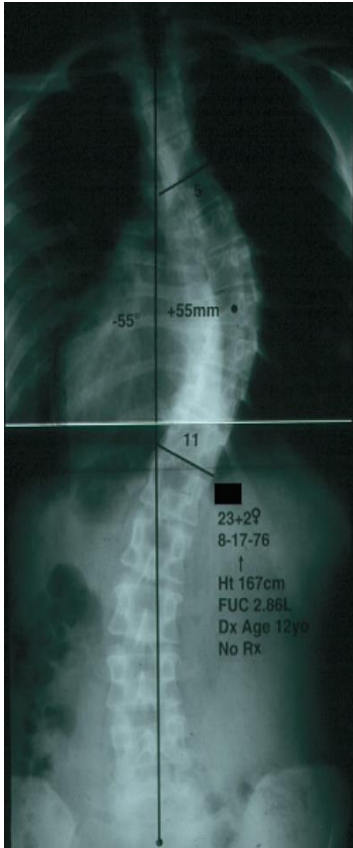


Figure 1: Radiographie dans le plan coronal d'une femme avec une scoliose thoracique présentant un angle de Cobb de 55°.

le point d'inflexion [4]. La Figure 1 illustre cette déviation et montre les lignes utilisées pour mesurer l'angle de Cobb (visibles sur les deux vertèbres les plus inclinées). Même si cette mesure présente des limitations [4], elle est aujourd'hui considérée comme la référence pour établir un diagnostic et effectuer le suivi de l'AIS [5]. La scoliose peut avoir plusieurs impacts sur la santé, comme des restrictions ventilatoires, des douleurs rachidiennes plus fréquentes [3], ou une altération de l'image de soi, qui est amplifiée en cas de port d'un corset [5].

La détection précoce de la scoliose est un sujet de santé publique, car une prise en charge au plus tôt permet de diminuer l'angle de Cobb à maturité squelettique [5], [6]. Un des moyens d'obtenir cette détection précoce est la mise en place de stratégies de dépistage de masse. En fonction des méthodes de dépistages utilisées, il est possible d'atteindre des sensibilités et des spécificités élevées. Ainsi une méthodologie combinant un test d'Adam, l'utilisation d'un scoliomètre et la topographie de Moiré (technique mettant en évidence la topologie du dos) atteint une sensibilité et une spécificité de respectivement 93,8% et 99,2% [7]. Ce type d'outil mesure des paramètres de surface et même s'il a été démontré qu'ils sont faiblement corrélés avec l'angle de Cobb, il a été noté que les déformations de surfaces sont plus prononcées quand l'angle de Cobb est plus élevé [4].

Les méthodes de dépistage et de diagnostic proposées dans de précédentes publications se sont concentrées sur des informations statiques, que ce soit les méthodes évoquées plus haut ou le Gold Standard actuel, la radiographie. L'hypothèse formulée dans cette publication est que le mouvement pourrait contenir une certaine quantité d'information sur une potentielle pathologie rachidienne. Ainsi il pourrait être intéressant de déterminer à partir de quelle inclinaison du tronc apparait la gibbosité, de suivre l'évolution des lordoses et des cyphoses, ou encore d'évaluer la

qualité du mouvement sur la totalité d'un test d'Adam. La colonne vertébrale et certains repères anatomiques peuvent donner une certaine quantité d'informations sur une potentielle pathologie rachidienne [4], et c'est donc ceux-ci qui sont suivis pendant la durée d'un test d'Adam, avec pour l'instant une concentration sur la ligne de la colonne vertébrale dans les trois plans.

La précédente revue de littérature nous permet de définir notre problématique technologique : définir et qualifier un outil pour détecter et mesurer la position de la colonne vertébrale avec une caméra de profondeur, et ceci de manière dynamique. Les verrous scientifiques concernent les méthodes de mise en place d'un tel outil et les capacités de manipulation sur le terrain sur un large public pour une détection précoce.

