

Université de Montréal

**Variation du temps de traitement orthodontique  
en fonction de différents facteurs incluant  
le décollement de boîtiers.**

par  
Mélanie Gauthier

Département de santé buccale - Section d'Orthodontie  
Faculté de Médecine Dentaire

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales  
en vue de l'obtention du grade de  
M.Sc. (médecine dentaire), option orthodontie

Février, 2017

© Mélanie Gauthier, 2017

Ce mémoire intitulé :

Variation du temps de traitement orthodontique en fonction de différents facteurs incluant le  
décollement de boîtiers.

présenté par :  
Mélanie Gauthier

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr Claude Remise, président-rapporteur  
Dr Hicham El-Khatib, directeur de recherche  
Dre Clarice Nishio, co-directrice de recherche  
Dre Andrée Montpetit, co-directrice de recherche  
Dr Serge Baril, membre du jury externe  
Dr Jean-Charles Létourneau, membre du jury externe

## Résumé

**INTRODUCTION :** Une des préoccupations principales des patients concerne la durée globale du port des appareils orthodontiques. Ils désirent obtenir un résultat esthétique et fonctionnel en un minimum de temps. Avant de se porter vers des approches censées diminuer le temps de traitement, il est essentiel de comprendre avant tout les facteurs qui peuvent le rallonger. Une correction rapide et de qualité des malocclusions est à la fois profitable au patient et au praticien traitant. Cela diminue les effets secondaires liés à un traitement prolongé (carie, perte osseuse, déminéralisation de l'émail, etc.) tout en permettant à l'orthodontiste de mieux prévoir les coûts et dépenses découlant du bon fonctionnement de la clinique.

**OBJECTIF :** L'objectif de la présente étude est d'évaluer et de quantifier les différentes variables pouvant influencer le temps de traitement orthodontique.

**MATÉRIELS ET MÉTHODES :** L'étude compte 300 dossiers de patients suivis en rétention à la clinique d'Orthodontie de l'Université de Montréal. Huit d'entre eux ont été exclus en raison d'un mauvais suivi de leur traitement suite à des problèmes de santé ou pour cause de données manquantes. Les variables suivantes ont été extraites des dossiers : les informations du patient, les données cliniques et radiologiques liées aux malocclusions, les éléments de la planification et de l'exécution du traitement et ce qui a trait à la coopération du patient. Les analyses statistiques effectuées sont des analyses uni-variées (chi-carrée, t-test et ANOVA) pour identifier les variables ayant un effet sur le temps de traitement. La normalité de distribution des données a été vérifiée par un test Shapiro-Wilk. Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée statistiquement significative. Par la suite une régression multiple a été utilisée pour construire un modèle permettant de prédire le temps de traitement.

**RÉSULTATS ET DISCUSSION :** Nous avons trouvé que la coopération est un des facteurs importants dans la variation du temps de traitement. Chaque rendez-vous manqué (RVM) et chaque boîtier décollé augmentent la durée de port d'appareillages fixes de 2,3 mois et 1 mois respectivement. Les variables ayant un impact sur la durée de la phase active sont nombreuses, allant de la planification des extractions jusqu'au protocole de traitement choisi. Par exemple, l'utilisation de l'adhésif *Assure*® et de la résine *Transbond XT*™ permettent un traitement plus effectif en un temps moindre, tout en limitant le nombre de boîtiers décollés. L'âge n'a pas d'influence contrairement à la sévérité de la malocclusion initiale (surplomb horizontal [OJ] et surplomb vertical [OB]), qui, par exemple, augmente la durée de traitement d'environ 10 jours par point du *discrepancy index (DI)* ou encore de 0,7 mois par millimètre de sévérité de classe II selon *Angle*. Les données récoltées nous ont permis d'établir le modèle de prédiction suivant :  
**Temps de traitement estimé = 12,606 mois** + 0,316 (si homme) + 0,084 x (valeur OJ) + 0,301 x (valeur OB) + 0,339 X (Point de DI) + 0,699 x (Sévérité Cl II) + X (valeur de la résine) + Y (valeur de l'adhésif) + Z (valeur du boîtier) + 4,297 (si extractions) + 4,163 (si port élastiques) + 1,750 (si clinicien anciennement gradué) + 2,297 x (par RVM) + 0,971 x (par boîtier décollé).

**CONCLUSION :** Selon les résultats de cette étude, le temps de traitement orthodontique est influencé par les facteurs suivants selon leur ordre d'importance : extraction(s), coopération, malocclusion initiale, produits de collage et boîtiers utilisés, expérience du clinicien et sexe.

**Mots-clés :** Orthodontie, temps de traitement, coopération, boîtier décollé, malocclusion

# Abstract

**INTRODUCTION:** One of the main concerns of orthodontic patients is the overall treatment time wearing braces. The patient's desire is to obtain an aesthetic and functional result in minimum time. Prior to considering approaches which are supposed to reduce treatment time, it is essential to understand the factors that may lengthen it. A quick and efficient correction of the malocclusion is both beneficial to the patient and to the treating orthodontist. This reduces the potential side effects of prolonged treatment (caries, bone loss, white spot lesions, etc.), while allowing the orthodontist to better control office expenses arising from the proper functioning of the clinic.

**OBJECTIVE:** The objective of this study was to evaluate and quantify the variables that may influence the orthodontic treatment time.

**MATERIALS & METHODS:** The study included records of 300 retention patients who were treated at the graduated Orthodontic Clinic, Faculty of Dentistry, University of Montreal. Eight of them were excluded due to poor monitoring of their treatment related to health problems or because of lacking data. The following variables were evaluated: patient's age and sex, the clinical and radiological data related to the malocclusions, the elements used in the planning and execution of treatment and the degree of patient cooperation. Uni-varied analyses (chi-square, t-test and ANOVA) were used to identify variables that affect treatment time. The data distribution normality was evaluated by the Shapiro-Wilk test. A p value <0.05 was considered statistically significant. Subsequently, a multiple regression analysis was used to build a model to predict the treatment time.

**RESULTS & DISCUSSION:** We found that cooperation was an important factor in the variation in treatment time. Each missed appointment (MA) and each debonded bracket requiring rebonding increased the active time with fixed appliances by 2.3 months and 1 month, respectively. There are numerous variables affecting the duration of the active phase, ranging from planning extractions to other selected treatment protocols. For example, the use of Assure<sup>®</sup> resin and Transbond XT<sup>™</sup> adhesive resulted in a more effective and shorter treatment time, while limiting the number of debonded brackets. Age had no influence as opposed to the severity of the initial malocclusion (overjet [OJ] and overbite [OB]) which, for example, increased the treatment time by about 10 days per point of *discrepancy index* (DI) or 0.7 months per millimeter of class II according to the *Angle* classification. The collected data allowed us to establish the following prediction model: **estimated treatment time = 12.606 months + 0.316 (if male) + 0.084 x (OJ value) + 0.301 x (OB value) + 0.339 x (per point of DI) + 0.699 x (Severity of Cl II) + X (type of adhesive) + Y (type of resin) + Z (type of bracket) + 4.297 (if extractions) + 4.163 (if elastics needed) + 1.750 (if clinician graduated more than 15 years ago) + 2.297 x (by MA) + 0.971 x (by the number of debonded brackets).**

**CONCLUSION:** This study revealed that the duration of orthodontic treatment is influenced by the following factors in order of importance: extraction (s), cooperation, initial malocclusion, adhesive and resin products, bracket type, clinician's years of experience and patient gender.

**Keywords:** Orthodontics, treatment time, cooperation, debonded bracket(s), malocclusion

# Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures .....	vii
Liste des abréviations en anglais.....	ix
Liste des abréviations en français .....	x
Remerciements.....	xii
Chapitre 1. Introduction .....	1
Chapitre 2. Recension des écrits .....	3
2.1 Phénomène du mouvement dentaire .....	3
2.1.1 Le parodonte .....	3
2.1.2 Les étapes du mouvement orthodontique .....	4
2.2 Accélération du mouvement orthodontique.....	5
2.2.1 Approche biologique.....	6
2.2.2 Approche chirurgicale :.....	9
2.2.3 Approche par stimulation mécanique ou physique.....	14
2.3 Variables affectant la durée de traitement orthodontique .....	17
2.3.1 Variables liées au patient .....	19
2.3.2 Variables liées au diagnostic de la malocclusion initiale.....	21
2.3.3 Variables liées au plan de traitement .....	23
2.3.4 Variables liées à la technique.....	25
2.3.5 Variables liées à l'orthodontiste et aux auxiliaires traitants .....	29
2.4 Décollement des boîtiers orthodontiques.....	29
2.4.1 Introduction.....	29
2.4.2 Adhésion des boîtiers orthodontiques .....	30
2.4.3 Types de fractures .....	33

2.4.4	Technique de cimentation des boîtiers orthodontiques.....	37
2.4.5	Types de boîtiers orthodontiques.....	39
2.5	Effets de l'accélération du mouvement dentaire.....	40
2.5.1	Avantages pour le patient.....	40
2.5.2	Avantages pour l'orthodontiste.....	41
2.5.3	Impact sur le complexe bucco-dentaire.....	41
Chapitre 3.	Objectifs et hypothèses.....	43
3.1	Objectifs.....	43
3.1.1	Objectifs secondaires.....	43
3.2	Hypothèses.....	43
3.3	Résultats attendus.....	44
Chapitre 4.	Article.....	46
	RÉSUMÉ.....	47
	ABSTRACT.....	48
	INTRODUCTION.....	49
	MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	51
	Échantillon :.....	51
	Déroulement de l'étude :.....	52
	ANALYSES STATISTIQUES.....	54
	RÉSULTATS.....	55
	DISCUSSION.....	79
	CONCLUSION.....	83
	CONFLIT D'INTÉRÊT.....	84
Chapitre 5.	Discussion.....	85
5.1	Vérification des hypothèses.....	85
5.2	Intérêt clinique.....	86
5.3	Limitations de l'étude.....	87
5.4	Avenues de recherche.....	88
5.5	Source de financement.....	89
Chapitre 6.	Conclusion.....	90

Bibliographie..... i

Annexe 1 : Certificat comité d'éthique Mélanie Gauthier..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe 2 : Certificat comité éthique Charles Gandet ..... **Erreur ! Signet non défini.**

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Corrélations intra-classe.....	55
<b>Tableau II</b> : Répartition de l'échantillon en fonction du sexe.....	56
<b>Tableau III</b> : Répartition entre collage direct et indirect.....	58
<b>Tableau IV</b> : Répartition des différents types de boîtiers utilisés.....	59
<b>Tableau V</b> : Répartition des matériaux de collage utilisés .....	60
<b>Tableau VI</b> : Répartition des adhésifs utilisés .....	60
<b>Tableau VII</b> : Répartition des traitements avec et sans extractions .....	61
<b>Tableau VIII</b> : Répartition des malocclusions selon la classification d'Angle.....	62
<b>Tableau IX</b> : Durée de traitement en fonction du port des élastiques .....	66
<b>Tableau X</b> : Répartition des boîtiers décollés.....	68
<b>Tableau XI</b> : Répartition des décollements en fonction du type de boîtier utilisé .....	70
<b>Tableau XII</b> : Répartition des décollements en fonction du type d'adhésif utilisé .....	70
<b>Tableau XIII</b> : Répartition des décollements en fonction du type de résine utilisée .....	71
<b>Tableau XIV</b> : Répartition du décollement de boîtiers en fonction de la phase orthodontique .....	72
<b>Tableau XV</b> : Modèle de régression multiple pour l'estimation du temps de traitement.....	77

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Parodonte avec récession gingivale <sup>(7)</sup> .....	4
<b>Figure 2</b> : Mouvement orthodontique <sup>(10)</sup> .....	5
<b>Figure 3</b> : Étapes de la thérapie génique <sup>(19)</sup> .....	8
<b>Figure 4</b> : Corticotomie <sup>(29)</sup> .....	11
<b>Figure 5</b> : Piézocision <sup>(34)</sup> .....	12
<b>Figure 6</b> : Laser à faible intensité <sup>(40)</sup> .....	14
<b>Figure 7</b> : Accélération par vibration (Acceleident®) <sup>(46)</sup> .....	16
<b>Figure 8</b> : Résumé des mécanismes moléculaires et cellulaires <sup>(7)</sup> .....	17
<b>Figure 9</b> : Élastiques inter-maxillaires <sup>(54)</sup> .....	20
<b>Figure 10</b> : The American Board discrepancy index <sup>(59)</sup> .....	22
<b>Figure 11</b> : Coquilles correctrices Invisalign® <sup>(72)</sup> .....	28
<b>Figure 12</b> : Comparaison entre (A) boîtiers auto-ligaturants (Speed System Orthodontics, Strite Industries, Canada); (B) boîtiers céramiques (In-Ovation C, Dentsply GAC International, Bohemia, NY); (C) appareillage multi-bagues (Unitek, Monrovia, CA) <sup>(75)</sup> .....	30
<b>Figure 13</b> : Fracture au sein du substrat <sup>(85)</sup> .....	33
<b>Figure 14</b> : Fracture adhésive <sup>(85)</sup> .....	34
<b>Figure 15</b> : Fracture cohésive <sup>(85)</sup> .....	35
<b>Figure 16</b> : Boîtier esthétique (Damon clear) <sup>(87)</sup> .....	36
<b>Figure 17</b> : Collage direct des boîtiers orthodontiques <sup>(90)</sup> .....	37
<b>Figure 18</b> : Collage indirect des boîtiers orthodontiques (91) .....	38
<b>Figure 19</b> : Exemple de tracé de radiographie céphalométrique .....	54
<b>Figure 20</b> : Durée de traitement selon le sexe.....	57
<b>Figure 21</b> : Évolution du temps de traitement en fonction de l'âge de mise en bouche des boîtiers .....	57
<b>Figure 22</b> : Évolution du temps de traitement en fonction du nombre d'extractions .....	61
<b>Figure 23</b> : Évolution du temps de traitement en fonction du surplomb horizontal .....	63
<b>Figure 24</b> : Évolution du temps de traitement en fonction du surplomb vertical .....	63
<b>Figure 25</b> : Évolution du temps de traitement en fonction du <i>Discrepancy index</i> .....	64
<b>Figure 26</b> : Évolution du temps de traitement en fonction de ANB .....	65

<b>Figure 27</b> : Évolution du temps de traitement en fonction de FMA .....	65
<b>Figure 28</b> : Évolution du temps de traitement en fonction du nombre de rendez-vous manqués .....	67
<b>Figure 29</b> : Variation entre le nombre de boîtiers décollés en finition et la durée du traitement .....	69
<b>Figure 30</b> : Variation du temps de traitement en fonction du nombre de boîtiers décollés .....	72
<b>Figure 31</b> : Diagramme des boîtiers décollés en fonction de la rigidité du fil.....	74
<b>Figure 32</b> : Diagramme des boîtiers décollés en fonction de la section du fil.....	74
<b>Figure 33</b> : Distribution selon la loi normale.....	75

## Liste des abréviations en anglais

A.B.O. :	American Board of Orthodontics
Bis-GMA :	Bisphenyl A glycidyl dimethacrylate
DI :	Discrepancy index
Etc. :	Et cætera
FGF :	Fibroblast growth factor
FMA :	Frankfort mandibular plane angle
HIF :	Hypoxia inducible factor
HSC :	Hematopoietic stem cell
MSC :	Mesenchymal stem cell
OB:	Overbite
OJ:	Overjet
PBA:	Preliminary bracket alignment
RANKL :	Receptor activator of the nuclear factor- $\kappa$ B
<i>RAP</i> :	Regional acceleratory phenomenon
TCI :	Treatment Complexity Index
TNF :	Tumor necrosis factor
WSL :	White spot lesions

## Liste des abréviations en français

% :	Pour cent
ANB :	Angle qui représente la disharmonie entre les maxillaires
cm :	Centimètres
FMA :	Angle du plan mandibulaire
IL :	Interleukines
J :	Joule
mm :	Millimètres
mW :	Milliwatts
NA :	Ligne verticale Nasion – point A
nm :	Nanomètres
OPG :	Ostéoprotégérine
PGE :	Prostaglandine E
PTH :	Parathormone
SNB :	Angle entre une droite S-N et une autre N-B
TNF :	Facteur de nécrose tumorale
UdeM :	Université de Montréal

*Je dédicace ce mémoire à tous mes proches qui m'ont épaulée dans la réalisation de ce projet. Maman, papa, Jonathan, merci de votre patience et de votre amour inconditionnel. Je vous aime énormément.*

## Remerciements

Ce projet n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide précieuse de plusieurs personnes qui ont été là pour me diriger, me conseiller et m'encourager durant mon parcours.

Tout d'abord, je tiens à remercier Dr Claude Remise, une personne non seulement dévouée pour l'orthodontie, mais qui a aussi à cœur l'apprentissage de ce merveilleux domaine à l'Université de Montréal. Merci pour ces trois belles années.

Mes plus sincères remerciements à mon directeur de recherche, Dr Hicham El-Khatib ainsi qu'à mes codirectrices, Dre Andrée Montpetit et Dre Clarice Nishio, pour leur support et leurs judicieux conseils durant le projet. Merci aussi pour toutes les heures passées à la correction de ce mémoire.

Un merci particulier à Charles Gandet, collègue avec qui j'ai travaillé de pair durant d'innombrables heures pour parvenir à la rédaction de ce projet de maîtrise. Tous nos vendredis passés à éplucher les dossiers patients sont de bons moments qui resteront gravés dans ma mémoire.

Je remercie aussi mes deux autres co-résidents, Julien et Jérémie. J'ai adoré notre chimie et tous les bons moments passés ensemble. Merci de m'avoir permis d'être princesse dans toute cette vague de testostérone !

Un gros merci à tous mes autres collègues anciens et présents, pour leur soutien et leurs judicieux conseils. Plus particulièrement Jennifer, Caroline et Léa, vous avez été mes rayons de soleil lors de jours plus sombres. Une amitié pareille, ça vaut de l'or.

Merci aussi à tous les professeurs et cliniciens qui ont joués un rôle majeur dans mon apprentissage.

