

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

### Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

D.beboucha wahib université mostaganem/[wahib.beboucha@univ-mosta.dz](mailto:wahib.beboucha@univ-mosta.dz)

D.belkadi adel université mostaganem/[adel.belkadi@univ-mosta.dz](mailto:adel.belkadi@univ-mosta.dz)

#### Abstract:

L'objectif de cette étude est de développer un système d'évaluation automatique, d'adopter un modèle mathématique de complexité minimale et de disposer de lois de contrôle d'évaluation pour garantir l'attribution d'un score précis du FMS. Une caméra est utilisée pour capturer les angles de l'image et du corps, respectivement. En outre, l'un des chercheurs a chargé manuellement l'image enregistrée dans le logiciel de calcul mathématique MATLAB. Les résultats ont montré une corrélation positive modérée à élever entre les scores du premier test FMS Deep Squat ( $p < 0,05$ ). Par rapport aux trois scores différents, il existait des différences significatives entre l'angle de la hanche et de la cheville, l'angle de la hanche et le genou de la haie fendue et la haie à angle de pas ( $p < 0,05$ ). En conclusion, l'avantage du système d'évaluation automatique et de l'attribution d'un score précis appliqué au système FMS est la reconnaissance automatique des images et l'étiquetage, le suivi rapide et précis de l'angle, des données. Matériel exporté et peu coûteux. Le système d'évaluation automatique et l'attribution d'un score FMS peuvent aider l'entraîneur et les experts en physiothérapie à évaluer le déficit bilatéral du membre, du torse ou asymétrique dans divers sports.

**Keywords:** Fuctional mouvement screen, blessure système d'évaluation automatique

#### ملخص:

إن الهدف من هذه الدراسة هو تطوير نظام تقييم آلي واعتماد نموذج رياضي بأقل قدر من التعقيد ، وأن يكون لديك قوانين مراقبة التقييم لضمان إسناد درجة دقيقة لـ FMS. تُستخدم الكاميرا لالتقاط زوايا الصورة والجسم ، على التوالي. بالإضافة إلى ذلك ، قام أحد الباحثين بتحميل الصورة المسجلة يدويًا في برنامج الحساب الرياضي MATLAB. أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية متوسطة إلى عالية بين درجات اختبار FMS Deep Squat الأول ( $p < 0,05$ ) بالمقارنة مع الدرجات الثلاثة المختلفة ، كانت هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين زاوية الورك والكاحل، وزاوية الورك والركبة للتحوط المنفصل وتحوط زاوية الخطوة ( $p < 0,05$ ) في الختام ، تتمثل ميزة نظام التقييم التلقائي والتخصيص الدقيق للنتيجة المطبقة على نظام FMS في التعرف التلقائي على الصور ووضع العلامات عليها والتتبع السريع والدقيق للزاوية والبيانات. المواد المصدرة وغير مكلفة. يمكن أن يساعد نظام التقييم التلقائي وتخصيص درجة FMS المدرب وخبراء العلاج الطبيعي على تقييم عجز الأطراف الثنائية أو الجذع أو غير المتماثل في الرياضات المختلفة الكلمات المفتاحية: شاشة الحركة الوظيفية، الإصابة، نظام التقييم الآلي

## Introduction

La plupart des blessures sportives qui affectent un individu peuvent être dues à manque de préparation physique, exercices d'haute intensité qui ne correspondent pas à la capacité musculaire de l'individu ; manque de confort physique et peut-être ; faux mouvements. ...et toutes ces raisons Conduisent à des blessures sportives. Mais le point de vue de (Gray cook) peut-être diffère et il a dit que la majorité des blessures sportives surviennent parce qu'elles sont imprévisibles avant qu'elles ne surviennent. (Gray Cook et al 2006) puis il a inventé un test appelé écran de mouvement fonctionnel (FMS) un test pour prédiction et minimisé des blessures. Le (FMS) un système de notation qui évalue les schémas de mouvement et identifie les limitations de mouvement, les faiblesses musculaires, les asymétries et l'instabilité, Le (FMS) comprend sept tests de mouvements fondamentaux qui nécessitent force, mobilité et stabilité. Ces tests placent l'individu dans des positions fonctionnelles quotidiennes où des faiblesses et des déséquilibres peuvent devenir perceptibles. Cela surprend de nombreux patients, même des sportifs d'élite, lorsqu'ils sont incapables d'effectuer ces mouvements simples avec une bonne force et un bon contrôle. Le test FMS génère un score utilisé pour mettre en évidence et cibler les problèmes. Ce système de notation indique ensuite les exercices correctifs les plus efficaces pour rétablir les mouvements normaux. Ce test est idéal pour tout le monde, car en identifiant les faiblesses, nous pouvons ensuite mettre en évidence les points à améliorer. Nous pouvons surveiller votre score FMS pour suivre vos progrès et identifier les stratégies correctives qui seront les plus efficaces pour renforcer votre force et vous permettre de continuer à être à votre meilleur niveau. (Cook et al., 2006). (Gray cook) a répondu aux questions « qui peut utiliser ce test ?? » Et il a dit : les athlètes qui souhaitent améliorer leurs performances fonctionnelles et réduire les risques de blessures.

clients ou patients désirant augmenter leur capacité physique

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

clients ou patients en sortie de traitement qui souhaitent reprendre leur sport ou activité

-Équipes sportives voulant améliorer la performance fonctionnelle de l'athlète et réduire le risque de blessures et de récidives.