L'exploitation principale des capacités de détection a pour but le dépistage de pathologies du rachis, avec l'objectif d'automatiser la procédure jusqu'au diagnostic médical. Automatiser une partie des

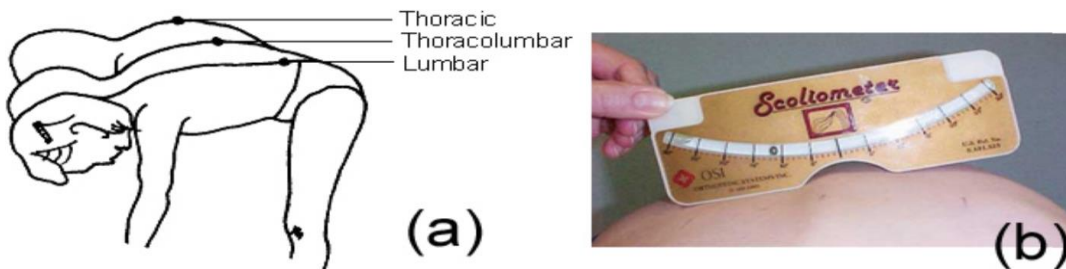


Figure 2: Test de flexion antérieure, ou test d'Adam (a) et le scoliomètre utilisé pour quantifier la gibbosité (b)

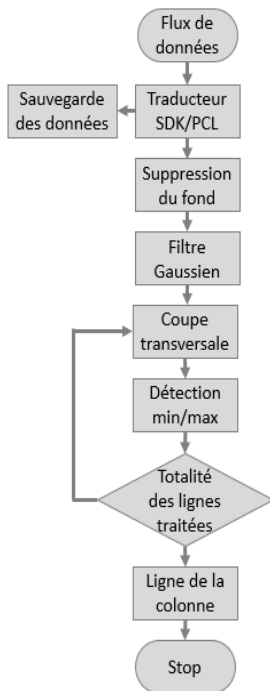


Figure 3 : Flux de traitement des données pour l'obtention de la ligne de la colonne vertébrale

humain [8]–[11].

Concernant les caractéristiques techniques, la Kinect possède une résolution RGB de 1920x1080, et le capteur de profondeur 512x424 pixels. Cela représente une résolution de quelques millimètres à 80 cm de distance entre la caméra et le sujet. Pour assurer une bonne qualité de mesure, il n'est pas nécessaire de calibrer la caméra, mais limiter la lumière du jour permet de limiter la quantité d'infrarouge qui viendrait bruite la mesure.

2.2 Mesures

Les mesures ont été effectuées sur un sujet sain, la Kinect située à 0,8 mètres du sujet. La caméra a été placée à une hauteur supérieure à la taille du sujet, avec une inclinaison de 45° par rapport au sol. L'objectif est de pouvoir capturer toute la surface du dos durant un test d'Adam. Le test d'Adam débute par une simple inspection du dos d'un patient debout. L'objectif est d'évaluer visuellement des asymétries. Il est ensuite demandé au patient de se pencher en avant, les jambes tendues, les bras relâchés. Durant la descente, des signes de gibbosité sont recherchés, ce qui indiquerait une rotation de la cage thoracique, due à la composante rotationnelle de la scoliose.

La mesure consiste donc à placer le patient dos à la caméra, centré dans son champ de vision, et de lui demander de rester debout statique quelque secondes avant de se pencher. La mesure se termine lorsque le patient est de retour à une posture debout statique.

Pour enregistrer les données, La Kinect V2 se branche sur secteur pour son alimentation et se connecte en USB 3.0 à un ordinateur. Le flux de données représentant le nuage de points est enregistré sur l'ordinateur pour pouvoir y appliquer les traitements nécessaires à la détection du rachis.

méthodes de dépistages pourrait représenter un gain de temps et une bonne répétabilité, en proposant une sensibilité et une spécificité égale ou supérieure aux campagnes les plus complètes [5]. L'automatisation de toute ou une partie de la procédure de détection permettrait aussi à un public plus large de mener ces campagnes, ce qui, couplé à un gain temporel, augmenterait le nombre d'enfants dépistés et diminuerait potentiellement l'âge de prise en charge.