Je me dois aussi de souligner le travail précieux des assistantes et secrétaires qui m'ont permis de travailler efficacement afin de profiter pleinement de chaque instant clinique pour approfondir mes connaissances.

Un grand merci à M. Pierre Rompré pour le travail effectué avec toutes les statistiques ainsi que pour le temps passé à nous expliquer le tout.

Merci aux membres du jury, Dr Claude Remise et Dr Jean-Charles Létourneau, pour la lecture et la correction de ce mémoire ainsi qu'à Dr Serge Baril, qui a aussi contribué à l'aboutissement de ce projet de maîtrise.

Un merci tout simple à tous les patients de cette étude, qui sans le savoir, ont contribué à l'avancement du domaine d'orthodontie.

Je tiens à remercier ma famille et mes amis, car ils ont toujours été là pour moi malgré la distance. Maman, papa, merci d'avoir toujours cru en moi et de me permettre d'être celle que je suis aujourd'hui. Votre écoute, vos encouragements et votre amour ont facilité l'atteinte de mes objectifs personnels et professionnels.

Enfin, j'aimerais te remercier mon amour pour ton support et ta patience. Ce fut trois années chargées d'émotions qui n'ont fait que renforcer le lien qui nous unit. Une nouvelle étape de vie qui s'achève et je saute à pieds joints dans la prochaine aventure, car je sais qu'à tes côtés, rien n'est impossible.

Autrefois, je rêvais ma vie. Maintenant, je vis mes rêves et ce n'est que le début grâce à vous tous. Merci infiniment.

# Chapitre 1. Introduction

L'orthodontie est une spécialité de la médecine dentaire en évolution constante. Principalement dédié à la réhabilitation fonctionnelle du système masticatoire, le traitement orthodontique améliore également l'esthétique faciale et le sourire. Majoritairement, les patients consultent pour améliorer l'alignement de leurs dents tandis que seulement 17% d'entre eux ont une plainte liée à leur apparence faciale ou à leur profil<sup>(1)</sup>. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la qualité du résultat qui sera obtenu n'est pas le facteur principal pour les patients. En effet, ces derniers considèrent l'estimation précise du temps global de traitement comme étant le deuxième facteur le plus important lors du choix d'un orthodontiste, tout de suite après les honoraires associés à la thérapeutique<sup>(2)</sup>. Ainsi, selon l'avis des patients, un bon orthodontiste est celui qui termine le traitement dans le délai prévu et qui charge un montant jugé acceptable pour cette durée de port d'appareillage.

Depuis quelques années, on note une augmentation constante de la demande de traitements orthodontiques dans la population adulte<sup>(3)</sup>. Que ce soit chez les adultes ou les adolescents, les attentes envers l'orthodontie ont beaucoup évolué avec le temps. En effet, dans la société actuelle, la majorité des gens désire obtenir à moindre coût, sans douleur, de la façon la plus invisible possible et surtout rapidement, le fameux sourire parfait. Ainsi, les spécialistes doivent envisager d'autres alternatives thérapeutiques afin de permettre cette réduction de temps de traitement actif. Prévoir la durée d'un traitement de façon précise est relativement difficile compte tenu des différentes variables impliquées dans les mouvements dentaires (coopération des patients, réponses parodontale et osseuse individuelles, fréquence de décollement de boîtiers, etc.); en réduire la durée représente un défi en soi et ne se limite pas à l'expérience et à l'habileté de l'orthodontiste traitant.

Malgré les techniques et les matériaux qui ne cessent d'évoluer, il est encore difficile de diminuer la durée globale d'un traitement orthodontique. Avec l'arrivée des différentes méthodes qui ont pour but d'accélérer le mouvement dentaire, les praticiens doivent en établir la validité scientifique et clinique afin de s'assurer de prodiguer le traitement optimal aux patients sans leur causer préjudice. Quoique la réduction de la durée de la phase active de

traitement demeure un objectif important de la planification, il n'en demeure pas moins qu'il faille d'abord optimiser l'esthétisme, la fonctionnalité et la stabilité du résultat escompté.

Du point de vue des patients, le succès en orthodontie est étroitement lié à la capacité de prévoir de façon précise la durée du traitement. En effet, les patients désirent savoir combien de temps ils devront porter les broches bien avant d'avoir ces dernières en bouche<sup>(4)</sup>. Dès le traitement débuté, ils demandent fréquemment quand le tout sera retiré.

Quelques études ont traité des facteurs pouvant augmenter ou réduire la durée de traitement orthodontique, mais peu d'entre elles ont réussi à quantifier en nombre de jours cette fluctuation selon les différentes variables mises en cause. De plus, quoique certaines publications aient mis de l'avant l'impact du décollement de boîtiers orthodontiques sur le prolongement du traitement, aucune étude n'a actuellement émis de conclusions sur l'effet de la position du boîtier décollé, du fil utilisé lors du décollement ou de la phase du traitement lorsque ceci est survenu.

Cette étude a donc pour but principal de quantifier et d'évaluer la variation du temps de traitement orthodontique en fonction des différents facteurs incluant le décollement des boîtiers orthodontiques sachant que les avantages inhérents d'une estimation plus précise sont à la fois bénéfiques pour le patient et pour l'orthodontiste.

Il est à noter que cette étude est réalisée conjointement à celle du Docteur Charles Gandet, co-résident au programme d'orthodontie de l'Université de Montréal et dont le projet de recherche est intitulé : « *Évaluation et quantification de différents facteurs influençant le temps de traitement orthodontique* ».

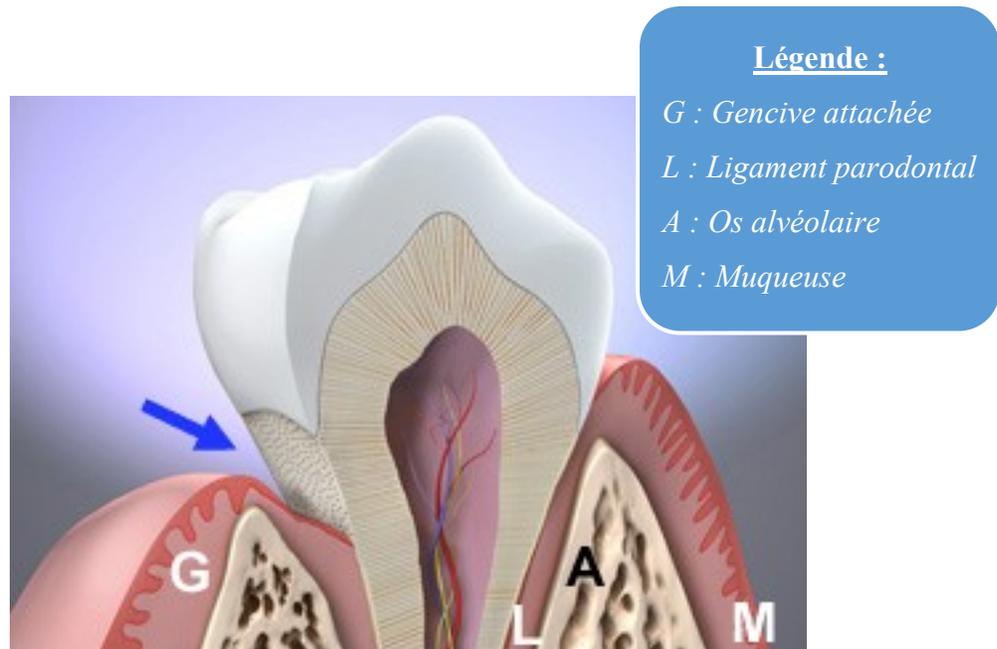
## **Chapitre 2. Recension des écrits**

Le but principal de l'orthodontie étant de traiter les malocclusions dentaires et squelettiques tout en minimisant les effets indésirables pour les patients, la variable *temps* prend toute son importance<sup>(5)</sup>. Quel est donc le facteur clé qui permettrait de réduire le port d'appareillage orthodontique fixe ou amovible? Avant de discuter plus précisément des notions entourant la variation du temps de traitement, il est important de décrire de façon détaillée la base du mouvement orthodontique afin de comprendre le phénomène qui permet de modifier la position des dents sur les arcades dentaires.

### **2.1 Phénomène du mouvement dentaire**

#### **2.1.1 Le parodonte**

La dent est maintenue dans son alvéole par le ligament parodontal qui la relie à l'os adjacent (Figure 1). Le ligament parodontal est une composante du parodonte et a pour rôle principal de soutenir la dent dans son environnement osseux, soit l'os alvéolaire. Les autres composantes du parodonte comprennent : la gencive attachée, la muqueuse, le ciment et les différents éléments des réseaux sanguins et nerveux<sup>(6)</sup>. Il est primordial que le parodonte soit sain pour favoriser les déplacements dentaires lors d'un traitement orthodontique. Par exemple, l'atteinte parodontale peut restreindre l'amplitude du mouvement dentaire lorsqu'il y a récession gingivale avec perte osseuse ou nuire au bon mouvement dentaire dans le cas d'une gencive très fibreuse et/ou hyperplasique<sup>(6)</sup>.



**Figure 1 : Parodonte avec récession gingivale <sup>(7)</sup>**

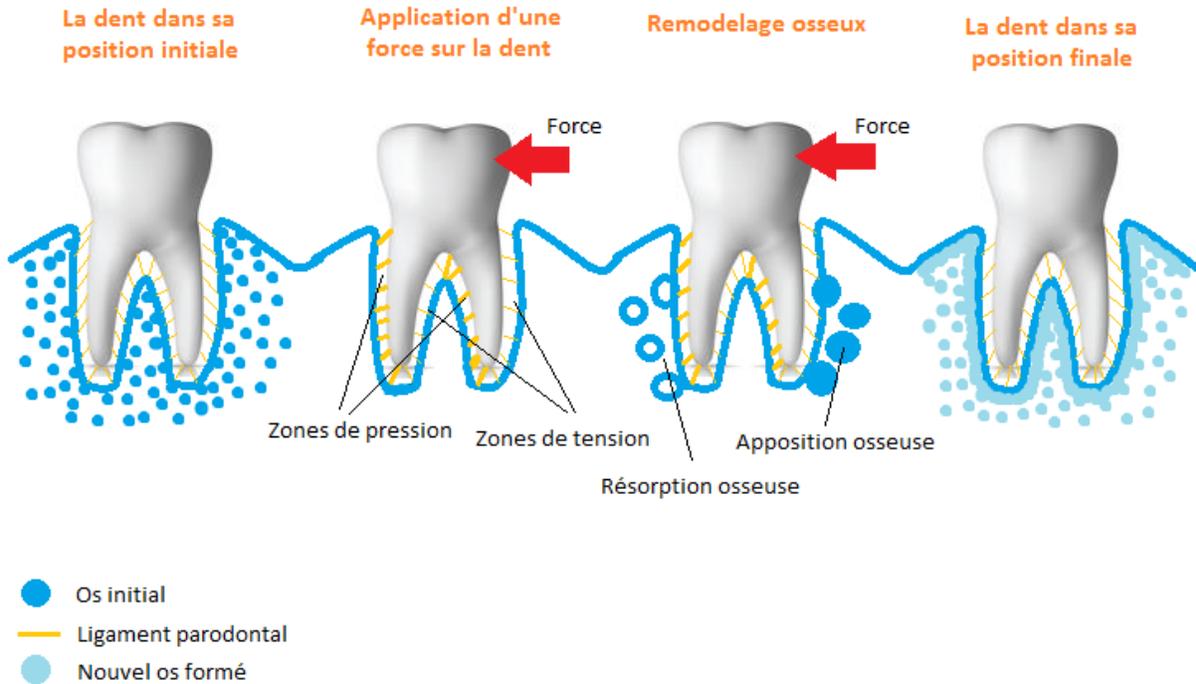
(Image adaptée de [www.fr.colgateprofessional.ca/](http://www.fr.colgateprofessional.ca/))

### **2.1.2 Les étapes du mouvement orthodontique**

Le principe de base du mouvement orthodontique consiste à appliquer un système de forces sur une dent ou sur un groupe de dents. En présence de ce stimulus mécanique, une cascade cellulaire de différents médiateurs inflammatoires est initiée. Les cellules impliquées parviennent ensuite au ligament parodontal et à l'os alvéolaire via les vaisseaux sanguins environnants. Ces cellules spécialisées provoqueront le remodelage de l'os alvéolaire et du ligament parodontal permettant ainsi le mouvement dentaire<sup>(8, 9)</sup>.

Il est généralement admis que les changements environnementaux au sein du réseau de capillaires entourant le ligament parodontal permettent une apposition osseuse du côté de la tension et une résorption osseuse du côté de la pression générée par la force. En ce sens, le processus inflammatoire associé au mouvement orthodontique stimule à la fois l'activité et le nombre d'ostéoclastes, d'ostéoblastes et d'ostéocytes provoquant la séquence d'apposition et de résorption osseuses, ce phénomène étant régulé par les différents facteurs biochimiques et mécaniques<sup>(9)</sup>. Par la suite, la dent se retrouve dans une nouvelle position où elle est entourée d'un os immature, rendant cette nouvelle position dentaire instable. Cette instabilité persiste

pour environ trois mois jusqu'à ce que le remodelage osseux soit complété et qu'un nouvel os mature entoure la dent déplacée (Figure 2) <sup>(6)</sup>.



**Figure 2 : Mouvement orthodontique** <sup>(10)</sup>

(Image adaptée de Gauthier et al, *Interactions médicamenteuses et remodelage osseux en orthodontie*)

## 2.2 Accélération du mouvement orthodontique

Plusieurs études ont démontré le potentiel de certaines techniques pour réduire la durée du traitement orthodontique sans pour autant augmenter les effets biologiques indésirables. En plus de réduire le temps de traitement, l'accélération du mouvement orthodontique permettrait de créer une enveloppe de mouvements plus importante, d'appliquer des mouvements dentaires différentiels et d'améliorer la stabilité post-traitement<sup>(9)</sup>. Cependant, il n'y a pas encore d'évidence scientifique sur le sujet.

Les procédures d'accélération du mouvement orthodontique peuvent être classifiées en trois différentes catégories : approche biologique, approche chirurgicale et approche par stimulation mécanique ou physique<sup>(11)</sup>.

### **2.2.1 Approche biologique**

Plusieurs études démontrent l'effet positif de l'utilisation de certaines molécules pour accélérer le mouvement orthodontique. Quoique majoritairement effectuées sur modèle animal, ces études tendent à démontrer que l'augmentation du remodelage osseux se produit aussi chez les humains<sup>(8, 9)</sup>. Plus précisément, selon ces études, cette augmentation serait liée à une concentration élevée de plusieurs protéines telles les cytokines, c'est-à-dire d'interleukines comme les *IL-1*, *IL-2*, *IL-3*, *IL-6*, *IL-8*, du facteur de nécrose tumorale (*TNF*) et du *receptor activator of the nuclear factor- $\kappa$ B* (*RANKL*). La présence d'un stress mécanique suite à l'application d'une force orthodontique augmente la production de prostaglandines E (*PGE*) et d'interleukines. Ces dernières stimuleraient la fonction des ostéoclastes tandis que les *PGE* augmenteraient le nombre total d'ostéoclastes. De plus, en présence de calcium, l'injection de prostaglandine stabiliserait la résorption radiculaire tout en accélérant le mouvement orthodontique<sup>(12)</sup>. Selon Kale *et al*, la vitamine D serait encore plus efficace que la prostaglandine pour accélérer le remodelage osseux<sup>(13)</sup>. Les résultats obtenus suite à l'injection locale de vitamine D sur des rats démontrent un mouvement orthodontique jusqu'à 60 pour cent (%) plus rapide que le groupe contrôle et ce, grâce à l'augmentation du nombre d'ostéoclastes du côté de la pression<sup>(14)</sup>.

En tant que régulateur majeur de l'homéostasie du phosphate et du calcium, la parathormone (PTH) a gagné l'attention des scientifiques par ses effets paradoxaux sur le métabolisme osseux. Selon le protocole (dose et mode) d'administration, la PTH a l'unique habileté de causer soit l'apposition osseuse soit la résorption osseuse. En ce sens, des doses faibles et intermittentes sont administrées de façon systémique dans le traitement de l'ostéoporose puisque ce mode d'administration augmente la solidité des os et prévient les fractures en causant l'apposition osseuse, contrairement à l'infusion continue qui mène à la perte osseuse. Une étude publiée par Soma *et al* en 1999 démontre l'effet bénéfique de l'injection en continue de parathormone sur l'accélération du mouvement dentaire chez les rats. En effet, la

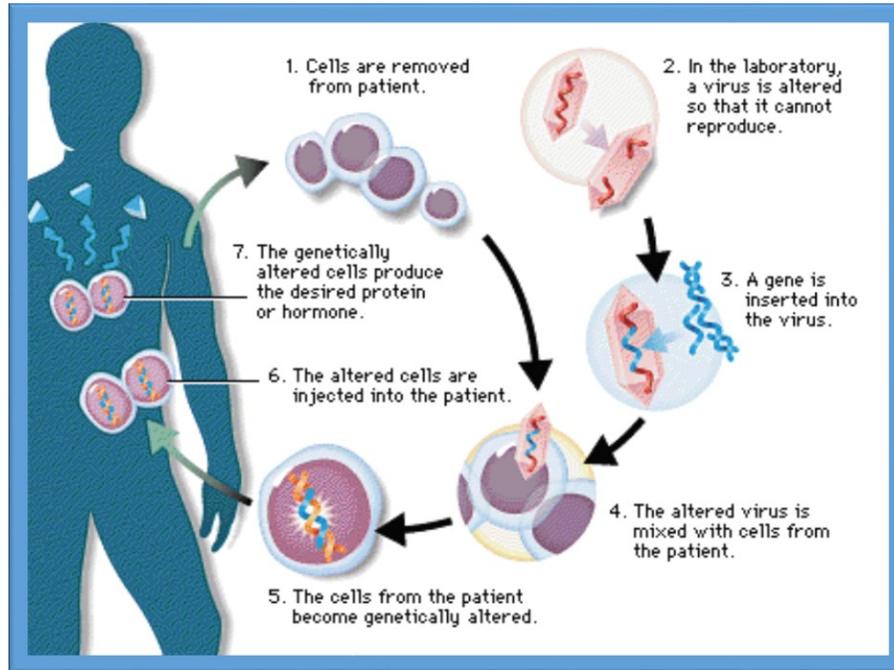
PTH a permis de doubler la vitesse du mouvement mésial des molaires comparativement aux contrôles<sup>(15)</sup>.