-Toute personne cherchant à améliorer ses capacités de mouvement dans la vie quotidienne ou l'activité.

Plusieurs études dans différents pays du monde prouvent l'efficacité de ce test dans la prévision de l'incidence des blessures sportives et parmi ces études :

-Etude de Frédérick cause mémoire de l'ifmk d'Alsace – 2015 -institut de formation masso-kinesithérapie sous le titre : le functional movement screen : un outil fiable dans la prédiction d'un risque de blessures ?

Le résultat était :

-Le (FMS) est un système d'évaluation qui semble être fiable en inter examinateur et intra-examinateur que ce soit pour le score total ou pour les scores individuels et sa valeur prédictive concernant un risque de blessure est également bonne.

-Ce test (FMS) dépend de la précision et de l'expérience et la connaissance en anatomie et en biomécaniques et une grande vision aussi avec une observation visuelle à l'aide de critères standardisés et le (FMS) a été créé pour une observation en Temps réel étant donné que son évaluation prend en moyenne 15 à 20 minutes par participant pour chaque mouvement et prend beaucoup de temps, surtout avec un grand échantillon et avec des gens qui ont un manque d'expérience. (Gray cook ; Burton, Hoogenboom et Voight, 2014).

### Problématique :

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, afin de minimiser les blessures sportives avant qu'ils ne se produisent. Il existe plusieurs tests prédictifs de blessures sportives, parmi lesquels nous avons choisi le functional movement screen (FMS) le plus commun aux États-Unis-Canada- et le plus efficace pour tous les sports et tous les athlètes sportifs

et non sportifs, une problématique pertinente et difficile pour de nombreuses personnes d'évaluer les sept situations de functional movement screen (FMS) ainsi de faire un mauvais diagnostic des résultats par un observateur ou bien un évaluateur. La personne qui évalue les sept tests functional movement screen doit posséder une grande expérience et connaissances en anatomie et en biomécanique. Une autre difficulté de gestion de temps de traitement et d'analyse est cruciale dans la Prise de bonne décision par l'évaluateur et observateur de test.

Plusieurs études réalisées dans ce domaine révèlent un grand intérêt des chercheurs et physiothérapeutes et préparateur physique professionnel des grands clubs (Cook, Burton, &Hoogenboom) physiothérapeutes, ont mis au point le FMS pour Accroître l'objectivité et la collaboration entre les praticiens de la santé, les entraîneurs en conditionnement physique et en musculation, ainsi que l'entraînement sportif.

Depuis quelques années, quelques chercheurs se sont penchés sur la prédiction des risques des blessures dans les sports d'équipe et individuelle (Cook, Burton, &Hoogenboom, 2006 b ; Cook et al., 2006 à ; Dorel, Long, Shaffer, &Myer, 2015 ; Chorba, Chorba, Bouillon, Overmyer, &Landis, 2010 ; Kiesel, Rhodes, Mueller, Waninger, & Butler, 2017 ; Gnacinski, Cornell, Meyer, Arvinen-Barrow, & Earl-Boehm, 2016 ; Letafatkar, Hadadnezhad, Shojaedin, &Mohammadi, 2014 ; Moran, Schneiders, Mason, & Sullivan, 2017)

Une approche en particulier nous a intéressés, soit celle de (Cook et al, 2006 à, 2006 b). Ces chercheurs ont développé un test de prédiction des risques des blessures individuelles dans les sports d'équipe et individuel. Ce test de mesure functional movement screen (FMS) nous apparaissait intéressant par son concept simple et ses résultats situés sur un score de performance réaliser et qu'il était possible de pondérer en fonction d'une importance plus ou moins.

En conséquence, de nombreux tests de prédiction des blessures ont été développé pour évaluer non seulement les mouvements de locomoteur, de manipulation et de stabilisation de base en plaçant un individu dans

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

des positions extrêmes mais aussi d'évaluer les faiblesses et les déséquilibres qui deviennent perceptibles si la mobilité et le contrôle moteur appropriés ne sont pas utilisés. Une fois ces déficiences identifiées par le biais du FMS, un programme d'exercices correctifs est ensuite mis au point dans le but de prévenir les blessures musculosquelettiques (Cook et al. 2014) mais nul n'a utilisé un programme informatique typique dans la réalisation de (FMS) test pour le traitement et l'analyse des données sous forme une application facile a manipulé par les différents acteurs de domaine de prédiction des blessures et réhabilitations fonctionnelles Ainsi, les deux étudiants chercheurs ont décidé d'étudier ce problème à travers la conception d'un outil informatique de traitement et d'analyse de donnes du test FMS.

À ce titre la principale question de la présente recherche se résume en ce qui suit :

Comment un programme informatique peut-il traiter, analyser et interpréter les résultats des données de test Functional mouvement screen (FMS) en vue d'évaluer les risques des blessures chez les sportifs et non sportif ?

### **Hypothèses de Recherche :**

La conception d'un programme informatique facilitera la tâche à l'analyse et interprétation des résultats de tests Functional mouvement screen (FMS).

Objectif général :

-L'objective général de cette recherche et de concevoir une application facile à utiliser dans des situations de travail à l'aide d'intégration des nouvelles technologies.

Objectifs spécifiques :

Concevoir un prototype d'évaluation automatique afin d'évaluer le premier test (Deep Squat).

### **Méthodologie de la recherche :**

La méthode de recherche suivie dans cette étude est la méthode expérimentale. Cette méthode est l'une des meilleures méthodes de recherches scientifique qui représente un moyen très fiable de répondre aux problématiques.