2 Méthodes

2.1 Matériel

La problématique consiste donc à identifier et qualifier un outil de détection des pathologies du rachis, dans un contexte de dépistage précoce. L'outil utilisé pour répondre à cette problématique est une caméra de profondeur. Ce type de caméra a été choisi car il permet de récupérer des informations en 3 dimensions et en temps réel, sous la forme d'un nuage de points, sans équiper le patient au préalable. Ce choix s'est fait en se basant sur les travaux précédents et sur les avantages que cette technologie procure. En effet, l'utilisation de ce type de caméra s'est aujourd'hui répandue et l'accès à cette technologie est aisé, tant au niveau financier que technique, en plus d'être facilement transportable. Basée sur la lumière infrarouge, elle n'est pas intrusive et ne présente aucun risque pour la santé. L'une des caméras de profondeur la plus commune est le capteur Kinect de Microsoft®. Celui-ci a fait l'objet de nombreuses applications, notamment comme outil pour analyser l'anatomie de surface du corps

Pour cela, une solution a été codée en C++ avec l'aide du Software Development Kit Windows et de code disponible en ligne*. Celui-ci permet de faire la traduction entre les informations de la Kinect et le format PCL (pour Point Cloud Library) [12]. Cette librairie propose de nombreuses fonctionnalités pour traiter et manipuler des nuages de points. Ainsi, le format de sortie de ce programme d'acquisition se présente sous la forme d'un tableau de 512x424 éléments, soit un total de 217088 « pixels », chacun contenant ses coordonnées X, Y, Z en mètre, avec l'origine situé au niveau de la caméra. Ces données sont enregistrées à une fréquence d'environ 10 IPS.

2.3 Détection de la ligne du rachis

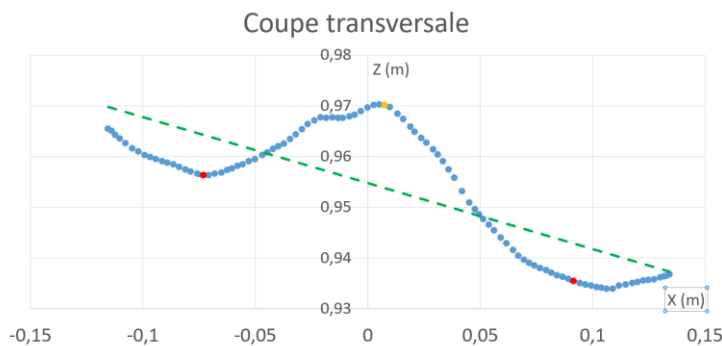


Figure 4 : Exemple de traitement d'une coupe transversale. Les pointillés correspondent à la régression linéaire. Les points rouges correspondent aux deux minimums, le point orange correspond au maximum qui est considéré comme faisant partie de la ligne de la colonne.

diminution du bruit, une perte d'information minimale et un temps de traitement réduit, il a été retenu.

Une fois lissé, une méthode similaire à celle présentée dans les publications de Xu et al. [11] et de Bonnet et al. [10] a été mise en place. Pour cette partie de l'algorithme, il est assumé que la personne filmée se tient au milieu du champ de vision de la caméra. Une coupe transversale est effectuée, une « tranche horizontale » de dos est extraite, et des minimums sont recherchés de chaque côté du plan sagittal. Cela représente les tissus mous de chaque côté de la colonne. Ensuite un maximum est recherché entre ces deux minimums. Il est considéré que ce maximum correspond à la position de la ligne du dos pour cette tranche. Une coupe et son traitement est visible dans la Figure 4.

Dans les données utilisées, il a été observé que la surface du dos n'est pas parfaitement parallèle au référentiel dans lequel sont exprimés les points du nuage. Une régression linéaire a donc été proposée pour chaque tranche, afin d'utiliser la distance du point jusqu'à la droite et non plus juste les coordonnées du point dans le référentiel général. Cela permet de compenser les défauts d'orientation. La démarche logicielle est résumée dans la Figure 3.

3 Résultat

La Figure 5 montre les résultats obtenus pour un sujet sain durant un test d'Adam. Les points verts mettent en valeur la ligne du rachis. A ces points sont associés un angle, représentant l'orientation de la coupe transversale du dos par rapport au référentiel de la Kinect. L'algorithme proposé permet bien de suivre la ligne du rachis durant le test, montrant l'évolution de la courbure dans les 3 dimensions.