Les auteurs ont suggéré que l'administration continue de PTH améliore la résorption osseuse ostéoclastique au niveau du tissu parodontal sous compression mécanique sans perte d'os systémique. Cependant, il est impossible d'exclure la possibilité que l'injection systémique de PTH puisse augmenter la résorption osseuse à des endroits non désirés. Par conséquent, il semble théoriquement plus approprié d'injecter la PTH localement dans le ligament parodontal de la dent à déplacer, ce qui réduirait du même coup la dose administrée. Bien qu'aucun effet systémique indésirable n'ait été détecté dans la première étude, Soma *et al* ont réalisé en 2000 une deuxième étude similaire avec injection locale de PTH dans le ligament parodontal des dents à déplacer. Il a été démontré que l'administration par injection locale au niveau du ligament parodontal avec libération lente accélérât encore plus le mouvement dentaire sans avoir d'effets systémiques sur la minéralisation osseuse et sans affecter l'activité biologique de la PTH<sup>(16)</sup>.

L'activité ostéoclastique est intimement liée au ratio entre deux molécules, le *receptor activator of the nuclear factor- $\kappa$ B (RANK)* et l'ostéoprotégérine (*OPG*). La protéine RANKL, par l'activation du récepteur RANK, a pour actions principales de stimuler la différenciation des pré-ostéoclastes en ostéoclastes, d'en assurer le niveau d'activité et d'en prolonger la durée de vie en empêchant leur apoptose. De son côté, l'OPG est une glycoprotéine qui représente un récepteur piège de RANKL. En effet, l'OPG agit comme un leurre et bloque la liaison au récepteur RANK empêchant l'activation de RANKL et l'activité ostéoclastique. Le système RANKL/OPG est donc le médiateur de la communication intercellulaire entre les ostéoblastes et les ostéoclastes. Le ratio entre le niveau d'expression de RANKL/OPG par les ostéoblastes contrôle la résorption ostéoclastique, reflète le niveau d'ostéoclastogénèse et détermine la masse osseuse. Ainsi, lorsque le ratio est en faveur des molécules *RANKL*, il se produit une importante différenciation cellulaire ostéoclastique menant au remodelage osseux et possiblement à l'accélération des mouvements dentaires<sup>(17)</sup>. Cette théorie est supportée par d'autres études menées sur l'ostéoporose, les problèmes parodontaux et l'ostéosarcome, toutes des conditions pathologiques associées à un remodelage osseux marqué<sup>(18)</sup>.

Iglesias-Linares *et al* ont mis de l'avant une technique utilisant la thérapie génique pour accélérer les mouvements dentaires (Figure 3). Cette méthode a été testée sur des rats et

consistait à faire pénétrer sélectivement la protéine *RANKL* au sein des cellules du sujet animal dans le but de provoquer une surexpression locale de cette molécule et ainsi profiter de son impact thérapeutique positif.



**Figure 3 :** Étapes de la thérapie génique <sup>(19)</sup>

(Image adaptée du site <http://www.trip2medi.com>)

Les résultats *in vitro* de cette étude ont démontré une augmentation de 46% de l'expression de *RANKL* au niveau des cellules ayant reçu le transfert de gènes (transfection) ainsi qu'un taux de résorption osseuse supérieur de 37,9% par rapport aux sujets contrôles. Quant aux résultats *in vivo* chez les rats, aucun effet n'a été décelé tant sur la croissance que sur la densité osseuse générale de l'animal. De plus, le groupe de sujets ayant reçu la transfection présentait non seulement un taux de mouvement dentaire plus élevé que le groupe témoin (41,27%), mais aussi plus élevé que le groupe ayant subi une corticotomie (23,61%). Il est à noter que ce dernier groupe a tout de même démontré un mouvement dentaire plus rapide que le groupe contrôle. En résumé, la transfection génique de *RANKL* a permis une augmentation

de la résorption osseuse et a eu un impact direct sur le mouvement orthodontique, ce qui laisse croire que la molécule *RANKL* contribue au phénomène d'accélération du mouvement dentaire<sup>(9)</sup>. L'avantage principal de la thérapie génique par rapport à la corticotomie semble résider dans le fait que le taux de mouvement dentaire ait augmenté linéairement plutôt que d'être très élevé au moment initial pour ensuite chuter graduellement jusqu'à ne plus voir d'impact réel<sup>(18)</sup>. Quoique très prometteuse, la thérapie génique doit, bien entendu, être étudiée davantage en ce qui a trait à la toxicité probable, aux effets secondaires et à l'efficacité clinique chez les humains.

Contrairement aux molécules décrites précédemment, l'hormone relaxine a plutôt un effet sur le remodelage des tissus mous. Elle permettrait d'augmenter le collagène dans le ligament parodontal au site de tension et de le diminuer au site de pression<sup>(20)</sup>. Cependant, son efficacité sur l'accélération du mouvement orthodontique reste controversé; certaines études ayant démontré une désorganisation structurelle au sein du ligament parodontal menant à une augmentation de la mobilité dentaire plutôt qu'à une accélération du mouvement orthodontique<sup>(21, 22)</sup>. Les résultats d'une méta-analyse publiée en 2015 abondent dans le même sens, l'injection de relaxine n'ayant pas donné d'effet positif cliniquement ou statistiquement significatif sur le mouvement orthodontique<sup>(23)</sup>. De plus, il a été démontré que l'injection locale de relaxine, tout comme la prostaglandine, la vitamine D<sub>3</sub> et l'ostéocalcine, provoque un inconfort à l'injection ainsi qu'une possible douleur locale à ce site par la suite<sup>(24)</sup>.

### **2.2.2 Approche chirurgicale :**

Le but de l'approche chirurgicale est généralement d'augmenter le remodelage osseux en induisant volontairement un dommage à l'os environnant les dents dont le mouvement est désiré.

L'idée d'accélérer le mouvement dentaire en augmentant le remodelage osseux via l'induction volontaire d'un traumatisme osseux ou parodontal n'est pas récente. En effet, plusieurs auteurs supportent le *regional acceleratory phenomenon* (RAP) lié à diverses techniques adjuvantes au traitement orthodontique pour diminuer le temps global<sup>(18)</sup>. Le principe de ce phénomène est qu'il y a augmentation du remodelage osseux localement où il y a induction

d'un traumatisme, que ce soit par incisions ou micro perforations osseuses<sup>(25)</sup>. Conjointement à la technique de corticotomie, il est possible de couvrir l'os exposé par une greffe osseuse avant la fermeture du site. Cette technique est décrite comme *accelerated osteogenic orthodontics* (AOO)<sup>(6)</sup>.

Ainsi, plusieurs techniques ont été développées et utilisées avec le temps. Tout d'abord, il existe la chirurgie alvéolaire interseptale qui se divise en distraction du ligament parodontal et distraction de l'os dentoalvéolaire. Cette technique est plus couramment utilisée dans la distalisation rapide d'une canine dans le site d'extraction d'une première prémolaire. Liou et al décrivent une technique lors de laquelle l'os interseptal se trouvant au distal de la canine est réduit chirurgicalement d'environ 1 à 1,5 mm et l'avéole est approfondie à la longueur de la canine. Ceci permet de diminuer la résistance au mouvement du côté de la pression lorsque la dent est tractée dans le site d'extraction et l'alvéole est approfondie à la longueur de la canine afin de diminuer la résistance au mouvement du côté de la pression lorsque la dent est tractée dans le site d'extraction. Cela favorise donc un mouvement plus rapide de la canine puisque l'os initialement compact est affaibli et permet la rétraction canine de 6-7mm en seulement 3 semaines<sup>(26)</sup>.

Une seconde technique est l'ostéotomie où un segment complet est séparé au niveau de l'os médullaire afin de le déplacer en bloc à l'endroit désiré<sup>(27)</sup>. La corticotomie est similaire à l'ostéotomie à la différence qu'il s'agit seulement de l'os cortical qui est coupé et perforé et qu'il n'y a pas de déplacement d'un bloc osseux (Figure 4). Ces incisions osseuses permettent ainsi de diminuer la résistance au mouvement dentaire. Elle a été initialement appliquée par Kole, puis par plusieurs autres personnes qui ont modifié la technique afin d'améliorer les résultats<sup>(28)</sup>. La technique chirurgicale reconnue consiste en des perforations peu profondes de l'os cortical et ce, parallèlement à l'axe des racines dentaires.



**Figure 4 : Corticotomie** <sup>(29)</sup>

(Image adaptée de Al-Naoum et al, *Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial*, 2014)

L'avantage de ce type de chirurgie est qu'elle est sécuritaire et il n'y aurait pas de complication associée comme la perte de vitalité dentaire, les problèmes parodontaux ou la résorption radiculaire<sup>(30)</sup>. Les études publiées tendent à démontrer une accélération du mouvement orthodontique en autant que l'activation de l'appareillage fixe ou amovible soit faite rapidement après la chirurgie et que l'intervalle entre les rendez-vous soit rapproché. Néanmoins, d'autres études sont nécessaires pour confirmer ces résultats<sup>(29, 31)</sup>.

Plus récemment, la piézocision est apparue dans la littérature comme nouvelle technique pour accélérer le mouvement orthodontique et pouvant être utilisée autant avec un appareillage fixe qu'avec un traitement par coquilles correctrices (Figure 5). Cette technique combinerait donc l'avantage d'un traitement esthétique et accéléré avec un traumatisme moins important<sup>(9, 32)</sup>. Il s'agit de faire une incision primaire dans le tissu gingival et de faire ensuite une incision de la corticale buccale avec un couteau chirurgical piézoélectrique<sup>(33)</sup>.



**Figure 5 : Piézocision**<sup>(34)</sup>

(Image adaptée de Sebaoun et al, *Traitements orthodontiques accélérés par piézocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires*, 2011)

Cette technique combine plusieurs avantages : diminution de l'inconfort durant la chirurgie, des morbidités post-opératoires et des complications futures, incision sélective des tissus minéralisés sans affecter les tissus mous adjacents, ainsi qu'une meilleure visualisation du champ opératoire pour une meilleure précision chirurgicale<sup>(35)</sup>.

Une revue systématique parue dans l'*European Journal of Oral Implantology* en 2015 traite de l'efficacité des procédures chirurgicales et non-chirurgicales pour accélérer le mouvement dentaire orthodontique. Le résultat global des études incluses est que la réduction de l'os interseptal augmente la vitesse de déplacement dentaire durant les deux premiers mois ainsi que le total du mouvement dentaire à trois mois. La corticotomie présente plutôt des résultats controversés selon les études, allant de non significatif à très significatif pour le cumulatif de mouvement dentaire. Néanmoins, il semble clair que cette intervention chirurgicale augmente significativement la vitesse du mouvement orthodontique jusqu'à 2,3 fois plus élevée que normal et ce, durant les premiers mois suivants la chirurgie<sup>(23)</sup>. Quelques semaines plus tard, suite à la corticotomie, il y a une stimulation dans la formation de nouvel os trabéculaire ainsi

qu'une augmentation de la densité osseuse et de sa quantité minérale<sup>(9)</sup>. Quoiqu'elles semblent très prometteuses, ces techniques nécessitent tout de même d'autres recherches de haute qualité pour appuyer leurs applications cliniques<sup>(23)</sup>.

Du point de vue des spécialistes, la corticotomie n'est pas recommandée d'emblée aux patients. Une étude de Kim et al a interrogé à l'aide d'un questionnaire les orthodontistes et les parodontistes sur leurs opinions concernant la procédure à savoir s'ils la recommandaient ou non. Plus de 50% des orthodontistes interrogés ne recommanderaient pas cette intervention pour accélérer le mouvement orthodontique. Ceux qui la suggèreraient limiteraient par contre leurs recommandations aux patients adultes, aux cas ayant une dent ankylosée, aux canines incluses ou aux patients susceptibles à la résorption radiculaire. De plus, au-delà de 90% des parodontistes sondés au cours de ce questionnaire ont mentionné qu'ils croyaient que cette procédure pouvait mener à des effets indésirables<sup>(36)</sup>.

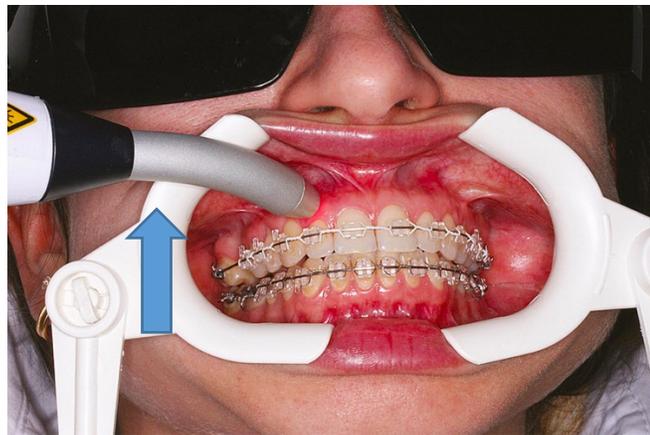
Le principe selon lequel les dents bougent plus rapidement en période post-chirurgicale a aussi été noté avec la chirurgie orthognatique. Ceci explique pourquoi certains orthodontistes préfèrent débiter par la phase chirurgicale et ensuite faire l'alignement dentaire, les décompensations et tous les mouvements nécessaires à l'obtention d'une occlusion idéale et ce, contrairement à l'approche conventionnelle où l'orthodontiste décompense la malocclusion complètement dans les trois ordres de l'espace avant de référer le patient au chirurgien pour déplacer les maxillaires chirurgicalement<sup>(25)</sup>. Selon Liou et al, le fait de débiter par la chirurgie orthognatique permet un mouvement dentaire plus facile et le tout, dans un délai de quatre à cinq mois post-opératoire<sup>(37)</sup>. Une autre étude clinique menée par les mêmes auteurs suggère qu'en regardant le niveau de phosphatase alcaline dans le sérum, on constate que lors d'une chirurgie orthognatique bi-maxillaire, il y a une augmentation de l'activité ostéoclastique systémique et des changements métaboliques dans le complexe dento-alvéolaire menant ainsi à une accélération post-opératoire de l'alignement dentaire orthodontique durant les trois ou quatre premiers mois post-chirurgical<sup>(38)</sup>. Outre ceci, la chirurgie orthognatique a l'avantage d'induire non seulement une augmentation régionale, mais aussi systémique de l'activité ostéoclastique et de la porosité de l'os alvéolaire<sup>(39)</sup>.

À l'opposé de la chirurgie orthognatique, l'ostéotomie interdentaire n'induit pas cette augmentation systémique, tel que démontré par les niveaux de sérum-bALP et sérum-ICTP.

Toutefois, les niveaux plus élevés de GCF-bALP et GCF-ICTP appuient l'augmentation régionale légère à modérée de l'activité ostéoblastique et ostéoclastique chez les sujets ayant eu l'ostéotomie moins extensive, similaire au RAP plutôt qu'à un processus de guérison d'une fracture osseuse. Ainsi, plus la chirurgie osseuse serait extensive, plus le remodelage osseux et la porosité alvéolaire seraient importants. Il faut toutefois prendre en considération certains facteurs pouvant faire varier l'intensité de cette réaction osseuse suite à une chirurgie, soit l'étendue du lambeau mucopériosté, le type de chirurgie et le mouvement orthodontique effectué<sup>(25)</sup>.

### 2.2.3 Approche par stimulation mécanique ou physique

Plusieurs autres techniques utilisant soit le courant électrique, soit la vibration, soit le champ électromagnétique pulsé, soit le laser à faible intensité ont été testées dans diverses études. Celle qui retient davantage l'attention est l'utilisation du laser à faible intensité, aussi appelé photomodulation (Figure 6).



**Figure 6:** Laser à faible intensité <sup>(40)</sup>

(Image adaptée de Andrade et al, *New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement*, 2014)

Son utilisation dans d'autres domaines est efficace pour stimuler la régénération osseuse, comme dans les cas de fractures osseuses<sup>(24, 41)</sup>. Le laser accélère le mouvement orthodontique puisqu'il joue un rôle dans la prolifération des ostéoclastes, des ostéoblastes et

des fibroblastes, cellules clés dans le remodelage osseux<sup>(8)</sup>. Sachant que le remodelage osseux est à la fois une combinaison d'apposition osseuse par les ostéoblastes et de résorption osseuse par les ostéoclastes, alors il est facile de comprendre que le laser peut accélérer le mouvement dentaire. Outre ceci, cette technique altère la réponse biologique, ce qui évite l'augmentation de la force exercée pour accélérer le mouvement orthodontique, ceci étant un avantage dans la notion d'ancrage dentaire<sup>(24)</sup>. Cette notion de stimulation biologique est pertinente chez les adultes puisqu'ils présentent une vascularisation moindre et donc, le laser permettrait d'accélérer le traitement jusqu'à 30% chez certains patients et ce, sans causer d'effets indésirables<sup>(24, 42)</sup>.

Une étude parue en 2004 dans le journal *Lasers in Surgery and Medicine* a démontré l'effet de l'irradiation durant dix secondes au laser diode 780 nm en mode continu avec une puissance de 5 J/cm<sup>2</sup>. Leurs conclusions étaient que le laser accélère le mouvement orthodontique chez l'humain sans causer de dommage aux tissus parodontaux, osseux et dentaires. Ils ont obtenu une réduction de l'espace d'extraction plus grande pour le groupe ayant été irradié au laser par rapport au groupe contrôle ainsi qu'une vitesse de rétraction augmentée et ce, pour la même durée de fermeture d'espace<sup>(42)</sup>.