Ainsi elle correspond le mieux à la nature de cette recherche qui nécessite une intervention d'une conception d'un programme informatique qui a pour but d'évaluer une situation des mouvements de (FMS) le deep squat (Frost, Beach, Callaghan, & McGill, 2012) afin de prédire les risques de blessures.

2-Domain de la recherche :

Notre travail initial correspond à l'intégration des nouvelles technologies en sport et spécialement dans le domaine d'évaluation des athlètes à l'aide des programmes informatiques.

3- Les outils, les moyens utilisés dans cette recherche :

3.1- Les moyens utilisés pour la collecte des informations :

Etudes similaires

Le Functional movement screen Test (Li, Wang, Chen, & Dai, 2015)

4- Les outils et les appareils utilisés :

Pc portable model (HP. I3)

Des logiciels de programmation (langage : Matlab version).

Un écran d'affichage blanc (120/120cm)

Caméra vidéo Nikon 3020.

Logiciel MATLAB v.14

5- Procédure de la conception de l'application :

5.1- L'interface de l'application :

5.2- Prototypage et évaluation

Chaque cycle, la première phase de l'UCD est la conception d'un prototype. Ce travail peut reprendre les prototypes définis dans les précédentes itérations –on parle alors de raffinement. La phase de prototypage se décompose en 3 étapes intermédiaires : l'analyse et la spécification des besoins utilisateurs, la conception et l'implémentation de la solution et enfin l'évaluation de l'interface produite. Nous décrivons, dans cette section, un ensemble de méthodes couramment

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

employées pour réaliser ces trois objectifs. Cette présentation n'est pas exhaustive, elle illustre les techniques les plus employées dans le domaine de l'Ambiant. Le lecteur pourra se référer à (Kolski, 1995) pour une présentation plus détaillée de ces techniques.

6-Protocol de Programmation avec MATLAB :

Afin de bien examiner les mouvements du candidat et dans le but de ne pas le sanctionner, l'idée est de créer une application qui permet de bien noter le candidat à partir de quelques clichés prises selon différents formats (face et profil) et cela sans la présence de plusieurs membres de Jury.

L'application, créée en utilisant le logiciel Matlab, considère l'image acquise comme étant un tableau de plusieurs lignes et colonnes.

L'intersection de chaque ligne et colonne forme un pixel. Ainsi, l'analyse se fait uniquement sur les différents pixels clés.

Toutefois, pour simplifier la tâche au programmeur la couleur noire couvre les parties essentielles tels que les bous de la barre, les pieds, le côté profil du torse et du tibia,

L'application inclus des commandes du logiciel Matlab, quelques outils mathématiques et de traitement d'image et aussi.

L'application réalisée prend en considération les effets indésirables, comme par exemple la qualité de l'appareil photo, la numérisation de l'image, dans ce sens une certaine tolérance est permise.

Une première expérience a été réalisée sur des prototypes du mouvement du deep squat. La figure 01, montre que si les pieds sont posé par terre (coté profil), la barre est parallèle au sol (côté face) et le torse est parallèle au tibia (coté profil) le score de 3 est attribué au candidat.

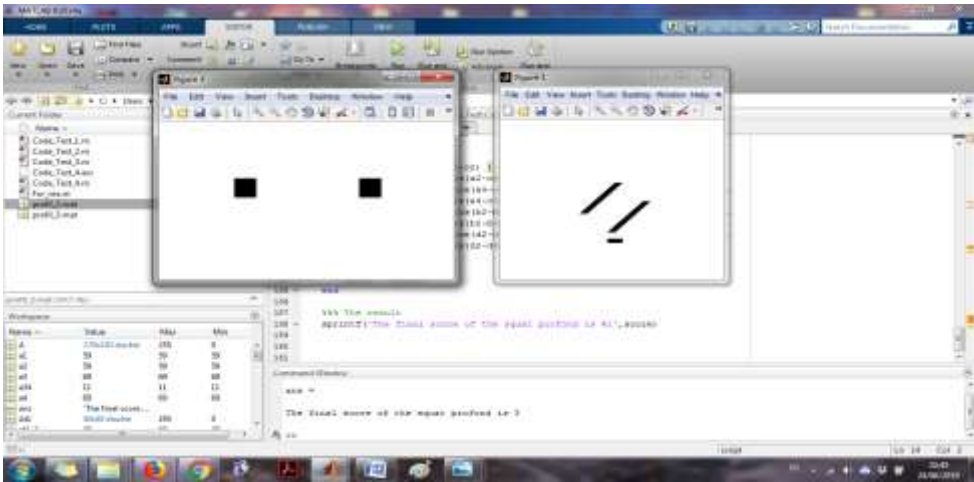
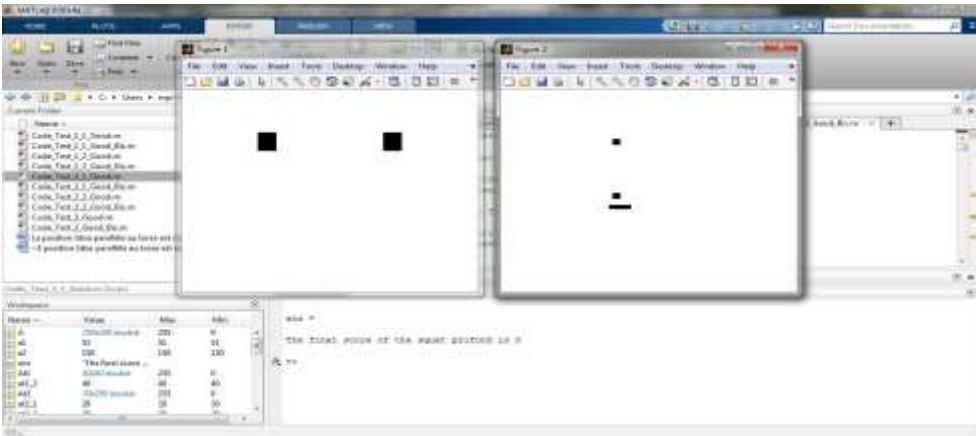