* « Drawing Point Cloud retrieve from Kinect v2 using Point Cloud Library – part.1 without Grabber – Summary?Blog ». http://unanancyowen.com/en/pcl_kinectv2_without_grabber/ (consulté le juill. 14, 2021).

Une fois les images récupérées et stockées, un volume d'intérêt est extrait. Celui-ci permet de ne conserver que le dos, permettant le passage de 217088 points pour une image à environ 70000 points.

Cette extraction permet de nettement diminuer le temps de calcul. Plusieurs filtres ont été testés, et ont été évalués en fonction de la forme du nuage de points obtenu et de temps de calcul nécessaire. Le filtre Gaussien présentant une bonne

4 Discussion

La démarche informatique proposé ici ne nécessite qu'une seule prise de mesure avec un point de vue fixe, et sans l'utilisation de logiciel complémentaire pour traiter les données récupérées. Cela présente sans aucun doute un avantage considérable par rapport aux publications précédentes [10], [11] dans le cadre d'une implémentation d'une campagne de dépistage par exemple. Idéalement, le code sera suffisamment optimisé et rapide pour que la détection de la colonne s'exécute en temps réel.

La régression linéaire, initialement développée pour pallier au défauts d'orientations du patient par rapport à la caméra, renseigne aussi sur l'orientation du tronc. Ainsi, si l'angle de la droite de la régression linéaire évolue dans le référentiel de la Kinect au fur et à mesure des coupes transversales, ou si on place un référentiel au niveau du sacrum du patient, cette régression linéaire pourrait être utilisé comme d'un scoliomètre, et quantifierai la rotation du tronc.

5 Conclusion et perspectives

Le présent travail de recherche a permis dans un premier temps de réaliser un état des lieux des outils utilisés pour la détection de pathologies du rachis, notamment la scoliose. Dans un second temps, il est proposé d'utiliser et de configurer une caméra de profondeur de type Kinect pour permettre la détection de la courbe représentant la colonne vertébrale en 3 dimensions et en dynamique. Les premières expérimentations sont concluantes et nous permettent actuellement d'isoler la ligne du rachis d'un patient sain durant un test d'Adam.

L'étape suivante consiste à déterminer les paramètres significatifs permettant d'alerter sur une éventuelle pathologie du rachis (scoliose en ce qui concerne la présente recherche), et cela avec une sensibilité et une spécificité élevée. Pour cela il faudra évaluer la solution sur la population la plus large possible, afin d'améliorer progressivement la technologie et le logiciel associé, proposer une métrologie et construire une base de données.

Il serait aussi intéressant de pouvoir détecter d'autres repères anatomiques que la colonne vertébrale, afin de récupérer plus d'informations de surface et donc idéalement pouvoir effectuer un dépistage plus précis des pathologies du rachis.

Il a été démontré dans des publications précédentes que cette méthode présentait une bonne précision [10], [11]. Pour évaluer complètement l'algorithme proposé, il faudrait le confronter à une plus grande population, de sujet avec et sans pathologies du rachis. Idéalement, il faudrait comparer les résultats obtenus avec un clinicien expérimenté qui marquerait la ligne du rachis, ou avec le Gold Standard actuel, la radiographie. Pour cela, il faudrait calculer l'angle de Cobb avec les courbes récupérés par la Kinect, afin de le comparer aux informations issues de la radiographie. Pour aller encore plus loin, une reconstruction de la colonne pourrait être effectuée, de manière similaire à la publication

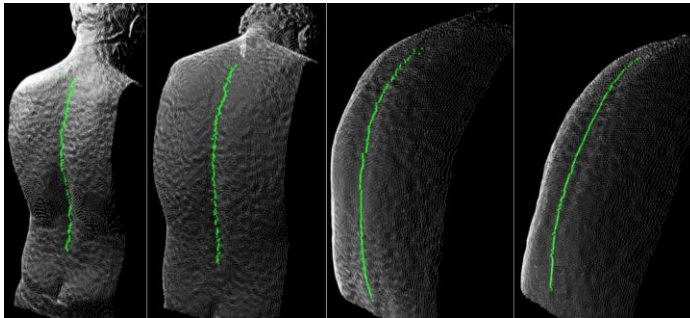


Figure 5 : Suivi de la ligne du rachis durant un test d'Adam

de Xu et al. [11] et pourrait être comparée aux résultats issus d'une machine de radiographie EOS [13].