Une deuxième étude démontre aussi les bénéfices du laser pour une utilisation analgésique. Les paramètres sont différents de ceux pour la bio-stimulation, c'est-à-dire une longueur d'onde de 800 nm en mode continu, une puissance de 0,7mW et un temps d'exposition de 30 secondes. Selon Doshi-Mehta et Bhad-Patil, les patients éprouvaient moins de douleur suite aux rendez-vous de contrôle lorsqu'ils étaient irradiés par le laser et ce comparativement aux patients contrôles qui expérimentaient une douleur après 24 à 48 heures<sup>(24)</sup>. Cette technique peut s'avérer intéressante pour réduire la douleur, car la catégorie d'analgésique couramment utilisée est les anti-inflammatoires non-stéroïdiens; ces molécules sont réputées pour réduire la vitesse du mouvement dentaire<sup>(43)</sup>.

Une revue systémique des interventions pour accélérer le mouvement orthodontique conclut que le laser à faible intensité est sécuritaire, mais ne permet pas d'augmenter le taux de mouvement dentaire comme nous pouvons le noter avec la corticotomie. Pour ce qui est des autres interventions, étant donné le manque d'évidences scientifiques pour démontrer leur efficacité, aucune recommandation n'est faite à l'égard de leur usage<sup>(44)</sup>.

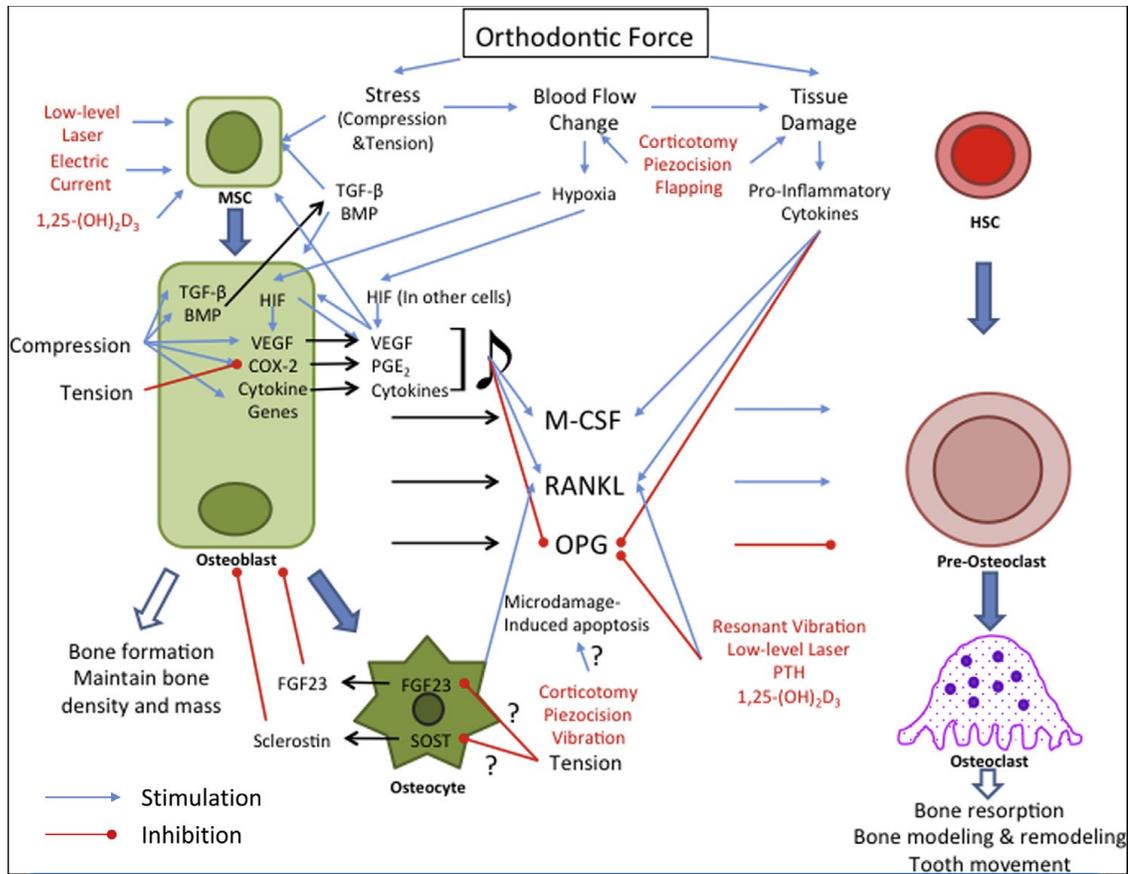
L'utilisation d'une vibration comme avec Acceledent® permet d'accélérer le mouvement orthodontique par la stimulation de la formation des ostéoclastes et l'augmentation de l'expression des *RANKL* (Figure 7) <sup>(9)</sup>. L'effet précis des diverses formes de vibration sur les structures osseuses est encore mal compris, mais les résultats cliniques semblent démontrer leur efficacité<sup>(9)</sup>. Cependant, une controverse existe à savoir si l'effet engendré est significatif<sup>(45)</sup>.



**Figure 7** : Accélération par vibration (Acceledent®) <sup>(46)</sup>

(Image adaptée du site <http://acceledent.com/>)

En somme, toute procédure utilisée dans le but d'accélérer le mouvement orthodontique doit être sécuritaire, efficace, rapide, à faible coût en causant le moins d'effets secondaires pour le patient. La figure suivante démontre les différents mécanismes cellulaires et moléculaires liés aux techniques précédemment discutées (Figure 8) <sup>(9)</sup>.



Méthodes pour accélérer le mouvement orthodontique en rouge.

MSC = mesenchymal stem cell, HSC = hematopoietic stem cell, HIF = hypoxia inducible factor, FGF = fibroblast growth factor.

**Figure 8** : Résumé des mécanismes moléculaires et cellulaires <sup>(7)</sup>

(Image adaptée de Huang et al, *Accelerated orthodontic tooth movement : Molecular mechanisms*, 2014)

## 2.3 Variables affectant la durée de traitement orthodontique

Quoique plusieurs études appuient l'utilisation de ces dernières techniques pour accélérer le traitement, il est aussi important de se pencher sur les facteurs pouvant eux-mêmes augmenter le nombre de mois en traitement actif. Une meilleure quantification de l'impact des différentes variables permettrait de sensibiliser les patients à porter une attention particulière à

ces facteurs en cours de traitement. Sachant qu'un traitement prolongé est associé à un résultat moins satisfaisant selon les critères de l'*American Board of Orthodontics (ABO)* par manque de coopération du patient, il est donc préférable d'en réduire la durée afin d'éviter un épuisement du patient. De plus, il est parfois recommandé de mettre fin à un traitement avant l'obtention d'une occlusion optimale afin d'éviter des dommages subséquents tels les dommages parodontaux, les résorptions radiculaires ou l'apparition de décalcification dentaire<sup>(47)</sup>.

En effet, Skidmore et al ont démontré que certaines variables peuvent altérer la durée globale comme par exemple le sexe masculin, la présence d'une malocclusion initiale de classe II, un chevauchement maxillaire de plus de 3 millimètres et un traitement impliquant des extractions<sup>(4)</sup>. Outre ceci, Fink et Smith ajoutent que cinq variables peuvent expliquer environ 50% des variations de durée de traitement entre les patients. Ces dites variables sont le nombre de prémolaires extraites, le nombre de rendez-vous d'urgence suite à un bris quelconque, l'angle du plan mandibulaire prétraitement, l'angle ANB prétraitement et l'index initial de Salzmann<sup>(48)</sup>.

Une étude rétrospective de Jarvinen et al publiée en 2014 se concentrait davantage sur les variables affectant la durée globale chez les jeunes âgés entre 7 et 13 ans lors du début de traitement. Leurs conclusions sont que 41% de la variation du temps de traitement orthodontique peut être expliqué par le sexe, le type de malocclusion, l'âge du patient au début du traitement, le type d'appareil utilisé, le nombre d'appareils utilisés et le nombre de rendez-vous manqués. Les variables qui prolongent le temps de traitement sont les patients de malocclusion I ou II division 1 qui sont traités par combinaison d'appareillages fixes et amovibles, les traitements précoces, un taux élevé de rendez-vous manqués et le fait d'utiliser plusieurs appareils<sup>(49)</sup>. Cette dernière variable a été mise de l'avant dans une seconde étude où seulement les traitements par appareils amovibles étaient analysés<sup>(50)</sup>.

Outre ceci, une revue systématique publiée par Mavreas et Athanasiou vient ajouter des facteurs qui influencent la durée de traitement orthodontique. Leurs conclusions sont que les traitements impliquant des extractions ou des canines supérieures incluses sont plus longs tandis que l'âge ne semblerait pas jouer de rôle sur la durée globale en autant que le patient soit déjà en dentition permanente lors du traitement. Aussi, plus un traitement d'une malocclusion de classe II division 1 débute tôt, plus il sera long. Quant aux traitements combinés ortho-chirurgie, la durée totale varie d'un praticien à l'autre. Malgré qu'il existe une controverse quant à la durée

des traitements effectués via le système de santé public, il en demeure tout de même que certains facteurs semblent y jouer un rôle, tel que la technique employée, l'expérience et le nombre d'opérateurs impliqués, la coopération du patient et la sévérité de la malocclusion initiale<sup>(51)</sup>. Afin d'en faciliter l'explication, toutes les variables étudiées auparavant seront classifiées selon qu'elles sont liées au patient, au diagnostic de la malocclusion, à la planification de traitement, à la technique utilisée ou à l'orthodontiste et aux auxiliaires traitants.

### **2.3.1 Variables liées au patient**

Avant toute chose, il est bien de faire comprendre aux patients que certains facteurs leurs sont directement corrélés. En effet, la coopération, le maintien d'une bonne hygiène, l'assiduité aux rendez-vous sont tous des exemples de variables liées aux patients qui peuvent mener à une augmentation du nombre de mois en traitement actif si non respectées<sup>(4, 52)</sup>. Un autre de ces facteurs consiste au décollement des boîtiers en cours de traitement. Néanmoins, ce phénomène n'est pas toujours imputable au patient et certaines variables se doivent d'être étudiées plus précisément. Puisqu'il s'agit du principal sujet de ce projet de recherche, une attention particulière y sera portée un peu plus loin pour bien décrire les différentes raisons possibles expliquant le décollement de boîtier ainsi que l'impact possible de ces décollements multiples.

Tout d'abord, il faut mentionner qu'il existe une controverse à savoir si les caractéristiques physiques du patient ont une influence sur la durée de son traitement. Certaines études avancent qu'un traitement orthodontique chez un garçon est plus long que chez une fille. L'âge pourrait aussi jouer un rôle, puisqu'il est démontré que les jeunes patients sont plus coopératifs que les adolescents, et que la durée globale de traitement est plus courte chez ces patients<sup>(4)</sup>. Selon d'autres études, l'âge du début de traitement n'est toutefois pas un facteur augmentant la durée de traitement tout comme son profil facial initial<sup>(53)</sup>. L'âge du patient n'influencerait pas la durée de traitement, en autant que celui-ci soit en dentition permanente<sup>(51)</sup>. La présence de dents primaires prolongerait toutefois le temps de port d'appareillage amovible et/ou fixe<sup>(2)</sup>.

Deuxièmement, la durée de traitement orthodontique est liée à la coopération du patient en ce qui a trait au port des élastiques, des appareils extra-oraux comme le headgear et des appareils amovibles. De même, un traitement plus long est aussi associé à un manque de

coopération du patient<sup>(4, 47)</sup>. Les élastiques inter-maxillaires ou intra-maxillaires sont beaucoup utilisés par les orthodontistes pour corriger différentes situations comme une malocclusion dentaire de classe II (Figure 9).



**Figure 9** : Élastiques inter-maxillaires <sup>(54)</sup>  
(Image adaptée du site [www.orthodontie-paris14.fr/](http://www.orthodontie-paris14.fr/))

Malheureusement, malgré la simplicité d'utilisation de cet auxiliaire, le résultat dépend principalement de la coopération du patient à bien porter les élastiques selon les recommandations émises. Les principales raisons données par les patients pour expliquer le non-port des élastiques sont la douleur, la lâcheté, l'oubli et l'embarras qu'ils causent en bouche, tant pour la phonétique, l'esthétique ou la restriction dans les mouvements mandibulaires<sup>(55)</sup>.

Chez les patients adultes traités par des orthodontistes d'expérience, la durée de port d'appareillage serait aussi grandement liée à la coopération. Notamment, le nombre de rendez-vous manqués ainsi que le nombre d'appareils utilisés et brisés peuvent à eux seuls prévoir 43,75% du total de variation de temps de traitement<sup>(53)</sup>. En somme, plusieurs études s'entendent pour dire que la coopération est un facteur clé dans la variation du temps de traitement<sup>(51, 53, 56)</sup>.

Selon Beckwith et al, chaque rendez-vous manqué, chaque boîtier ou bague recimenté et chaque mention au dossier pour une hygiène pauvre augmentent respectivement la durée de

traitement de 1,09 mois, 2 semaines et 0,67 mois. En plus de ces facteurs, le port d'un headgear prolonge le traitement de 3,66 mois et un traitement effectué en plus d'une phase ajoute 8 mois au traitement du patient<sup>(52)</sup>.

Selon Skidmore et al, les trois facteurs principaux liés au patient dans l'augmentation de la durée de traitement orthodontique sont une hygiène pauvre, une déficience dans le port des élastiques et le décollement des boîtiers<sup>(4)</sup>. Pour environ 5 à 10% des patients, le traitement cesse pour cause de mauvaise hygiène<sup>(1)</sup>. Également, l'accumulation de plaque au pourtour des boîtiers a pour effet négatif d'augmenter la susceptibilité à l'hyperplasie gingivale, aux décalcifications de l'émail, aux lésions blanches ou aux caries dentaires ainsi qu'aux dommages parodontaux comme la perte osseuse interproximale<sup>(1)</sup>.

Il existe aussi un lien avec le niveau scolaire du patient; plus il est faible, plus le traitement orthodontique sera prolongé<sup>(2)</sup>. Quant à l'influence du statut socioéconomique, les études sont non consistantes dans leurs résultats. Il pourrait toutefois y avoir un lien entre l'augmentation de la durée de traitement orthodontique et un statut socioéconomique faible<sup>(4)</sup>.

### **2.3.2 Variables liées au diagnostic de la malocclusion initiale**

Généralement, la croyance veut que plus les dents sont mal alignées, plus le traitement sera long pour rétablir une bonne occlusion. L'impact de la sévérité de la malocclusion initiale sur le temps de traitement est aussi controversé<sup>(53)</sup>. Fisher et al précisent qu'en effet, la présence d'un chevauchement maxillaire de plus de 6 mm, d'un surplomb horizontal sévère ou d'un surplomb vertical de plus de 80% haussent les chances de 2 à 3 fois d'augmenter le nombre de mois en traitement actif<sup>(2)</sup>.

Plusieurs auteurs ont déterminé plus précisément l'impact de certaines variables liées à la malocclusion qui prolongeraient le traitement orthodontique. Premièrement, la présence d'un articulé croisé antérieur serait une de ces variables selon Taylor et al<sup>(56)</sup>. Deuxièmement, une corrélation est présente entre le *discrepancy index (DI)* et la durée de traitement<sup>(57)</sup> (Figure 10). Plus précisément, des auteurs ont établi que pour chaque point additionnel dans le calcul du DI, le traitement est prolongé de 11 jours. Aussi, le traitement est prolongé de 119 jours pour chaque point ajouté dans le score pour une transposition dentaire. La durée de traitement augmente de 28-30 jours pour chaque point additionnel noté pour présence de chevauchement ou surplomb

horizontal et vertical augmenté. Quant à la présence d'une béance latérale ou s'il y a une augmentation des variables céphalométriques, la durée globale sera plus longue de 14 ou 5 jours respectivement par point comptabilisé<sup>(58)</sup>.

THE AMERICAN BOARD OF ORTHODONTICS	
<b>DISCREPANCY INDEX</b>	
CASE CATEGORY	_____
TOTAL D.I. SCORE	_____
CAST EVAL. SCORE	_____
<b>OVERJET</b>	
0 mm. (edge to edge) =	1 pt.
1 – 3 mm. =	0 pts.
3.1 – 5 mm. =	2 pts.
5.1 – 7 mm. =	3 pts.
7.1 – 9 mm. =	4 pts.
> 9 mm. =	5 pts.
Negative OJ (x-bite) 1 pt. per mm. per tooth =	
Total =	_____
<b>OVERBITE</b>	
0 – 3 mm. =	0 pts.
3.1 – 5 mm. =	2 pts.
5.1 – 7 mm. =	3 pts.
Impinging (100%) =	5 pts.
Total =	_____
<b>ANTERIOR OPENBITE</b>	
0 mm. (edge to edge) =	1 pt.
then 2 pts. per mm. per tooth	
Total =	_____
<b>LATERAL OPENBITE</b>	
2 pts. per mm. per tooth	
Total =	_____
<b>CROWDING</b>	
0 – 3 mm. =	1 pt.
3.1 – 5 mm. =	2 pts.
5.1 – 7 mm. =	4 pts.
> 7 mm. =	7 pts.
Total =	_____
<b>OCCLUSION</b>	
Class I to end on =	0 pts.
End on Class II or III =	2 pts. per side
Full Class II or III =	4 pts. per side
Beyond Class II or III =	1 pt. per mm. Additional
Total =	_____
<b>LINGUAL POSTERIOR X-BITE</b>	
1 pt. per tooth Total =	_____
<b>BUCCAL POSTERIOR X-BITE</b>	
2 pts. per tooth Total =	_____
<b>CEPHALOMETRICS</b>	
ANB > 5.5 or < -1.5 =	4 pts.
Each Additional Degree =	1 pt.
SN-GO-GN 27 deg. – 37 deg. =	0 pts.
SN-GO-GN > 37 deg. =	2 pts. per degree
SN-GO-GN < 27 deg. =	1 pt. per degree
IMPA > 98 deg. =	1 pt. per degree
Total =	_____
<b>OTHER 2 Points</b> = _____	
(See instructions)	
<b>INDICATE PROBLEM</b> _____	
_____	
_____	

**Figure 10 :** The American Board discrepancy index <sup>(59)</sup>

(Image adaptée de Cangialosi et al, *The ABO discrepancy index : A measure of case complexity*,2004)

Une seconde étude publiée dans l'*American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* en 2008 ajoute qu'il est même possible de prédire la durée du traitement orthodontique en se fiant à la complexité initiale du cas et ce, via le calcul du *discrepancy index (DI)* et du *treatment complexity index (TCI)*<sup>(60)</sup>. D'autres études tendent à infirmer ces propos en mentionnant qu'il n'existe pas de lien entre la sévérité du cas et la durée du traitement de ce dernier<sup>(61)</sup>. Il est donc important de rappeler qu'il existe une controverse quant à l'impact de la sévérité de la malocclusion initiale sur la durée globale de port d'appareillage fixe.

