



# New finite element study protocol: Clinical simulation of orthodontic tooth movement

## Nouveau protocole d'étude par élément finis : simulation clinique du mouvement dentaire orthodontique

Antoine BOUTON<sup>a,\*</sup>, Yann SIMON<sup>a</sup>, Florent GOUSSARD<sup>b</sup>, Luciano TERESI<sup>c</sup>,  
Vittorio SANSALONE<sup>d</sup>

<sup>a</sup>20, avenue Lowendal, 75015 Paris, France

<sup>b</sup>Département d'orthopédie-dento-faciale, service d'odontologie, hôpital Bretonneau, 2, rue Carpeaux, 75018 Paris, France

<sup>c</sup>Département histoire de la terre, UMR7207, CR2P, CNRS, "centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements", laboratoire de paléontologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 8, rue Buffon, CP38, 75005 Paris, France

<sup>d</sup>LaMS, Modelling & Simulation Lab, Department of Mathematics & Physics, Università Roma Tre, Via della Vasca Navale 84, 00146 Roma, Italy

<sup>e</sup>MSME UMR 8208 CNRS, laboratoire modélisation et simulation multi-échelle, université Paris-Est, 61, avenue du Général-de-Gaulle, 94010 Créteil cedex, France

Available online: 14 April 2017 / Disponible en ligne : 14 avril 2017

### Summary

*The aim of this work was to model tooth movement in a more clinically-exact fashion, thanks to the use of new IT tools and imaging systems (cone-beam). Image segmentation and 3D reconstruction now enable us to model the anatomy realistically, while finite element (FE) analysis makes it possible to evaluate stresses and their distribution on the level of the tooth, the periodontal ligament (PDL) and the alveolar bone when a force is applied. The principle is to monitor tooth movement by obtaining optical impressions at each stage of treatment. The model corresponds to a genuine clinical situation. FE analysis is correlated with the clinically-observed displacement. The protocol remains long and complex. It nevertheless makes it possible to obtain, throughout the duration of treatment, patient-specific models that can be exploited using finite element methods. It requires further validation in more thorough*

### Résumé

*L'objectif de cette étude est de développer un modèle de déplacement dentaire, plus fidèle à la clinique, à partir des nouveaux outils radiologiques (Cone Beam) et informatiques. La segmentation d'image et la reconstruction tridimensionnelle nous permettent de modéliser l'anatomie réelle, l'analyse par éléments finis (EF) d'évaluer les contraintes et leur répartition au niveau de la dent, du ligament alvéolodentaire (LAD) et de l'os alvéolaire lors de l'application d'une force. Le principe est d'instaurer un monitoring du déplacement dentaire par des prises d'empreintes optiques à chaque étape du traitement. Le modèle correspond à une situation clinique réelle. L'analyse EF est corrélée au déplacement observé en clinique. Le protocole reste long et complexe. Il permet néanmoins de créer des modèles spécifiques au patient, tout au long du traitement et exploitables par la méthode des éléments finis. Il*

.....  
\* Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part :  
Antoine BOUTON, 20, avenue Lowendal, 75015 Paris, France.  
e-mail address / Adresse e-mail : antoinebouton@gmail.com (Antoine BOUTON)

*studies but offers interesting prospects: precise study of induced tooth movement, distribution of stresses in the PDL, and development of a customized previsualization tool.*

© 2017 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

## Key-words

- Induced tooth movement.
- Finite element method.
- 3D imaging.
- Customized modeling.

## Introduction

One of the main difficulties in orthodontic treatment is to control tooth movements as precisely as possible. In order to anticipate such difficulties, simulation, conventionally and academically performed using a typodont, provides the orthodontist with precious information. Many methods have attempted to simulate the effect of the application of forces to teeth: brittle lacquer, photoelasticimetry, holography, etc. With the help of computers and the finite element method (FEM), it is possible, after validation, to obtain a faithful reproduction of the clinical situation as a basis for modeling. FEM is a digital method that makes it possible to calculate and display the stresses and strains that linked structures undergo when subjected to simulated forces [1]. It has been widely used in orthodontics [2–5].

The first reaction to induced tooth movement is a modification of the stress distribution in the PDL and the alveolar bone [6–8]. FEM soon emerged as a precise means of measuring the intensity of these stresses [9] and as the method of choice for testing the validity of the theories put forward concerning orthodontic movement [10,11]. The method was shown to be highly reliable, with results very close to histological observations [12]. It has many applications in the study of orthodontic mechanics: determining optimal forces [13], optimal placing of miniscrews [14], or the length of a power arm. Its use has increased since implanted anchorage (implants, miniscrews) has become more widely used.

Significant prospects have been opened up by the progress of imagery and computerized image-processing, which now enable data to be transferred from a physical to a virtual reality [15]. These techniques are now widely used in natural and biomedical sciences, making it possible to obtain anatomical models that are patient-specific and that can be meshed and analyzed by finite element software [16].

*nécessite encore une validation dans des études plus perfectionnées mais offre d'intéressantes perspectives : étude précise du mouvement dentaire provoqué, distribution des contraintes dans le LAD, développement d'un outil de prévisualisation individualisé.*

© 2017 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

## Mots-clés

- Mouvement dentaire provoqué.
- Méthode des éléments finis.
- Imagerie 3D.
- Modélisation personnalisée.

## Introduction

Maîtriser au mieux les mouvements dentaires est une des principales difficultés d'un traitement orthodontique. Afin d'anticiper ces difficultés, la simulation, classiquement et académiquement réalisée sur Typodont, donne des informations précieuses à l'orthodontiste. De nombreux procédés ont tenté de simuler l'effet de l'application d'une force sur les dents : vernis craquelant, photoélasticimétrie, holographie... L'informatique et la méthode des éléments finis (MEF) permettent d'obtenir, après validation, une représentation fiable de la situation clinique pour établir une modélisation.

La MEF est une méthode numérique qui permet de calculer et de visualiser les contraintes et déformations que subissent des associations de structures soumises à des forces simulées [1]. Elle a été largement utilisée en orthodontie [2–5]. La première réaction du mouvement dentaire provoqué est une modification de la distribution des contraintes dans le LAD et l'os alvéolaire [6–8]. La MEF s'est rapidement présentée comme un moyen précis de mesurer l'intensité de ces contraintes [9] et comme une méthode de choix pour vérifier la validité des théories avancées sur le mouvement orthodontique [10,11]. Elle a montré une grande fiabilité et des résultats très proches des observations histologiques [12]. Ses applications dans l'étude de mécanique orthodontiques sont multiples : déterminer une force optimale [13], le placement idéal d'une minivis [14], la longueur d'un « power arm ». Elle est particulièrement utilisée depuis la démocratisation de l'utilisation des ancrages implantaires (implants, minivis).

D'importantes perspectives se sont ouvertes avec les progrès de l'imagerie et du traitement informatique de l'image qui permettent aujourd'hui le passage d'une réalité physique à une réalité virtuelle [15]. Ces techniques sont largement utilisées en sciences naturelles et biomédicales. Elles permettent aujourd'hui d'obtenir des modèles anatomiques spécifiques d'un patient, maillables et exploitables par les logiciels éléments finis [16].

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8698060>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8698060>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)