Figure 01 : Score 3

La position tibia parallèle au torse est réalisable sur une image prototype cependant pour des raisons pratiques sur des images réelles, nous testerons la fiabilité de la position via un autre moyen. Ce nouveau test lequel est la position de la barre par rapport à la cheville est équivalent à la position du torse parallèle du tibia

Sur des images prototypes, le résultat est :Score 3



## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

Figure 02 : Score 3

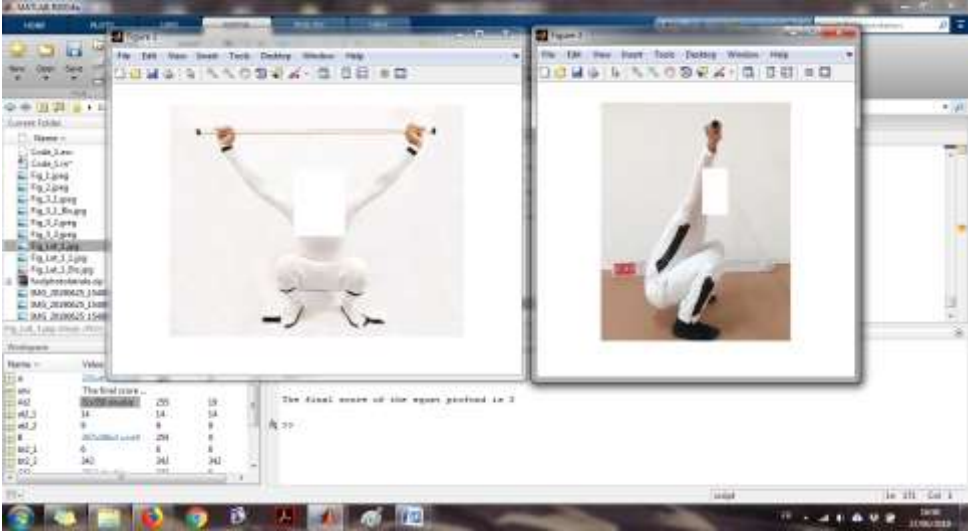


Figure 03 : Score 3

### Score 02

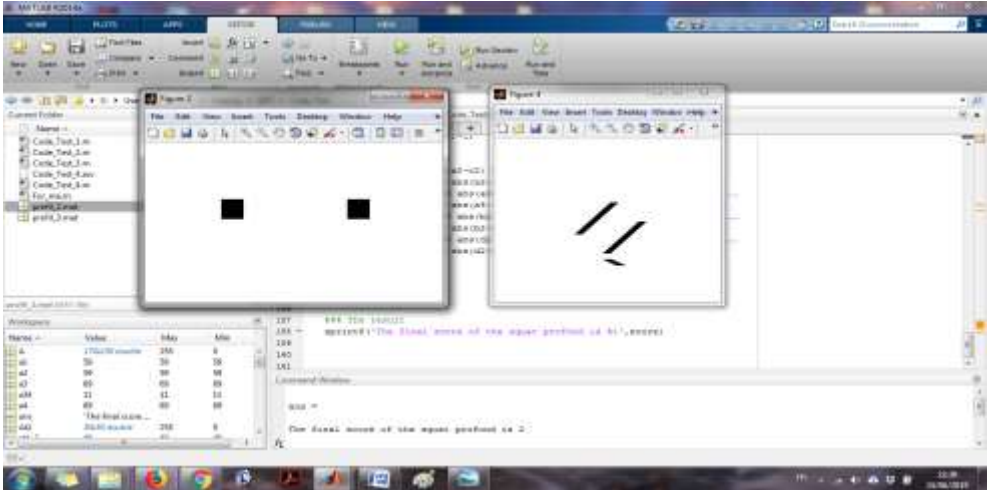
Par contre, si le candidat n'arrive pas à réaliser ce mouvement, le Jury lui rajoute une barre au sol laquelle lui permet une position d'équilibre. Dans ce cas, le score de 2 lui sera attribué sachant que la barre doit être parallèle au sol (côté face) et le torse parallèle au tibia (coté profil) figure 04 et 05.