Selon Fisher et al, certaines variables céphalométriques notées à l'examen initial augmentent les chances de prolonger le traitement orthodontique. Ces variables sont une diminution de l'inclinaison de l'incisive maxillaire par rapport au plan horizontal de Frankfort et par rapport à NA, une diminution de l'angle SNB et une hauteur faciale du tiers inférieur diminuée<sup>(2)</sup>. D'autres variables ont aussi été associées à une augmentation de temps de traitement dont un angle ANB ou un angle FMA augmenté<sup>(48)</sup>.

Lorsque le patient présente une canine en position palatine, il est dit que le traitement pour amener cette dent en occlusion est plus long que standard. La position initiale de la canine ectopique et l'âge du patient présentant cette ectopie influencent grandement la durée du traitement<sup>(51)</sup>. Selon Bazargani et al, chaque millimètre entre la canine et le plan occlusal augmente d'environ 1,2 mois le temps de traitement actif<sup>(62)</sup>.

En somme, selon les auteurs, l'impact des variables comme la relation canine initiale ou la sévérité de la malocclusion diffère grandement<sup>(53)</sup>.

### **2.3.3 Variables liées au plan de traitement**

Le choix du moment opportun pour débiter un traitement orthodontique est une variable qui peut jouer sur le temps de traitement global d'un patient. Par exemple, le fait d'intervenir trop tôt chez un patient peut le décourager par l'ampleur temporelle que prend son traitement et ainsi le dissuader à bien coopérer. L'absence de coopération du patient vient ainsi s'ajouter, tel que discuté précédemment, aux facteurs qui allongent la durée de port d'appareillages fixes ou amovibles.

Une controverse existe d'ailleurs sur l'âge auquel un patient devrait débiter son traitement orthodontique, c'est-à-dire de déterminer s'il est préférable d'opter pour deux phases de traitement, soit une en dentition mixte et une seconde en dentition permanente, ou une seule phase coïncidant approximativement au pic de croissance. Une étude pilote publiée par Al-Shayea en 2014 conclut que l'orthodontiste doit considérer les risques et bénéfices, la durée globale estimée du traitement ainsi que les coûts associés à une intervention précoce ou tardive<sup>(63)</sup>. Le nombre de phases de traitement serait aussi un facteur lié à l'augmentation de la durée de traitement orthodontique selon Vig et al<sup>(52, 64)</sup>. Dans le même ordre d'idées, selon Mavreas et Athanasiou, plus le traitement d'une malocclusion de classe II division 1 est débuté tôt, plus longtemps il durera<sup>(51)</sup>.

Lorsque le plan de traitement orthodontique implique une ou des extractions, la durée de port d'appareillages fixes sera prolongée comparativement à un traitement sans extraction<sup>(2, 47, 61)</sup>. Selon une étude pilote menée au sein de cinq pratiques privées, une approche thérapeutique avec extraction peut prolonger le traitement jusqu'à environ 7 mois de plus qu'une approche ne nécessitant aucune extraction<sup>(64)</sup>. Une association est aussi décelée entre le nombre de dents extraites pour fin orthodontique et la quantification de l'augmentation du temps de traitement<sup>(51)</sup>.

Selon Taylor et al, la nécessité d'extraire une première molaire permanente influence de façon importante la durée globale de traitement<sup>(56)</sup>. Cette variable s'explique par la différence anatomique entre la largeur mésio-distale d'une première molaire permanente et d'une prémolaire. Puisqu'une différence de quelques millimètres est présente entre ces deux dents en faveur de la première molaire, il est logique de croire que la distance de fermeture d'espace du site d'extraction en est augmentée. Toutefois, cette dernière affirmation est purement mathématique et fait totalement abstraction des facteurs pouvant influencer la vitesse de fermeture d'espace, par exemple la mécanique utilisée ou simplement la densité osseuse.

Une autre étude analysant seulement les malocclusions de classe I a démontré que les extractions de prémolaires ont un effet direct sur l'augmentation du temps de traitement et la diminution de l'efficacité du traitement, c'est-à-dire d'obtenir une relation occlusale satisfaisante tant pour le patient et l'orthodontiste et ce, dans les plus brefs délais. Ceci est dû à la phase additionnelle de fermeture d'espace des sites d'extractions et est aussi lié au nombre de

dents extraites. Néanmoins, la sévérité initiale de la malocclusion de classe I n'a pas de corrélation avec la durée globale lorsque le traitement implique une ou des extractions<sup>(61)</sup>.

Selon Skidmore et al, la nécessité de faire une ou plusieurs extractions en cours de traitement lorsque celles-ci n'étaient pas initialement planifiées va aussi prolonger la durée du traitement orthodontique<sup>(4)</sup>.

Lorsque le traitement orthodontique est combiné à une chirurgie orthognatique, la durée globale est prolongée et ce, en lien étroit avec l'expérience du praticien. Effectivement, les orthodontistes qui débute de nombreux cas ortho-chirurgicaux par année complètent leurs traitements plus rapidement<sup>(51)</sup>.

### **2.3.4 Variables liées à la technique**

L'innovation des boîtiers orthodontiques et de leur prescription ainsi que des fils orthodontiques avec les nouveaux alliages comme le nickel-titane ont permis d'améliorer l'efficacité du traitement en contrôlant mieux les mouvements dentaires.

Maintenant, la majorité des orthodontistes utilise la technique du « *straight wire* », qui consiste à insérer un fil continu droit dans les boîtiers idéalement placés. Ces boîtiers ont une prescription adaptée pour chacune des dents en fonction des différences anatomiques et de leur position finale idéale en occlusion classe I ou de classe II selon ce qui est prévu. Ainsi, le positionnement des boîtiers au centre de l'axe facial de la couronne clinique de chacune des dents permet à celles-ci de bouger adéquatement dans les trois plans de l'espace lorsqu'une séquence de fils de différents alliages est utilisée. Des études tentent de développer l'outil de positionnement idéal des boîtiers afin d'optimiser le recollage de ceux-ci en cours de traitement dû à une mauvaise position initiale et ainsi augmenter l'efficacité du traitement. Par exemple, Mazzeo et al discutent de l'efficacité du FAQ.FIX<sup>®</sup> comparativement au positionnement à l'aide d'une jauge ou simplement de l'œil du praticien. Cet instrument permettrait le positionnement optimal du boîtier au niveau du point central de l'axe facial (*FA point*), que ce soit en technique de collage directe ou indirecte<sup>(65)</sup>.

Une revue systémique publiée en 2014 dans l'*European Journal of Orthodontics* discute de la durée globale de traitement entre des patients traités avec boîtiers auto-ligaturants

comparés à d'autres traités par boîtiers conventionnels. La conclusion principale, comme d'autres articles publiés sur le sujet, est qu'il n'y a aucun avantage en termes d'efficacité, de réduction du temps de traitement ou de diminution des effets secondaires avec l'utilisation des nouveaux boîtiers auto-ligaturants<sup>(57, 66)</sup>. Contrairement à ce que l'on pense, leur conclusion est que le temps de traitement global serait plus long avec les boîtiers auto-ligaturants<sup>(67)</sup>. Par contre, Papageorgiou et al ont mentionné que cette conclusion tirée dans l'article précédent est peut-être trop simplifiée et que d'autres publications seraient nécessaires pour démystifier le sujet. Également, leur affirmation finale porte à réflexion : « Les ostéoblastes et les ostéoclastes ne reconnaissent pas les fils et les boîtiers... »<sup>(68)</sup>. Rappelons que la base d'un mouvement orthodontique vient de l'action de ces cellules avant toute chose. Une revue systématique parue en 2013 ajoute qu'en l'absence d'évidences scientifiques valables, on ne peut pas conclure sur l'efficacité potentiellement supérieure des boîtiers auto-ligaturants<sup>(51, 69)</sup>.

Amditis et Smith ont évalué la durée de traitement orthodontique fixe en fonction de la dimension de la lumière des boîtiers *Edgewise* utilisés, soit 0,018" ou 0,022". Malgré qu'une différence statistiquement significative a été obtenue dans la durée de traitement, cette différence d'environ 1,5 mois en faveur des boîtiers possédant une lumière de 0,018" n'est pas cliniquement significative lorsque l'on considère qu'un traitement standard peut durer au-delà de 20 mois<sup>(70)</sup>. Des résultats similaires ont été publiés par Vu et al, soit que le traitement semble plus long pour les patients traités avec boîtiers de lumière 0,022", mais ce résultat est biaisé du fait que la majorité des boîtiers utilisés ont une lumière 0,018" faussant ainsi les résultats<sup>(60)</sup>.

Avec l'augmentation des demandes esthétiques par les patients, de plus en plus de praticiens utilisent des boîtiers en plastique ou en céramique dans la région antérieure afin qu'ils soient moins visibles que les boîtiers conventionnels métalliques. Malgré la différence dans la conception de ces boîtiers, il ne semblerait pas exister de différence dans la durée de traitement selon le type de boîtier choisi<sup>(53)</sup>.

Les techniques ont beaucoup évolué depuis la naissance de l'orthodontie. En effet, de grands orthodontistes ont mis de l'avant certains procédés pour permettre un meilleur contrôle du mouvement des dents dans les trois dimensions. Une étude comparative d'un traitement d'une malocclusion de classe I avec deux différentes techniques a été publiée en 2014 par le *Journal of Dental Research*. Les techniques de Begg et Edgewise ont été analysées chez 60

patients de sexe et d'âge similaires. La durée totale d'un traitement avec la technique de Begg était significativement plus courte que pour la technique Edgewise, soit 17,8 mois et 23,7 mois +/- 1,3 mois respectivement. Une seconde conclusion de cette étude est que la technique de Begg en plus d'être plus rapide, serait aussi plus efficace pour traiter une malocclusion buccale antéro-postérieure, verticale et transverse<sup>(71)</sup>.

Afin d'optimiser la mécanique pour chaque patient, certaines compagnies comme SureSmile<sup>®</sup> conçoivent des fils adaptés à la malocclusion et à sa progression en cours de traitement. Certaines études suggèrent que l'individualisation des boîtiers et/ou des fils orthodontiques permet de réduire le temps de traitement global<sup>(11)</sup>. Toutefois, peu importe la technique utilisée pour accélérer le traitement du patient, une diminution de 40 à 60% du temps global doit être atteinte pour que la majorité des orthodontistes soient intéressés à adopter cette technique dans leur pratique<sup>(11)</sup>.

Avec l'arrivée des coquilles correctrices transparentes (Invisalign<sup>®</sup>), les patients peuvent bénéficier d'un traitement esthétique, mais qu'en est-il de la durée globale de port de ces coquilles? Une controverse existe encore à savoir si cette nouvelle alternative de traitement est plus longue qu'un traitement conventionnel avec boîtiers. Le questionnement s'impose aussi pour l'efficacité de ces coquilles par rapport au traitement avec appareillage fixe en ce qui a trait à la finition des cas, à la rentabilité, au coût des matériaux et autres facteurs qui doivent être considérés dans le choix. Cette technique possède un inconvénient majeur, soit que la réussite du traitement est grandement influencée par la coopération du patient à porter ses coquilles assidument. Ceci peut donc prolonger la durée de traitement.



**Figure 11** : Coquilles correctrices Invisalign® (72)

(Image adaptée du site [www.invisalign.fr](http://www.invisalign.fr))

Une étude comparative de l'efficacité de ces deux techniques a été publiée en 2014 par Buschang et al. Les résultats sont que la technique conventionnelle avec boîtiers *edgewise* nécessite plus de rendez-vous de contrôle, que la durée globale du traitement est supérieure d'environ 5 mois et demi, qu'elle nécessite plus de temps de chaise tant pour les rendez-vous de contrôle que ceux d'urgence, mais que le coût des matériaux est nettement inférieur à celui des coquilles correctrices. Outre ceci, la durée globale de traitement par technique Invisalign® serait de 67% plus courte, car elle ne requiert pas de phase de finition, cette dernière pouvant prendre jusqu'à 6 mois avec la technique conventionnelle. Néanmoins, la controverse persiste à savoir si le traitement avec Invisalign® permet d'obtenir adéquatement une occlusion considérée idéale sachant que la finition de certains mouvements peut être difficile, la coquille n'exprimant pas toujours complètement la planification initiale réalisée sur le *ClinCheck*. Le *Clincheck* est une simulation virtuelle des mouvements dentaires qui seront obtenus avec la série de coquilles. Il faut garder en mémoire que cette planification est basée sur des calculs informatiques que le praticien peut modifier selon ses objectifs, et que cette simulation informatique ne tient pas toujours en considération la faisabilité de certains mouvements dentaires. Outre ceci, le temps passé à la chaise pour le patient est aussi diminué d'environ 50% lors des rendez-vous de suivi

Invisalign<sup>®</sup>, à l'exception du rendez-vous initial qui est généralement plus long et lorsque de la réduction inter-proximale doit être effectuée.<sup>(73)</sup>

### **2.3.5 Variables liées à l'orthodontiste et aux auxiliaires traitants**

L'expérience générale de l'orthodontiste traitant joue un rôle important dans la réduction du temps de traitement. Dans un cabinet d'orthodontie, plusieurs tâches peuvent être effectuées par les hygiénistes dentaires. La formation et l'expérience de ces auxiliaires sont aussi importantes que celles de l'orthodontiste lorsqu'il est question d'efficacité à la chaise et de travail bien accompli. Cela réduit au minimum les rendez-vous d'urgence, source non négligeable d'augmentation du temps de traitement actif. Cependant, il serait préférable d'assigner un patient à un orthodontiste et à un hygiéniste, car si plusieurs opérateurs traitent le patient, il y aura une augmentation possible de la durée du traitement<sup>(51)</sup>. Bref, une des clés de succès en orthodontie est le travail d'équipe entre plusieurs individus : l'orthodontiste, les hygiénistes, le patient et les parents.

## **2.4 Décollement des boîtiers orthodontiques**

### **2.4.1 Introduction**

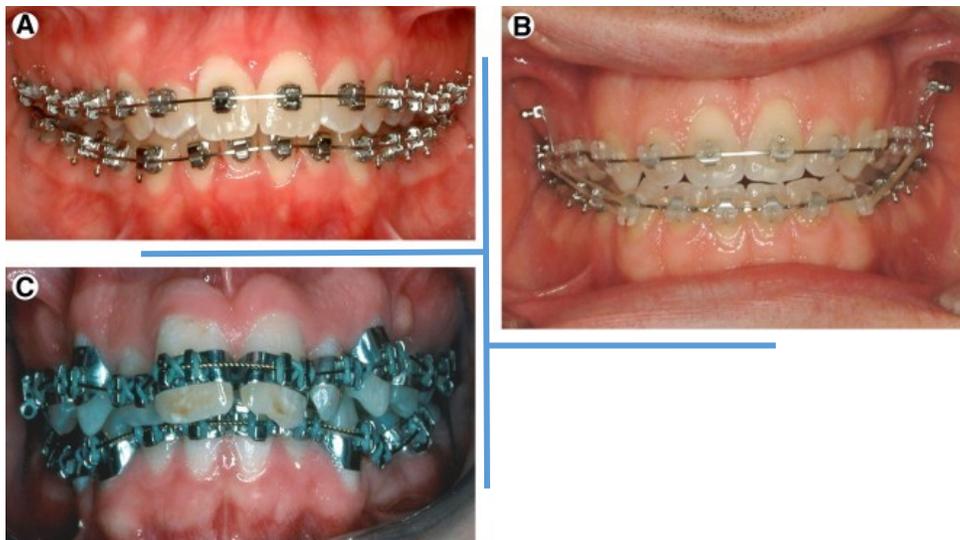
Il est dit par les praticiens que le décollement des boîtiers allonge la durée de port d'appareillages fixes mais, aucun consensus n'existe quant à l'impact temporel réel de ce phénomène. Actuellement, il y a très peu d'études qui quantifient la relation entre le décollement des boîtiers et l'augmentation du temps de traitement actif. Pourtant, il s'agit du deuxième facteur en importance pour contribuer à l'augmentation de la durée du traitement orthodontique<sup>(52)</sup>. Selon Fink et Smith, chaque rendez-vous additionnel pour un appareillage brisé ajoute 0,8 mois au traitement<sup>(48)</sup>.

Parmi les facteurs mentionnés dans les études, on retrouve le nombre de boîtiers décollés, la dent touchée par le décollement ou encore les malocclusions<sup>(4)</sup>. Une quantification précise serait bénéfique pour les orthodontistes afin de motiver les patients à porter une attention particulière à leurs appareils orthodontiques. Tel que mentionné auparavant, une diminution du temps de traitement aurait aussi des bénéfices physiologiques, financiers et autres.

Selon Robb et al, 46% de la variation dans la durée de traitement orthodontique peut être expliquée par le nombre élevé de rendez-vous d'urgence pour appareillage brisé ou décollé. De plus, ces deux dernières variables influencent pour environ un quart l'efficacité du traitement<sup>(74)</sup>. Il est donc évident que le décollement de boîtiers joue un rôle d'envergure lors d'un traitement orthodontique. Mais pourquoi les boîtiers se décimentent-ils?