D'autres applications ont été évoquées, et notamment l'utilisation possible dans la rééducation des patients. En effet, les patients atteints de pathologies du rachis ont parfois une représentation biaisée de leur dos, car il est difficile d'avoir un retour visuel sur les mouvements

effectués. Une solution serait donc de leur proposer en temps réel un feedback sur la ligne de leur colonne vertébrale, ce qui leur permettrait de mieux réaliser les exercices de rééducation donnés par le clinicien, avec une ligne « idéale » à atteindre, à laquelle ils devraient superposer leur colonne vertébrale.

Bibliographie

- [1] M. R. Konieczny, H. Senyurt, et R. Krauspe, « Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis », *J. Child. Orthop.*, vol. 7, n° 1, p. 3-9, févr. 2013, doi: 10.1007/s11832-012-0457-4.
- [2] I. A. F. Stokes, « Three-Dimensional Terminology of Spinal Deformity: A Report Presented to the Scoliosis Research Society by The Scoliosis Research Society Working Group on 3-D Terminology of Spinal Deformity », *Spine*, vol. 19, n° Supplement, p. 236-248, janv. 1994, doi: 10.1097/00007632-199401001-00020.
- [3] M. A. Asher et D. C. Burton, « Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects », *Scoliosis*, vol. 1, n° 1, p. 2, déc. 2006, doi: 10.1186/1748-7161-1-2.
- [4] P. Patias, T. B. Grivas, A. Kaspiris, C. Aggouris, et E. Drakoutos, « A review of the trunk surface metrics used as Scoliosis and other deformities evaluation indices », *Scoliosis*, vol. 5, n° 1, p. 12, déc. 2010, doi: 10.1186/1748-7161-5-12.
- [5] J. Dunn, N. B. Henrikson, C. C. Morrison, P. R. Blasi, M. Nguyen, et J. S. Lin, « Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force », *JAMA*, vol. 319, n° 2, p. 173, janv. 2018, doi: 10.1001/jama.2017.11669.
- [6] T. Kotwicki, J. Chowanska, E. Kinel, D. Czaprowski, P. Janusz, et M. Tomaszewski, « Optimal management of idiopathic scoliosis in adolescence », *Adolesc. Health Med. Ther.*, p. 59, juill. 2013, doi: 10.2147/AHMT.S32088.
- [7] D. Y. T. Fong *et al.*, « A population-based cohort study of 394,401 children followed for 10 years exhibits sustained effectiveness of scoliosis screening », *Spine J.*, vol. 15, n° 5, p. 825-833, mai 2015, doi: 10.1016/j.spinee.2015.01.019.
- [8] K.-R. Ko, J. W. Lee, S.-H. Chae, et S. B. Pan, « Study on Determining Scoliosis Using Depth Image », p. 6.
- [9] T. Kokabu *et al.*, « Three-dimensional depth sensor imaging to identify adolescent idiopathic scoliosis: a prospective multicenter cohort study », *Sci. Rep.*, vol. 9, n° 1, p. 9678, déc. 2019, doi: 10.1038/s41598-019-46246-0.
- [10] V. Bonnet *et al.*, « Automatic estimate of back anatomical landmarks and 3D spine curve from a Kinect sensor », in *2016 6th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob)*, Singapore, Singapore, juin 2016, p. 924-929. doi: 10.1109/BIROB.2016.7523746.
- [11] Z. Xu *et al.*, « Back Shape Measurement and Three-Dimensional Reconstruction of Spinal Shape Using One Kinect Sensor », in *2020 IEEE 17th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*, Iowa City, IA, USA, avr. 2020, p. 1-5. doi: 10.1109/ISBI45749.2020.9098481.
- [12] R. B. Rusu et S. Cousins, « 3D is here: Point Cloud Library (PCL) », in *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Shanghai, China, mai 2011, p. 1-4. doi: 10.1109/ICRA.2011.5980567.
- [13] M. Wybier et P. Bossard, « Musculoskeletal imaging in progress: The EOS imaging system », *Joint Bone Spine*, vol. 80, n° 3, p. 238-243, mai 2013, doi: 10.1016/j.jbspin.2012.09.018.