تصميم تطبيق لمعالجة وتحليل درجة الاختبار (شاشة الحركة الوظيفية) من أجل التنبؤ بمخاطر الإصابة لدى الرياضيين وغير الرياضيين

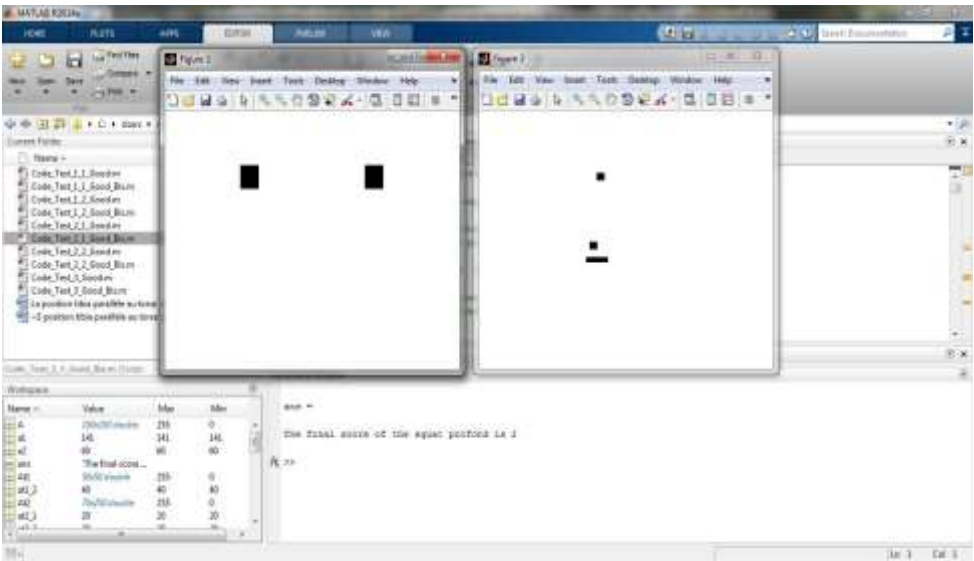
د. بوشة وهيب  
د. عادل إبراهيم

**Figure 4 :** Score 2 photo reel de (deep squat) avec compensation de la Barr de FMS



**Figure 05 :** Score 2 sur interface de matlab

### Score 2 – 1er cas



كتاب الملتقى الادولي الافتراضي الأول حول: التحضير البدني وتكنولوجيا تحليل أداء رياضي المستوى العالي  
الإيداع القانوني: ديسمبر، 2021، ISBN:978-9931-9721-0-5

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

Figure 06: Score 2 cas1 sur interface de matlab

### Score 2 – 2eme cas

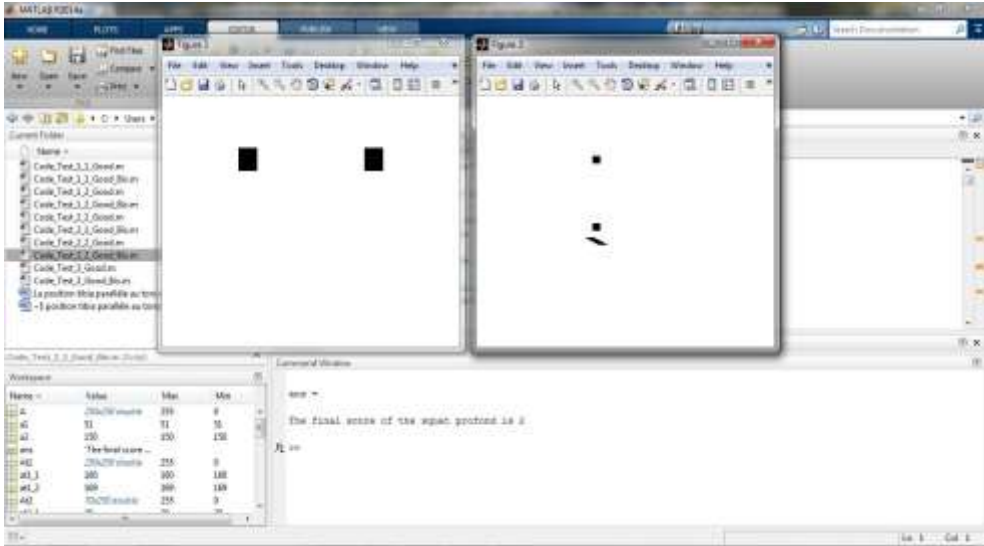
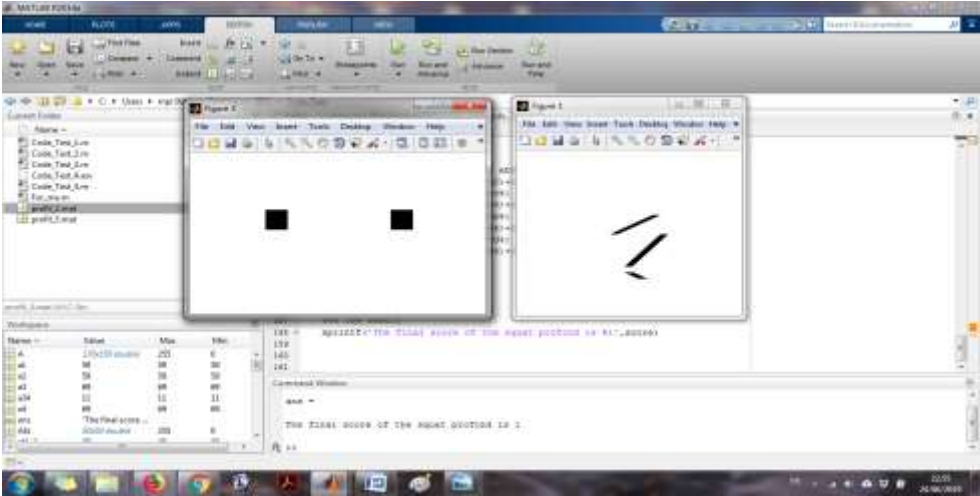