## 2.4.2 Adhésion des boîtiers orthodontiques

Les premiers orthodontistes utilisaient des bagues adaptées à chacune des dents afin d'établir un système de force appliqué sur celles-ci (Figure 12). La dentisterie adhésive moderne est apparue en 1955 lorsque Michael G Buonocore a rapporté que les acides pouvaient être utilisés afin de modifier la surface de l'émail et la rendre plus réceptive à l'adhésion. Ce fut aussi une révolution en orthodontie puisque l'adhésion des boîtiers à l'émail permettait une gestion plus facile des cas ainsi qu'une amélioration de l'efficacité par diminution du taux d'échec de collage<sup>(75)</sup>. La technique de collage direct des boîtiers orthodontiques grâce à l'adhésion amélaire fut introduite en 1965 par Newman<sup>(76)</sup>.



**Figure 12** : Comparaison entre (A) boîtiers auto-ligaturants (Speed System Orthodontics, Strite Industries, Canada); (B) boîtiers céramiques (In-Ovation C, Dentsply GAC International, Bohemia, NY); (C) appareillage multi-bagues (Unitek, Monrovia, CA) <sup>(75)</sup>

(Image adaptée de Rossouw PE, *A historical Overview of the Development of the Acid-Etch Bonding System in Orthodontics*, 2010)

Le principe d'adhésion au substrat dentaire repose sur le processus d'échange lors duquel la matière dentaire inorganique est échangée contre une résine synthétique<sup>(77)</sup>. Ceci est possible grâce à l'attraction moléculaire entre deux surfaces et entre les molécules elles-mêmes. Il se crée alors une adhésion physique par les forces de Van der Waal et les liens hydrogènes ainsi qu'une adhésion chimique par les liens covalents et électrovalents<sup>(75)</sup>.

Les principes fondamentaux de l'adhésion orthodontique à l'émail suivent les étapes ci-dessous <sup>(75)</sup> :

1. Effectuer une prophylaxie des dents afin d'obtenir une surface propre.
2. Appliquer une solution aqueuse ou en gel d'acide phosphorique 37% durant environ 15 secondes sur la surface d'émail (création de rétention mécanique).
3. Rincer généreusement avec l'eau pour éliminer tout l'acide.
4. Assécher suffisamment sans humidité et sans huile jusqu'à l'apparition d'une surface blanche et crayeuse au niveau de l'émail mordancé.
5. Appliquer le scellant ou l'apprêt dentinaire.
6. Coller le boîtier avec une résine composite (idéalement photopolymérisable) tout en conservant le champ opératoire sec.
7. Polymériser le composite au pourtour du boîtier.

Avec l'espoir de faciliter l'adhésion, de nouvelles générations d'adhésifs sont apparues sur le marché. Par exemple, l'adhésif auto-mordancant combine l'acide et la résine adhésive dans une seule dosette qu'on applique sur la dent sans nécessité de rincer le tout. Cette génération d'adhésif est relativement simple et rapide à utiliser avec l'avantage de nécessiter moins de temps au retrait des boîtiers puisqu'il a tendance à rester en moins grande quantité sur la dent au décollement<sup>(78)</sup>. Quoique controversé, les études semblent démontrer un lien adhésif plus faible comparativement à la technique par mordantage conventionnel à l'acide

phosphorique<sup>(79-81)</sup>. Outre ceci, il a été prouvé qu'un émail sain n'est pas affecté par l'application d'acide et qu'il s'agit d'un processus réversible<sup>(75)</sup>. Ainsi, le futur nous fera sans doute découvrir de nouveaux produits, avec pour but commun d'optimiser le lien adhésif clinique tout en minimisant les dommages potentiels de cette adhésion au retrait des boîtiers orthodontiques. Puisqu'en orthodontie nous devons parfois coller les boîtiers sur des dents restaurées, une variété d'adhésifs a aussi été conçue afin de pallier aux échecs de collage sur les surfaces comme l'amalgame, l'or et la porcelaine.

Il y a aussi eu une évolution notable en ce qui a trait aux matériaux utilisés pour cimenter les bagues orthodontiques ou coller les boîtiers. Autrefois, l'utilisation des divers ciments (phosphate de zinc, polycarboxylate, oxyde de zinc-eugénol, etc.) était très populaire non seulement en dentisterie opératoire, mais aussi pour l'adhésion des appareillages orthodontiques. Avec l'invention de la résine *bisphenyl A glycidyl dimethacrylate* (Bis-GMA) en 1956, le lien adhésif créé était à la fois chimique et micromécanique par pénétration des irrégularités de surface de la dent et du boîtier, augmentant de beaucoup la force adhésive<sup>(75, 82)</sup>. Plus particulièrement en orthodontie, les résines adhésives utilisées ne contiennent pas d'eau et donc, une meilleure adhésion est obtenue lorsque l'émail est mordancé et complètement asséché. Le lien adhésif créé est davantage par rétention mécanique que chimique<sup>(82)</sup>.

La demande esthétique étant grandissante, les compagnies se sont vues dans l'obligation de manufacturer des boîtiers plus esthétiques afin de satisfaire la requête des patients. Les appareillages non métalliques sont apparus au cours des années 1980 avec les premiers boîtiers en plastique. Ils démontrent néanmoins plusieurs problèmes : une coloration du boîtier par l'alimentation et le tabagisme, une faible stabilité dimensionnelle, donc une précision de la lumière du boîtier diminuée ainsi qu'une friction importante entre le plastique du boîtier et le fil métallique. Ainsi, pour pallier à ces problèmes, les boîtiers en céramique furent développés vers la fin des années 1980. Malgré qu'ils ne présentent pas tous les problèmes énumérés ci-dessous, ces boîtiers ont aussi plusieurs faiblesses lors de leur utilisation : la possibilité de fracture du boîtier ou d'émail lors du retrait de celui-ci, l'usure des dents antagonistes au contact du boîtier, la friction entre le boîtier et le fil métallique, etc<sup>(6)</sup>. Contrairement aux appareillages métalliques dont la rétention à l'émail est principalement mécanique, les boîtiers en céramique se lient chimiquement à la structure dentaire en plus de l'adhésion mécanique existante. Ceci explique

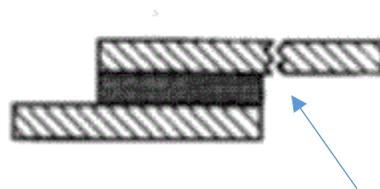
la cause d'obtention possible d'une fracture de l'émail au retrait de ceux-ci si les précautions ne sont pas prises.

Avec la variété de produits disponibles sur le marché (résine composite, verre ionomère, compomère, résine hybride, etc.), il devient difficile de savoir quel est le meilleur produit à utiliser. Une revue systématique des résines adhésives utilisées en orthodontie conclut que d'autres études sont nécessaires afin de statuer sur la résine ayant la meilleure efficacité clinique en termes de force adhésive au collage et au retrait, de sensibilité du matériau, du taux de décollement de boîtiers ou simplement de la prévention des déminéralisations de l'émail<sup>(83, 84)</sup>.

### 2.4.3 Types de fractures

Tout d'abord, il faut savoir qu'il existe divers types de fractures menant à la perte d'un boîtier orthodontique et celles-ci peuvent être classifiées selon l'endroit où se produit l'échec d'adhésion. Généralement, on parle de force en tension pour définir le maximum de force par unité carrée pour supporter un lien adhésif entre deux substrats par exemple<sup>(85)</sup>.

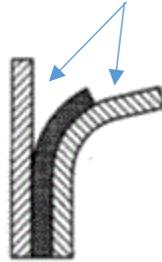
1. Fracture au sein du substrat : le lien adhésif est brisé puisque le substrat fracture (Figure 13). Par exemple, si un boîtier orthodontique est collé sur une couronne en céramique, il est possible qu'il y ait fracture au sein de la porcelaine (bris de la portion superficielle), ce qui mènerait au décollement du boîtier. Le même type de fracture peut se produire pour un boîtier en céramique collé sur l'émail, où l'émail va fracturer au retrait du boîtier.



**Figure 13** : Fracture au sein du substrat <sup>(85)</sup>

(Image adaptée du site [www.adhesiveandglue.com](http://www.adhesiveandglue.com))

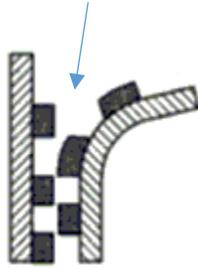
2. Fracture adhésive : le lien adhésif est brisé entre le substrat et la résine adhésive, à l'un ou l'autre des substrats impliqués (Figure 14). Par exemple, un boîtier orthodontique pourrait avoir un échec d'adhésion, soit entre la dent et la résine ou entre la résine et le boîtier. Selon le cas, la résine adhésive peut être soit sur la dent, soit sur le boîtier, soit partiellement sur les deux.



**Figure 14** : Fracture adhésive<sup>(85)</sup>

(Image adaptée du site [www.adhesiveandglue.com](http://www.adhesiveandglue.com))

3. Fracture adhésive entre deux résines adhésives : Lorsque deux résines sont impliquées dans le lien adhésif, il existe donc une troisième interface étant susceptible d'impliquer une fracture. Comme dans le cas d'une mise en bouche indirecte de boîtiers, cela implique à la fois la résine déjà présente sur le boîtier et la résine secondaire (sous forme A + B) que l'on ajoute à la dent et par-dessus la résine initiale pour créer le lien avec cette dernière. Ainsi, il peut se créer une fracture entre ces deux résines, ce qui cause l'échec d'adhésion.
4. Fracture cohésive : le lien adhésif est brisé, car il y a une fracture au sein de la résine adhésive elle-même (Figure 15). Ce type de fracture se présente lorsqu'une seule résine adhésive est impliquée. Un signe de ce type de fracture est qu'il persiste de la résine sur les deux substrats impliqués, donc à la fois sur le boîtier orthodontique et sur la dent.



**Figure 15 :** Fracture cohésive <sup>(85)</sup>

(Image adaptée du site [www.adhesiveandglue.com](http://www.adhesiveandglue.com))

5. Fracture hybride : il s'agit d'un mélange des différents types de fractures cités ci-dessus. On retrouve alors une fracture au sein de la résine adhésive, mais aussi des endroits où la fracture s'est produite à l'interface entre la résine adhésive et le substrat.

Les types de fractures sont d'une importance capitale en orthodontie lorsque nous avons à enlever les boîtiers orthodontiques, lorsqu'ils se décimentent dû à une force occlusale trop importante sur le boîtier ou tout simplement lorsqu'il y a eu contamination lors de la mise en bouche des appareillages orthodontiques. Le fait de décoller des boîtiers en cours de traitement prend non seulement du temps supplémentaire à la chaise lors du rendez-vous de contrôle pour le repositionner, mais nuit parfois aussi à l'évolution normale du traitement. Puisque la récurrence du mouvement dentaire s'effectue assez rapidement, il est fréquent qu'à ce rendez-vous il soit impossible d'insérer le fil orthodontique prévu initialement et parfois même, d'avoir à diminuer le diamètre ou à changer le type d'alliage du fil afin de permettre d'inclure à nouveau cette dent sur notre arc continu ou segmenté<sup>(6)</sup>.

Les boîtiers orthodontiques métalliques ne causent que très rarement des fractures au sein du substrat, car ils sont assez résistants aux forces masticatoires. La composition métallique en acier inoxydable confère aux ailettes des boîtiers une haute résistance à la fracture, tandis que la base conçue d'un alliage plus mou, permet un retrait plus facile des boîtiers par déformation de celle-ci. La rétention se fait grâce à un lien mécanique entre la base du boîtier et la résine adhésive. Dans ce cas, au retrait de ce type de boîtier ou lorsqu'il est décollé involontairement

par le patient, le maillon faible sera la résine adhésive donc, il y aura fracture cohésive de cette dernière<sup>(6)</sup>.

Ce sont les soucis d'esthétisme et l'amélioration de l'hygiène qui ont poussé les compagnies à manufacturer des boîtiers orthodontiques plus petits. Cependant, la réduction de la superficie de la base du boîtier les a aussi obligées à repenser la composition de cette base afin de pallier aux problèmes d'adhésion engendrés<sup>(75)</sup>. Que ce soit par conditionnement ou par application d'un jet de sable, la surface du boîtier doit optimiser la rétention possible tout en s'adaptant le mieux au contour de la dent afin d'obtenir une force adhésive convenable<sup>(75)</sup>.

Les premiers boîtiers orthodontiques esthétiques furent introduits dans les années 1980 (Figure 16). Généralement composés de polycarbonate ou de polyuréthane, les boîtiers en plastique avaient tendance à se déformer facilement. Cela était un avantage lors du retrait de ces boîtiers puisqu'ils se retiraient aisément sans fracture au sein de l'émail ou du boîtier. En revanche, ces boîtiers avaient aussi tendance à décoller plus facilement comparativement aux boîtiers métalliques<sup>(86)</sup>.



**Figure 16 :** Boîtier esthétique (Damon clear)<sup>(87)</sup>

(Image adaptée du site <http://www.ormco.com>)

Inversement, le retrait des boîtiers orthodontiques en céramique, volontaire ou non, est beaucoup plus difficile que celui des boîtiers en plastique étant donné que la force adhésive créée est importante. Cette dernière peut être si grande lors du collage de ces boîtiers que

lorsqu'on doit les retirer, il se produit une fracture de la surface de l'émail<sup>(88, 89)</sup>. La méthode de collage des boîtiers en céramique affecte donc grandement l'effet sur l'émail lors du retrait de ceux-ci<sup>(89)</sup>.

#### 2.4.4 Technique de cimentation des boîtiers orthodontiques

Comme vu précédemment, le type de boîtier peut jouer un rôle dans la force d'adhésion créée avec l'émail de la dent. Toutefois, une variable importante à considérer dans ce processus d'adhésion est la technique de collage des boîtiers. Il existe deux techniques pour la mise en bouche des boîtiers, soit la technique directe et la technique indirecte. Lors de la technique directe, les boîtiers sont placés individuellement sur chacune des dents par le praticien après isolation du champ opératoire dans la bouche du patient. L'orthodontiste prépare la dent de façon conventionnelle par mordantage à l'acide phosphorique 37% puis application d'un adhésif ou simplement par application d'un adhésif auto-mordançant. Ensuite, la résine adhésive sélectionnée est appliquée sur la base du boîtier avant d'être placée sur la dent (Figure 17).

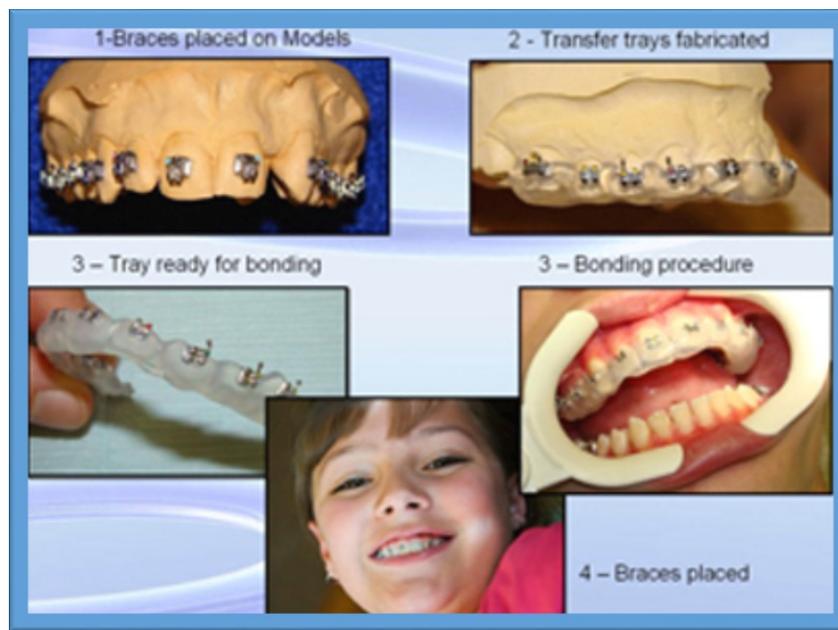


**Figure 17** : Collage direct des boîtiers orthodontiques <sup>(90)</sup>

(Image adaptée du site <http://i.ytimg.com/vi/ySMJeTseGZ0/maxresdefault.jpg>)

La technique indirecte diffère par le fait que les boîtiers sont d'abord positionnés sur un modèle de pierre avant d'être collés en bouche à l'aide d'un médium de transfert. En effet, une empreinte de l'arcade visée est prise quelques jours avant la date prévue de mise en bouche des

broches. Une fois le positionnement des boîtiers complété, ceux-ci sont incorporés dans un putty ou autre matériau malléable afin de former une gouttière contenant tous les boîtiers. Cette gouttière ainsi que les dents sont ensuite préparées selon les recommandations standard, et la mise en bouche s'effectue en une seule étape via l'utilisation d'une résine adhésive auto-polymérisable sous forme base et catalyseur ou d'une résine photopolymérisable si l'intermédiaire de transfert des boîtiers permet le passage de la lumière à polymériser (Figure 18).



**Figure 18 :** Collage indirect des boîtiers orthodontiques (91)

(Image adaptée du site <http://www.calerabraces.com>)

Grâce à cette technique, l'orthodontiste peut orienter le boîtier en regardant la dent sous différents angles pour permettre une meilleure précision dans le positionnement selon la planification établie. Cependant, il existe une controverse à savoir si cette technique mène réellement à une diminution du nombre de visites et du temps global de traitement par rapport à la technique directe de collage des boîtiers<sup>(92)</sup>.

Des études menées en laboratoire sous conditions idéales démontrent que les forces d'adhésion délivrées par les techniques directe et indirecte sont très similaires<sup>(93)</sup>. Puisque le champ opératoire est plus difficile à contrôler lors de la mise en bouche indirecte des boîtiers, il serait normal de penser qu'il y ait plus de décollements de boîtiers associés à cette technique. Peu d'études se sont penchées sur l'évaluation de cette variable in-vivo, cependant, onze orthodontistes utilisant l'une ou l'autre de ces deux techniques ont participé à une étude comparative. Les résultats obtenus sont qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux méthodes pour ce qui est du nombre total de boîtiers décollés, du nombre de boîtiers décollés selon la dent, du temps global de traitement et du nombre total de visites pour le patient. Donc, quelle que soit la technique utilisée, ce qui importe au final c'est l'efficacité du traitement en temps autant pour l'orthodontiste que pour le patient<sup>(92)</sup>.

Selon Bozelli et al, le temps total nécessaire pour faire une mise en bouche de boîtiers de façon indirecte incluant le temps de laboratoire et le temps de chaise est similaire à une mise en bouche directe. Par contre, si on considère seulement la phase clinique, la technique indirecte est nettement plus rapide. Ils ont aussi évalué la prévalence de boîtiers décollés entre les deux techniques et aucune différence significative n'a été décelée<sup>(94)</sup>. Nous pouvons donc en conclure qu'il s'agit d'une préférence de l'orthodontiste et qu'habituellement, le fait de travailler avec une seule technique, en améliorera grandement l'efficacité.

#### **2.4.5 Types de boîtiers orthodontiques**

Actuellement, il existe très peu d'études publiées sur l'influence des différents boîtiers sur le taux d'échec de cimentation. Comme mentionné auparavant, les boîtiers en plastique auraient davantage tendance à se décimer par rapport aux boîtiers métalliques<sup>(86)</sup>. Une évaluation entre les différents boîtiers existant sur le marché serait pertinente pour orienter l'orthodontiste traitant dans sa sélection. En effet, il serait aussi intéressant de déterminer s'il existe une corrélation entre le taux d'échec de collage des boîtiers et la grandeur ou la composition de la base du boîtier orthodontique. Un autre facteur pouvant être intéressant à investiguer est la présence de résine adhésive déjà appliquée sur le boîtier comparativement à l'ajouter nous-même lors de la mise en bouche. Les études actuelles se concentrent surtout à

évaluer l'efficacité des différentes résines adhésives qui se renouvellent constamment pour améliorer la force d'adhésion entre l'émail de la dent et le boîtier orthodontique<sup>(95)</sup>.

## **2.5 Effets de l'accélération du mouvement dentaire**

### **2.5.1 Avantages pour le patient**

Les patients qui terminent leur traitement dans le temps prédit sont plus satisfaits et donc, plus enclins à référer par la suite. Une meilleure prédiction du temps global de traitement permet une meilleure estimation des coûts pour le patient et pour l'orthodontiste<sup>(52, 58)</sup>. Ceci a aussi l'avantage de permettre une meilleure communication avec le patient et ainsi, d'établir une bonne relation de confiance.

Selon une étude parue en 2013 dans le journal *Progress in Orthodontics*, réduire la durée d'un traitement est non seulement un défi pour l'orthodontiste traitant afin de satisfaire aux exigences du patient, mais aussi pour diminuer le risque d'effets néfastes telles les caries dentaires, les récessions gingivales ou les résorptions radiculaires<sup>(5, 8, 9, 11, 44)</sup>. Quoique controversé selon les études publiées, il ne semblerait pas exister un lien entre la durée de traitement et l'apparition de lésions blanches, communément appelées *White spot lesions (WSL)*<sup>(96)</sup>. Leurs apparitions sont plutôt liées à la mauvaise hygiène en cours de traitement. Néanmoins, ces dernières peuvent causer préjudice à l'esthétique finale lors du retrait des boîtiers.

Sachant que le port d'appareillages fixes augmente la difficulté de maintenir une hygiène orale adéquate, il est préférable de réduire au minimum la durée du traitement. Une mauvaise hygiène entraîne non seulement une possibilité accrue de déminéralisations dentaires, mais peut aussi causer des effets indésirables sur le complexe parodontal comme l'apparition d'hyperplasie gingivale ou de perte osseuse<sup>(6)</sup>. Ainsi, pour toutes les raisons citées précédemment, il est clair que la réduction du temps de traitement orthodontique est favorable même s'il n'est pas prouvé clairement que l'apparition des WSL soit en lien direct avec un traitement prolongé.

Comme discuté précédemment, une meilleure évaluation de l'impact de certains facteurs associés au patient permettrait d'encourager ce dernier à porter une attention particulière à ses

appareillages en cours de traitement pour ne pas en prolonger le port. Cette quantification temporelle encouragerait aussi le patient afin d'éviter toute démotivation de sa part, ce qui peut nuire grandement au succès de son traitement orthodontique.

### **2.5.2 Avantages pour l'orthodontiste**

Les avantages pour l'orthodontiste d'un traitement plus court sont assez similaires à ceux pour les patients. Que ce soit pour la rentabilité de pouvoir traiter plus de patients et de les rendre plus satisfaits, l'accélération du mouvement dentaire peut avoir un impact financier positif. De plus, comme mentionné lors de la discussion des techniques qui accélèrent le mouvement, cela peut être très utile dans la gestion d'ancrage critique et lors de mouvements plus complexes.

Enfin, les résultats d'une telle étude permettraient à certains orthodontistes d'être éclairés quant aux choix liés à leurs protocoles, soit le type de boîtier utilisé, la technique de collage, les produits utilisés, etc., donc, sur toutes variantes dans le protocole pouvant avoir un impact négatif sur la durée de traitement.

### **2.5.3 Impact sur le complexe bucco-dentaire**

Comme vu précédemment, les bénéfices sont non seulement pour le patient, mais aussi pour l'orthodontiste traitant<sup>(4)</sup>. Vouloir accélérer le mouvement orthodontique est une chose, mais il faut néanmoins s'assurer de ne pas causer d'effets indésirables. Un dommage causé aux tissus environnants ou directement à la dent peut non seulement nuire à l'efficacité du traitement, mais aussi empêcher de parvenir aux objectifs visés initialement en début de traitement. Des complications majeures peuvent même survenir et mener à la perte de la dent si le tout n'est pas bien géré.

Une étude s'est penchée sur la relation possible entre le mouvement dentaire et la résorption radiculaire, plus précisément sur l'impact qu'ont l'amplitude de la force et la durée du traitement. Tout d'abord, ce n'est pas une surprise de voir qu'ils en sont arrivés à la conclusion qu'une force continue plutôt qu'une force interrompue est mieux pour obtenir un mouvement dentaire. En contrepartie, malgré ce que l'on aurait pu croire, il ne semble pas y avoir de lien entre les deux types de forces et la résorption radiculaire. De plus, selon cette étude,

une augmentation de l'amplitude de la force appliquée sur la dent ne semble pas non plus être liée à une augmentation de l'incidence ou de la sévérité de résorption radiculaire<sup>(97)</sup>

Il existe donc une multitude de variations individuelles en ce qui a trait au mouvement dentaire, à la résorption radiculaire et aussi à son potentiel de réparation<sup>(97)</sup>. Quoique encore mal expliqué, le phénomène de résorption radiculaire doit être bien géré lorsqu'il est présent pour minimiser les risques subséquents pour le patient<sup>(6)</sup>.

# Chapitre 3. Objectifs et hypothèses

## 3.1 Objectifs

L'objectif principal de cette étude cohorte rétrospective est d'évaluer et de quantifier l'impact des différentes variables sur la durée du traitement orthodontique.

### 3.1.1 Objectifs secondaires

- Obtenir une quantification en nombre de mois pour la modification des variables liées au patient : coopération, rendez-vous manqués, décollement des boîtiers, port des élastiques, âge et sexe du patient.
- Obtenir une quantification en nombre de mois pour la modification des variables liées à l'orthodontiste : technique de collage, qualité du collage, type de boîtiers, produits utilisés et expérience de l'orthodontiste.
- Obtenir une estimation la plus précise possible en fonction de la malocclusion, des données céphalométriques, du plan de traitement et autres variables diagnostiques.

## 3.2 Hypothèses

### 1. Hypothèse de recherche :

Le temps de traitement orthodontique sera prolongé lorsque :

- La technique de collage directe sera utilisée
- Plusieurs boîtiers seront décollés en cours de traitement
- Le(s) boîtier(s) décollé(s) sera(ont) en position postérieure
- Le décollement de boîtier se fera en finition
- Le fil présent en bouche lors du décollement sera rigide
- La malocclusion sera importante

- Le traitement nécessitera des extractions
- Le patient démontrera une mauvaise coopération/ non port des élastiques
- Le patient aura un taux élevé de rendez-vous manqués
- Le traitement sera débuté à un jeune âge
- Le patient sera de sexe masculin
- Le clinicien responsable sera moins expérimenté

2. Hypothèse nulle :

Il n'y a aucun effet des variables précédemment citées sur la durée globale de traitement orthodontique.

### 3.3 Résultats attendus

- Variation en fonction des caractéristiques du patient
  - Plus le traitement sera commencé jeune, plus le temps de traitement sera long.
  - Les traitements chez les garçons seront plus longs que les traitements chez les filles.
- Variation en fonction de la malocclusion initiale et des données céphalométriques
  - Plus la malocclusion est sévère, plus le temps de traitement sera long.
  - Plus les données céphalométriques s'éloignent de la normale, plus le traitement sera long.
  - Les traitements avec extractions seront plus longs que les traitements sans extraction.
- Variation en fonction de la coopération
  - Les patients qui ne portent pas leurs élastiques ou ayant un taux élevé de rendez-vous manqués auront un traitement plus long.

- Variation en fonction de la technique de collage
  - La durée du traitement sera plus élevée pour une technique de collage directe.
- Variation en fonction du fil utilisé lors du décolllement
  - Plus le fil présent en bouche au moment du décolllement est rigide, plus le traitement sera long.
- Variation en fonction de la phase de traitement orthodontique
  - Plus le boîtier est décollé tardivement, plus le traitement sera long.
- Variation en fonction de la localisation du décolllement
  - Plus le décolllement se produit en postérieur, plus le temps de traitement orthodontique sera long.
- Variation en fonction du nombre de boîtiers décollés
  - Plus le nombre de boîtiers décollés est important, plus le traitement sera long.

## **Chapitre 4. Article**

# **Variation du temps de traitement orthodontique en fonction de différents facteurs incluant le décollement de boîtiers.**

Gauthier, Mélanie, DMD

Gandet, Charles, DMD

Nishio, Clarice, DMD, M.Sc., Ph.D., F.R.C.D.C.

Montpetit, Andrée, DMD, M.Sc., F.R.C.D.C.

Rompré, Pierre, M.Sc.

El-Khatib, Hicham, DMD, M.Sc., F.R.C.D.C.

Section orthodontie, Faculté de médecine dentaire, Université de Montréal, Montréal (Québec), Canada

Adresse de correspondance :

Hicham El-Khatib

Faculté de médecine dentaire

Université de Montréal

3525 Chemin Queen Mary

Montréal, (Québec), Canada, H3V 1H9

## RÉSUMÉ

**INTRODUCTION :** Une des préoccupations principales des patients concerne la durée globale du port des appareils orthodontiques. Ils désirent obtenir un résultat esthétique et fonctionnel en un minimum de temps. Avant de se porter vers des approches censées diminuer le temps de traitement, il est essentiel de comprendre avant tout les facteurs qui peuvent le rallonger. Une correction rapide et de qualité des malocclusions est à la fois profitable au patient et au praticien traitant. Cela diminue les effets secondaires liés à un traitement prolongé (carie, perte osseuse, déminéralisation de l'émail, etc.) tout en permettant à l'orthodontiste de mieux prévoir les coûts et dépenses découlant du bon fonctionnement de la clinique.

**OBJECTIF :** L'objectif de la présente étude est d'évaluer et de quantifier les différentes variables pouvant influencer le temps de traitement orthodontique.

**MATÉRIELS ET MÉTHODES :** L'étude compte 300 dossiers de patients suivis en rétention à la clinique d'Orthodontie de l'Université de Montréal. Huit d'entre eux ont été exclus en raison d'un mauvais suivi de leur traitement suite à des problèmes de santé ou pour cause de données manquantes. Les variables suivantes ont été extraites des dossiers : les informations du patient, les données cliniques et radiologiques liées aux malocclusions, les éléments de la planification et de l'exécution du traitement et ce qui a trait à la coopération du patient. Les analyses statistiques effectuées sont des analyses uni-variées (chi-carrée, t-test et ANOVA) pour identifier les variables ayant un effet sur le temps de traitement. La normalité de distribution des données a été vérifiée par un test Shapiro-Wilk. Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée statistiquement significative. Par la suite une régression multiple a été utilisée pour construire un modèle permettant de prédire le temps de traitement.

**RÉSULTATS ET DISCUSSION :** Nous avons trouvé que la coopération est un des facteurs importants dans la variation du temps de traitement. Chaque rendez-vous manqué (RVM) et chaque boîtier décollé augmentent la durée de port d'appareillages fixes de 2,3 mois et 1 mois respectivement. Les variables ayant un impact sur la durée de la phase active sont nombreuses, allant de la planification des extractions jusqu'au protocole de traitement choisi. Par exemple, l'utilisation de l'adhésif *Assure*® et de la résine *Transbond XT*™ permettent un traitement plus effectif en un temps moindre, tout en limitant le nombre de boîtiers décollés. L'âge n'a pas d'influence contrairement à la sévérité de la malocclusion initiale (surplomb horizontal [OJ] et surplomb vertical [OB]), qui, par exemple, augmente la durée de traitement d'environ 10 jours par point du *discrepancy index* (DI) ou encore de 0,7 mois par millimètre de sévérité de classe II selon *Angle*. Les données récoltées nous ont permis d'établir le modèle de prédiction suivant :  
**Temps de traitement estimé = 12,606 mois + 0,316 (si homme) + 0,084 x (valeur OJ) + 0,301 x (valeur OB) + 0,339 X (Point de DI) + 0,699 x (Sévérité Cl II) + X (valeur de la résine) + Y (valeur de l'adhésif) + Z (valeur du boîtier) + 4,297 (si extractions) + 4,163 (si port élastiques) + 1,750 (si clinicien anciennement gradué) + 2,297 x (par RVM) + 0,971 x (par boîtier décollé).**

**CONCLUSION :** Selon les résultats de cette étude, le temps de traitement orthodontique est influencé par les facteurs suivants selon leur ordre d'importance : extraction(s), coopération, malocclusion initiale, produits de collage et boîtiers utilisés, expérience du clinicien et sexe.

**Mots-clés :** Orthodontie, temps de traitement, coopération, boîtier décollé, malocclusion

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** One of the main concerns of orthodontic patients is the overall treatment time wearing braces. The patient's desire is to obtain an aesthetic and functional result in minimum time. Prior to considering approaches which are supposed to reduce treatment time, it is essential to understand the factors that may lengthen it. A quick and efficient correction of the malocclusion is both beneficial to the patient and to the treating orthodontist. This reduces the potential side effects of prolonged treatment (caries, bone loss, white spot lesions, etc.), while allowing the orthodontist to better control office expenses arising from the proper functioning of the clinic.

**OBJECTIVE:** The objective of this study was to evaluate and quantify the variables that may influence the orthodontic treatment time.

**MATERIALS & METHODS:** The study included records of 300 retention patients who were treated at the graduated Orthodontic Clinic, Faculty of Dentistry, University of Montreal. Eight of them were excluded due to poor monitoring of their treatment related to health problems or because of lacking data. The following variables were evaluated: patient's age and sex, the clinical and radiological data related to the malocclusions, the elements used in the planning and execution of treatment and the degree of patient cooperation. Uni-varied analyses (chi-square, t-test and ANOVA) were used to identify variables that affect treatment time. The data distribution normality was evaluated by the Shapiro-Wilk test. A p value <0.05 was considered statistically significant. Subsequently, a multiple regression analysis was used to build a model to predict the treatment time.

**RESULTS & DISCUSSION:** We found that cooperation was an important factor in the variation in treatment time. Each missed appointment (MA) and each debonded bracket requiring rebonding increased the active time with fixed appliances by 2.3 months and 1 month, respectively. There are numerous variables affecting the duration of the active phase, ranging from planning extractions to other selected treatment protocols. For example, the use of Assure<sup>®</sup> resin and Transbond XT<sup>™</sup> adhesive resulted in a more effective and shorter treatment time, while limiting the number of debonded brackets. Age had no influence as opposed to the severity of the initial malocclusion (overjet [OJ] and overbite [OB]) which, for example, increased the treatment time by about 10 days per point of *discrepancy index* (DI) or 0.7 months per millimeter of class II according to the *Angle* classification. The collected data allowed us to establish the following prediction model: **estimated treatment time = 12.606 months + 0.316 (if male) + 0.084 x (OJ value) + 0.301 x (OB value) + 0.339 x (per point of DI) + 0.699 x (Severity of Cl II) + X (type of adhesive) + Y (type of resin) + Z (type of bracket) + 4.297 (if extractions) + 4.163 (if elastics needed) + 1.750 (if clinician graduated more than 15 years ago) + 2.297 x (by MA) + 0.971 x (by the number of debonded brackets).**

**CONCLUSION:** This study revealed that the duration of orthodontic treatment is influenced by the following factors in order of importance: extraction (s), cooperation, initial malocclusion, adhesive and resin products, bracket type, clinician's years of experience and patient gender.

**Keywords:** Orthodontics, treatment time, cooperation, debonded bracket(s), malocclusion

## INTRODUCTION

En orthodontie, les patients souhaitent obtenir un résultat non seulement esthétique et fonctionnel, mais tout cela dans un délai le plus court possible. La première question souvent posée après la mise en place des appareils orthodontiques est la suivante : « Dans combien de temps aurais-je terminé mon traitement ? »

Une bonne estimation du temps de traitement est à la fois importante pour l'orthodontiste et pour le patient, cela permet une meilleure communication entre eux et établit dès le début du traitement des attentes réalistes quant à la durée de ce dernier. Pour le praticien, il en va de même pour évaluer les coûts globaux du traitement et proposer le tarif le plus juste possible. Un traitement prolongé est préjudiciable pour le patient, car pouvant entraîner des résorptions radiculaires, des déminéralisations de l'émail, des problèmes parodontaux ou encore des caries (6, 98, 99).