Figure 07 : Score 2 cas2 sur interface de matlab

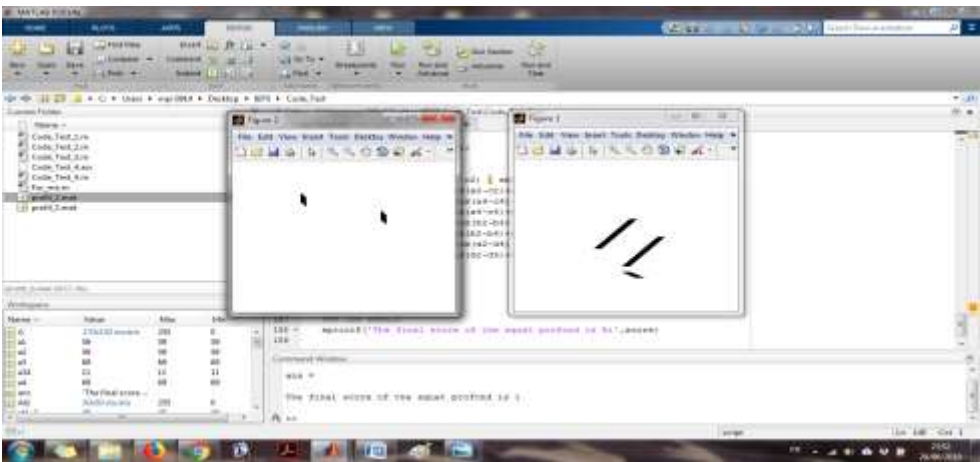
En dernier, en maintenant la barre au sol, autrement dit les pieds soulevés du sol, et soit en gardant la barre parallèle au sol (côté face) ou bien le torse parallèle au tibia (coté profil), le score de 1 sera attribué au candidat comme le montre les deux cas figures 06 et 07

**Score 1 – 2eme cas**



**Figure 08 : Score 01 – Premier cas sur interface de matlab**

**Score 1 – 2eme cas**



**Figure 09 : Score 1 deuxième cas sur interface de matlab**

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif



**Figure 10** : Score 1 deuxième cas sur interface de matlab

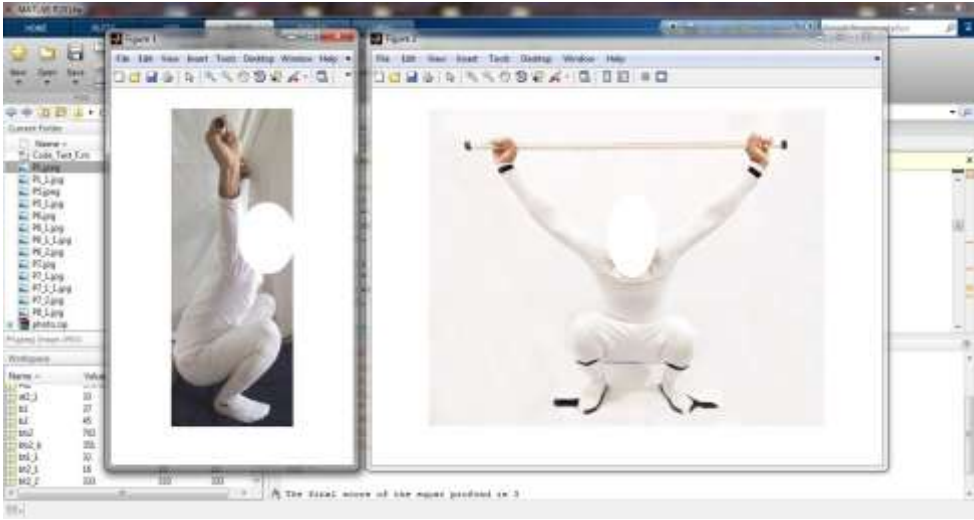
Et pour une validation concrète de cette application sur le mouvement deep squat, des images réelles ont été prise et testée. Les différents résultats sont présentés dans les figures ci-dessous

### Les fonctionnalités de l'application :

Sur des images réelles les résultats obtenus sont  
Score 3

تصميم تطبيق لمعالجة وتحليل درجة الاختبار (شاشة الحركة الوظيفية) من أجل التنبؤ بمخاطر الإصابة لدى الرياضيين وغير الرياضيين

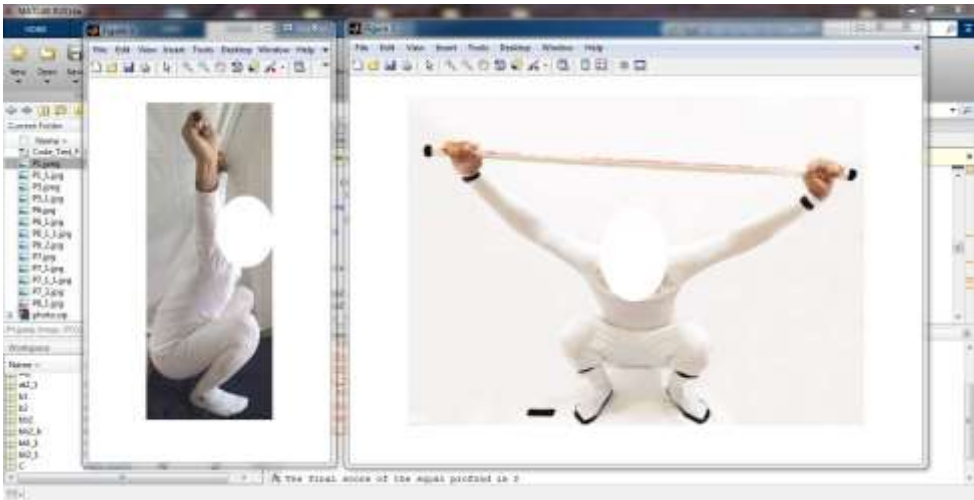
د. بوشة وهيب  
د. عادل إبراهيم



**Figure 11 :** Les fonctionnalités de l'application Sur des images réelles

score3

**Score2**

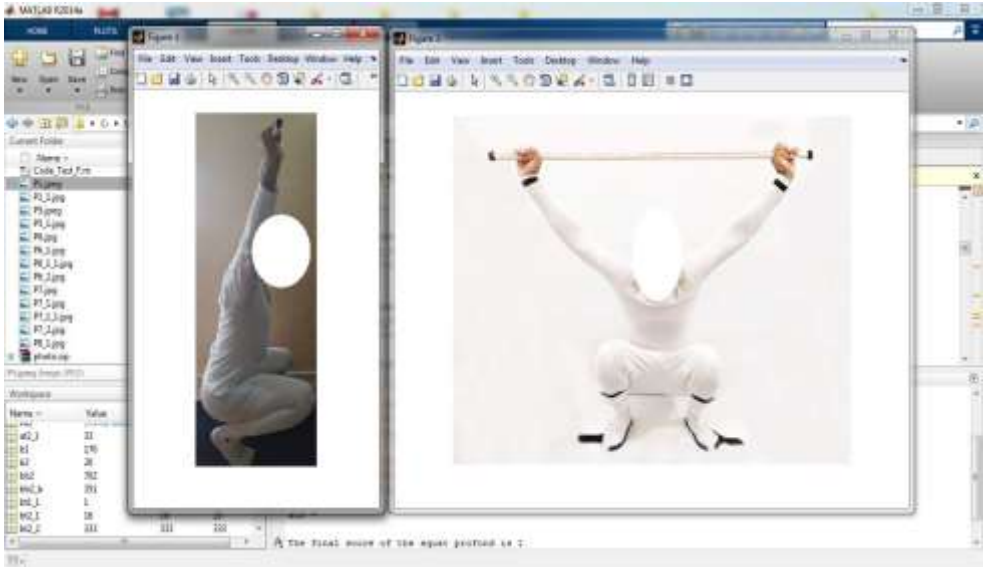


**Figure 12:** Les fonctionnalités de l'application Sur des images réelles

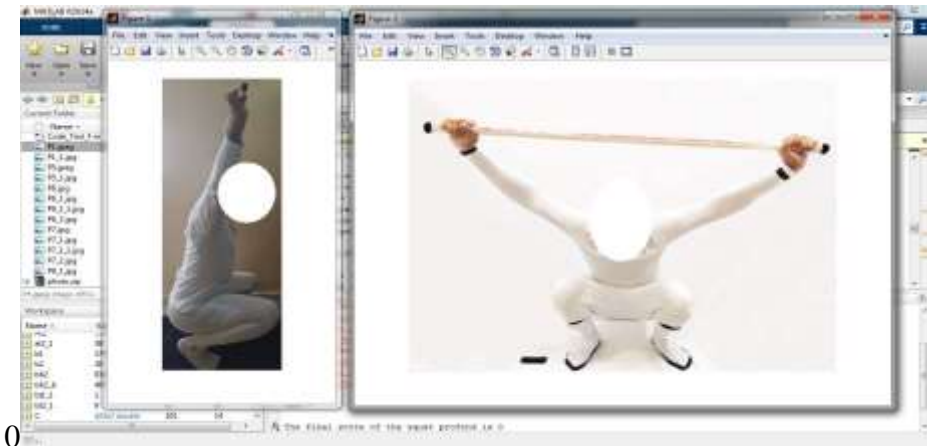
score2.

**Score 1**

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif



**Figure 13:** Les fonctionnalités de l'application Sur des images réelles score 1



**Figure 14:** Les fonctionnalités de l'application Sur des images réelles score 0

### Application de test sur terrain :

Pour avoir la meilleure façon pour appliquer le test et avoir un résultat bien précis, on a testé l'expérimentation sur un athlète de judo âge de (32ans) appartenant au judo club de Mostaganem (JCM)

Lieu : Palais des sports de TijditteMostaganem.

Lors de l'implémentation, plusieurs critères ont été pris en considération, les plus importants sont

La tenue du candidat doit être blanche et les point clés en noir (cheville et plante des pieds).

L'arrière-plan et le sol doivent être de couleur blanche.

La luminosité doit être respectée lors de la prise face et profil

La distance entre le candidat et l'appareil photo doit être respectée.

Et pour des raisons de programmation des tolérances ont été considéré pour la couleur blanche, noir, et les pixels (on considérera que la position est correcte si elle est réalisé à 90% c'est-à-dire un décalage de 0.5cm est acceptable). De plus, le score est initialisé a 0.

### **Le déroulement du programme réalisé est comme suit :**

- 1 – prise de photos côté face et profil
- 2 – Stockage des photos sur un ordinateur.
- 3 – Lecture des images par le logiciel Matlab.
- 4 – Traitement des images selon les tests

Test 1 : Le programme réalisé vérifie sur l'image prise de profil si les pieds sont posés sur le sol ou non. Dans le cas où les pieds sont posés sur le sol, le score devient 1, sinon il garde sa valeur initiale.

Test 2 : L'étape suivante est dédiée à la vérification sur l'image prise de face si la barre est parallèle au sol. Si c'est le cas on rajoute 1 au score précédent, sinon on conserve le même score.

Test 3 : Le dernier test concerne la vérification sur l'image prise de profil si la cheville et le profil de la barre sont alignés et perpendiculaire au sol. Dans ce cas, 1 point est ajouté au score précédent, sinon on conserve le même score.

- 5 – Affichage du score final et des deux images

### **Difficultés rencontres dans l'étude :**

## Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif

Certaines difficultés ont émaillé la réalisation de la présente étude.  
Le manque d'étude concernant notre sujet surtout au niveau national.  
Du temps nécessaire à une intervention plus longue.  
La difficulté de la programmation des sept tests en même temps.

### Conclusion

L'étude menée dans ce chapitre sur les mouvements de FMS Deep squat nous a permis de construire un algorithme de contrôle plus performant. En effet, il augmente la rapidité du système ainsi que sa précision en changeant les valeurs lors de réalisation de test FMS (Deep squat). Chaque test du FMS influence directement sur le résultat final ou bien le Score final. Nous avons constaté que toute perturbation d'un mouvement de FMS agissant directement sur le score réaliser par l'athlète et permettre à partir de ce score d'être classé dans l'un des quatre zone des risques de blessures avant d'être orienté vers des exercices de correction ou bien de réhabilitation.

- Le déploiement sur le terrain pour mesurer ses performances ;
- Enrichir le profil des entraîneurs et athlètes pour une meilleure planification et évaluation durant toute la saison sportive.
- Étendre l'utilité de l'application à l'environnement des sportifs (salle de judo).

### Conclusion générale

L'objectif principal du travail est d'adopter un modèle mathématique de complexité minimal et d'avoir des lois de commande d'évaluation qui permettent d'assurer l'attribution d'un score précis. Cette expérience était extrêmement enrichissante et formatrice puisque les connaissances nécessaires à la résolution de notre problématique dépassent largement le cadre de l'informatique, vu qu'elle inclue d'autres domaines tel que la biomécanique et la posture qui nous ont permis d'enrichir nos connaissances.

Le but de la première partie est à la fois de présenter les sept tests de FMS plus précisément le deep squat, mais aussi d'exposer son fonctionnement, son domaine d'applications et ces différentes composantes.

L'évaluation d'un deep squat est une tâche complexe. Il s'agit d'une étape indispensable à la bonne compréhension de réalisation des sept mouvements de test de FMS. Pour cela nous avons exploités un modèle statique, pour le but de décrire les trois scores d'un deep squat. Le modèle utilisé est celui de matlab car il produit un modèle de façon récursive qui est en général plus rapide en calcul et en commande avec six degrés de liberté. Le processus de modélisation est constitué de plusieurs équations qui identifient toutes les positions et les ayant un impact sur le deep squat. Ce dernier était implémenté sous matlab et ensuite assemblé dans un modèle complet

La commande utilisée est la commande matlab, cette technique est simple, efficace et de haute performance. Elle nous a permis de bien contrôler les différentes situations d'un deep squat.

## Perspectives

Pour développer et améliorer ce travail, nous comptons réaliser les tâches suivantes :

- Améliorer la génération des autres situations de FMS TEST.
- Implémenter les algorithmes des autres tests de FMS sous MATLAB.
- Développée une plate-forme de calculer et d'analyse de score final de FMS.

## Références

1. Chorba, R. S., Chorba, D. J., Bouillon, L. E., Overmyer, C. A., & Landis, J. A. (2010). Use of a Functional Movement Screening Tool to Determine Injury Risk in Female Collegiate Athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 5(2), 47-54.

**Conception et validation d'une application de traitement et d'analyse de score du test ( Functional Movement Screen) en vue de prédire les risques des blessures chez les sportif et non sportif**

2. Cook, G., Burton, L., &Hoogenboom, B. (2006a). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 1(2), 62-72.
3. Cook, G., Burton, L., &Hoogenboom, B. (2006b). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function - part 2. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 1(3), 132-139.
4. Dorrel, B. S., Long, T., Shaffer, S., & Myer, G. D. (2015). Evaluation of the Functional Movement Screen as an Injury Prediction Tool Among Active Adult Populations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health*, 7(6), 532-537. doi: 10.1177/1941738115607445
5. Frédérick cause (2015) Le FunctionalMovementScreen : un outil fiable dans la prédiction d'un risque de blessure ? Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie d'Alsace).
6. Frost, D. M., Beach, T. A., Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (2012). Using the Functional Movement Screen™ to evaluate the effectiveness of training. *The Journal of Strength&ConditioningResearch*, 26(6), 1620-1630.
7. Li, Y., Wang, X., Chen, X., & Dai, B. (2015). Exploratory factor analysis of the functional movement screen in elite athletes. *Journal of sports sciences*, 33(11), 1166-1172.
8. MATLAB. (2019). In Wikipédia. Consulté à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=MATLAB&oldid=158073362>
9. Moore, H. (2017a). *MATLAB for Engineers*. Pearson.
10. Moore, H. (2017b). *MATLAB for Engineers (5th Edition) (5th éd.)*. Pearson.
11. Moran, R. W., Schneiders, A. G., Mason, J., & Sullivan, S. J. (2017). *Do Functional Movement Screen (FMS) composite*

scores predict subsequent injury? A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1661-1669. doi: 10.1136/bjsports-2016-096938

12. Pinti, A., Rambaud, F., Griffon, J.-L., & Ahmed, A. T. (2010). A tool developed in Matlab for multiple correspondence analysis of fuzzy coded data sets: Application to morphometric skull data. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 98(1), 66-75. doi: 10.1016/j.cmpb.2009.09.009