Il existe plusieurs approches afin d'accélérer le traitement orthodontique, la première est chirurgicale et comprend les corticotomies, la piézocision, la chirurgie alvéolaire inter-séptale et les ostéotomies. Toutes ces techniques ont un point commun : traumatiser l'os alvéolaire afin de créer un mécanisme inflammatoire favorisant ainsi le mouvement dentaire<sup>(31)</sup>. Il faut tout de même noter que ce sont des techniques chirurgicales invasives, ce qui explique la réticence des praticiens comme des patients à opter pour cette alternative de réduction du temps de traitement<sup>(11)</sup>. D'autres approches moins invasives ont été proposées dans la littérature telles que les injections de molécules (cytokines, prostaglandines, vitamines, hormones, etc.) ou encore la thérapie génique. Les premiers résultats sur modèle animal sont prometteurs mais leur utilisation n'est pas encore d'actualité dans nos pratiques quotidiennes considérant les risques que cela peut entraîner pour les patients<sup>(9, 18)</sup>.

Devant la problématique chirurgicale et la nécessité d'une deuxième intervention, plusieurs compagnies ont développé des auxiliaires de traitement afin d'en réduire la durée. Un exemple est l'utilisation des vibrations avec *AcceleDent*<sup>®</sup>, lorsque porté environ 20 minutes par

jour, il permettrait une accélération du temps de traitement global. Les résultats sont encore controversés et il est encore difficile d'en conclure que l'appareil a un effet significatif<sup>(9, 45)</sup>.

Le développement des boîtiers auto-ligaturants est venu avec la pensée qu'ils réduiraient le temps de traitement en facilitant les mouvements dentaires, en diminuant le temps à la chaise lors des rendez-vous de contrôle tout en limitant le nombre de cas autrefois nécessitant des extractions. La littérature n'est pas aussi optimiste que les compagnies ; elle démontre clairement que la diminution du temps de traitement ne peut pas être un argument de vente. Il semblerait que l'avantage principal de ce boîtier réside dans le fait qu'il permet un meilleur contrôle de la plaque dentaire et une facilité d'utilisation au fauteuil<sup>(57)</sup>.

La littérature mentionne certains facteurs tels que le sexe masculin, la présence de malocclusion de classe II, un chevauchement maxillaire de plus de 3 mm et un traitement impliquant des extractions comme facteurs pouvant augmenter la durée du traitement orthodontique<sup>(4)</sup>.

Le patient n'a pas d'influence sur ces variables comme il peut en avoir sur sa coopération, son maintien d'une bonne hygiène, son assiduité aux rendez-vous ainsi que sur le nombre de boîtiers décollés en cours du traitement. En effet, tout manquement à ce niveau entraîne une augmentation en nombre de mois du traitement actif. Il est important d'expliquer clairement à nos patients le rôle qu'ils ont à jouer afin d'achever le traitement dans un temps le plus raisonnable possible.

Il est dit par les praticiens que le fait de décoller des boîtiers allonge la durée de port d'appareillage fixe mais, aucun consensus n'existe quant à l'impact temporel réel de ce phénomène. Actuellement, il y a très peu d'études qui quantifient la relation entre le décollement des boîtiers et l'augmentation du temps de traitement actif. Beckwith *et al* ont quantifié l'impact de ces différents facteurs sur le temps de traitement orthodontique global; ils ont conclu que chaque boîtier décollé et chaque rendez-vous manqué ajoutait 2 semaines et 1 mois respectivement au temps de traitement initialement prévu<sup>(52)</sup>.

Le but de notre étude est d'évaluer et de quantifier ces différentes variables dont certaines déjà mises en avant par d'autres auteurs, tout en les comparant à nos résultats obtenus dans une clinique universitaire. En plus d'évaluer ces différentes variables, cette étude a pour objectif d'établir un modèle de prédiction du temps de traitement orthodontique.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Échantillon :**

Il s'agit d'une étude cohorte rétrospective intra-universitaire (#-15-043-CERES-D et #-15-044-CERES-D) approuvée par le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) de l'Université de Montréal (Annexe 1 et 2). Puisque cette étude consiste à réviser les dossiers de patients traités à l'Université, l'analyse et la récolte des données sont conformes à l'autorisation signée par le patient qui doit être dûment complétée avant tout traitement. Ce consentement stipule : « Je reconnais le caractère d'enseignement de la clinique d'orthodontie de la Faculté de médecine dentaire de l'Université de Montréal. Tous les éléments du dossier clinique (photos, modèles d'études, diapositives et radiographies) peuvent servir à des conférences scientifiques ou à l'enseignement. »

Les dossiers sélectionnés sont de patients en rétention et suivis actuellement par les résidents en orthodontie de deuxième et troisième années. Nous disposons d'une banque de données d'environ 1200 patients qui ont effectué la totalité de leur traitement orthodontique à l'Université de Montréal (UdeM). Nous avons effectué la prise de données sur 300 dossiers correspondant à nos critères d'inclusions et d'exclusions.

Les critères d'inclusions sont les suivants :

- Patients de tous âges en dentition permanente
- Sexe masculin et féminin
- Malocclusion de classe I, classe II ou classe III
- Méthode de collage des boîtiers directe ou indirecte toutes résines confondues

- Tous les types de boîtiers
- Patients ayant effectué en totalité leurs traitements à la clinique d'orthodontie de l'UdeM
- Traitement terminé en classe I avec surplombs horizontal et vertical adéquats

Les critères d'exclusions sont les suivants :

- Agénésies dentaires ou dents surnuméraires à l'exception des troisièmes molaires
- Canine(s) incluse(s) ou autre(s) dent(s) incluse(s)
- Cas nécessitant chirurgie orthognatique
- Retrait prématuré des boîtiers pour cause de cessation de traitement demandée par le patient
- Traitement en méthode Invisalign® et orthodontie linguale

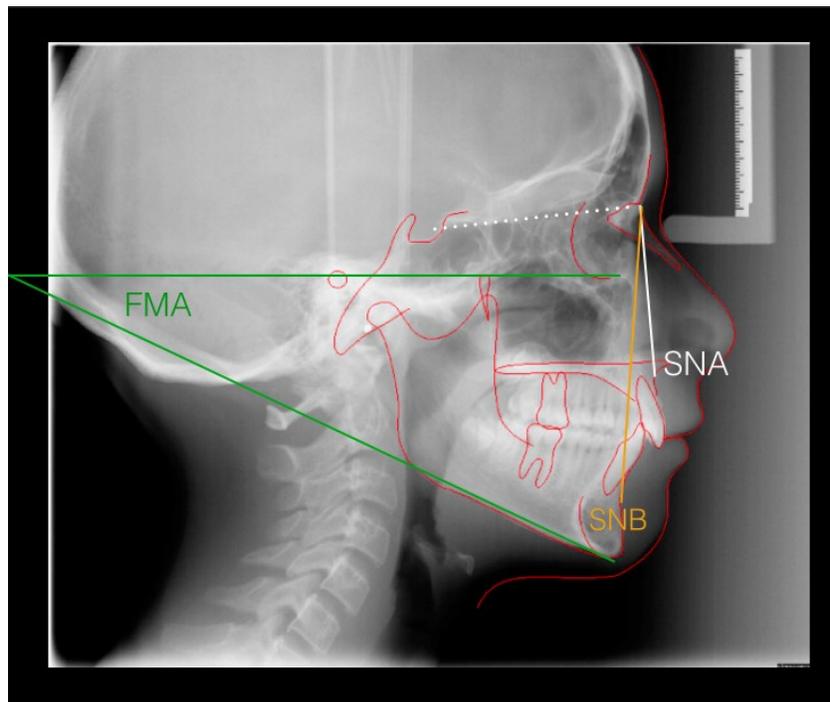
### **Déroulement de l'étude :**

Tous les patients actuellement suivis à la clinique d'orthodontie de l'Université de Montréal possèdent un dossier clinique détaillé qui comprend toutes les données nécessaires à la réalisation de l'étude. Le recueil des données a été effectué par deux étudiants. Afin d'augmenter la validité scientifique de nos mesures, une calibration inter et intra-examineurs a été effectuée pour les mesures basées sur les radiographies céphalométriques. Les variables suivantes ont été recueillies au sein de chacun des dossiers :

- Identification du patient : numéro de dossier, date de naissance et sexe
- Identification du clinicien responsable de l'étudiant
- Identification de la malocclusion pré-traitement: classe d'Angle<sup>a</sup>, surplombs horizontal<sup>b</sup> et vertical<sup>c</sup>, Discrepancy index<sup>d</sup>
- Mesures céphalométriques pré-traitement : FMA<sup>e</sup>, SNA<sup>f</sup>, SNB<sup>g</sup> (Figure 19)
- Traitement avec ou sans extraction : nombre de dents extraites
- Technique de collage des boîtiers : directe ou indirecte et détail des produits utilisés

- Port des élastiques (oui ou non) et rendez-vous annulés/manqués
  - Durée de traitement : date de mise en bouche et du retrait complet des boîtiers
  - Décollement de boîtiers : date, dent concernée, phase de traitement<sup>h</sup> et fil utilisé lors de la perte du boîtier
- a) Classification d'Angle : Relation inter-maxillaire mesurée par la distance entre la pointe de la cuspidé de la canine supérieure et l'embrasure entre la canine et la première prémolaire inférieures. Cette relation se mesure aussi à partir de la relation entre la cuspidé mésio-buccale de la première molaire supérieure avec le sillon buccal de la première molaire inférieure.
- b) Surplomb horizontal : Distance horizontale entre le point médian le plus avancé de la surface labiale de la centrale inférieure la plus labialée et le point médian du bout incisif de la centrale supérieure la plus labialée.
- c) Surplomb vertical : Distance verticale entre le point médian du bout incisif de la centrale supérieure la plus extrusive et le point médian du bout incisif de la centrale inférieure la plus extrusive.
- d) Discrepancy Index : selon les critères de l'*American Board of Orthodontics* <sup>(59)</sup>
- e) FMA : angle formé par le plan de référence de Frankfort et une tangente au rebord mandibulaire passant par les points céphalométriques *Menton* et *Gonion*.
- f) SNA : angle formé par le plan S-N (milieu de la selle turcique et le point *Nasion*) et le plan N-A (point *Nasion* et point *A*, qui correspond au point le plus profond de la concavité antérieure du maxillaire entre *ANS* et *Prosthion*).
- g) SNB : angle formé par le plan S-N (milieu de la selle turcique et le point *Nasion*) et le plan N-B (point *Nasion* et point *B*, qui correspond au point le plus profond de la concavité entre *Infradentale* et *Pogonion*).
- h) Phase de traitement : phase d'alignement préliminaire, phase de coordination des arcades ou phase de finition.
- i) Fil utilisé : Alliage et diamètre transversal.

Toutes les données collectées ont été retranscrites dans un fichier EXCEL sécurisé qui a servi pour l'analyse statistique.



**Figure 19** : Exemple de tracé de radiographie céphalométrique

## ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été analysées avec les logiciels statistiques *Statistical Package for the Social Sciences*® (SPSS) version 23 par le statisticien de la Faculté de médecine dentaire de l'Université de Montréal, Monsieur Pierre Rompré, MSc.

Les analyses statistiques sont des analyses uni-variées telles que chi-carrée, t-test et ANOVA pour identifier les variables ayant un effet sur le temps de traitement. Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée statistiquement significative. Par la suite une régression multiple a été utilisée pour construire un modèle permettant de prédire le temps de traitement à partir de plusieurs variables, dont le décollement des boîtiers orthodontiques. Des corrélations de Pearson

ont été effectuées pour les prédicteurs numériques ainsi que des analyses t-test et ANOVA pour les prédicteurs nominaux de la régression multiple. La normalité de la distribution du modèle de régression a été vérifiée par un Normal P-P-plot.

Chaque mesure céphalométrique a été recalculée, afin d'augmenter la fiabilité de nos mesures. Nous avons effectué une analyse statistique pour la calibration inter et intra-examineurs sur 10 et 23 analyses céphalométriques respectivement. Pour la calibration inter-examineurs nos résultats ont été comparés à ceux de notre directeur de recherche. Les données obtenues ont été analysées avec le coefficient de corrélation intra classe et le test Kappa de Cohen.

## RÉSULTATS

L'échantillon était initialement constitué de 300 dossiers, sur ce nombre seulement 292 ont été conservés ; 8 dossiers ont été supprimés pour cause de manque de données complétées par l'étudiant ou suite à des problèmes médicaux qui ont empêché le suivi régulier du patient.

Afin de standardiser nos résultats lors de la collecte de données, nous avons effectué une calibration intra et inter-examineurs. Cette calibration a été effectuée pour les valeurs céphalométriques requises par notre étude et les résultats du coefficient de corrélation intra-classe sont jugés excellents puisque tous supérieurs à 0,8 (Tableau I).

	<b>SNA</b>	<b>SNB</b>	<b>ANB</b>	<b>FMA</b>
<b>Inter-examineur</b>	0,843	0,922	0,907	0,71
<b>Intra-examineur 1</b>	0,947	0,971	0,941	0,968
<b>Intra-examineur 2</b>	0,941	0,975	0,864	0,982

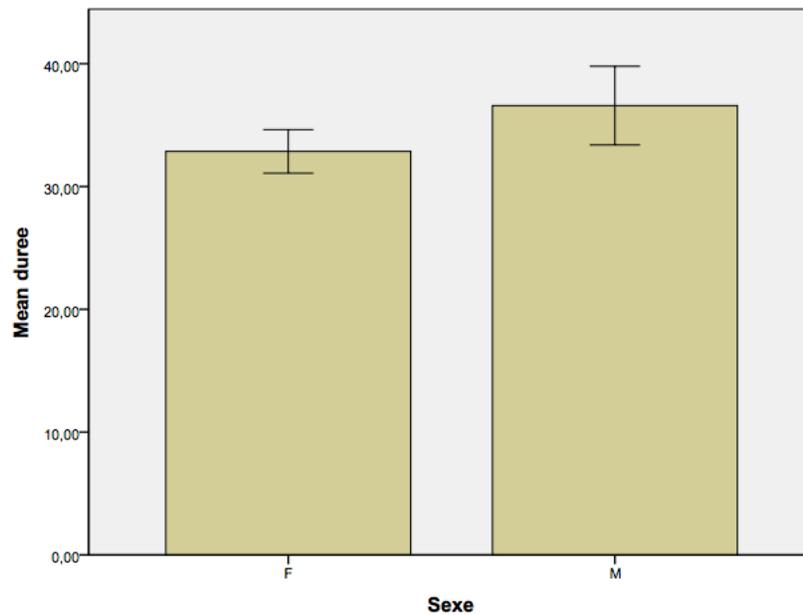
**Tableau I** : Corrélations intra-classe

Sur le total de dossiers nous pouvons compter 185 femmes (63,4%) et 107 hommes (36,6%), l'âge moyen de mise en place des boîtiers orthodontiques est de 14,5 ans soit une variation entre 10 ans et 23 ans (Tableau II).

	<b>Nombre total</b>	<b>Pourcentage</b>	<b>Moyenne de mise en bouche</b>
<b>Femmes</b>	185	63,4%	14,5 ans
<b>Hommes</b>	107	36,6%	

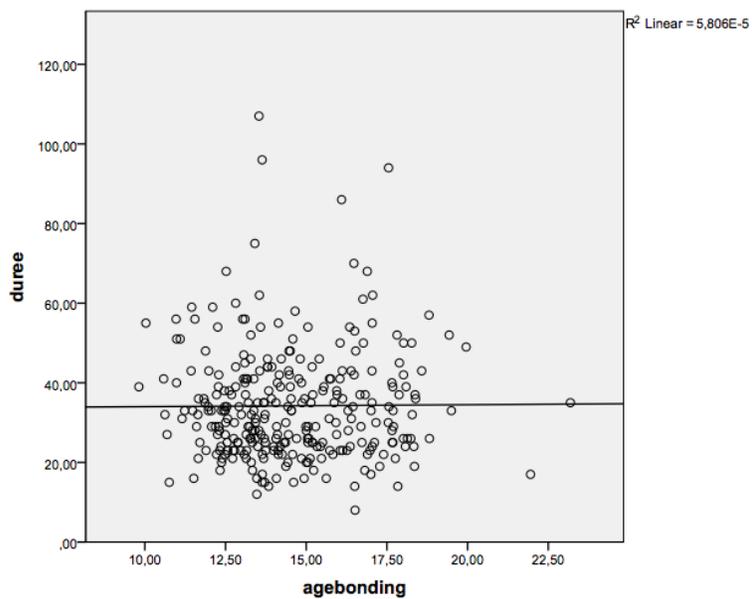
**Tableau II** : Répartition de l'échantillon en fonction du sexe

La durée moyenne de traitement pour les hommes est de 36,6 mois contre 32,9 pour les femmes, ce qui représente une différence statistiquement et cliniquement significative ( $p \leq 0,001$ ) (Figure20).



**Figure 20 :** Durée de traitement selon le sexe

Tel que démontré par la figure 21, l'âge de mise en bouche des boîtiers orthodontiques n'a aucun effet significatif sur la durée de traitement.



**Figure 21 :** Évolution du temps de traitement en fonction de l'âge de mise en bouche des boîtiers

Dans le milieu intra-universitaire, chaque patient se voit assigné à un résident ainsi qu'à un clinicien responsable. Pour les fins de cette étude, nous avons catégorisé les cliniciens en 2 groupes en fonction de leur année de graduation, soit avant ou après l'année 2000. Avec surprise, les praticiens les plus expérimentés achèvent le traitement du patient en un temps de 35,9 mois comparativement à 31,2 mois pour les orthodontistes plus récemment gradués.

Tel que vu dans le tableau III, la technique de collage la plus largement utilisée dans la clinique est la méthode directe, il s'agit aussi de celle dont la moyenne de temps de traitement est la plus courte (33,58 mois).

Type de collage	Nombre de sujets	Durée moyenne de temps de traitement (mois)
<b>Direct</b>	224	33,58
<b>Indirect</b>	68	36,33
<b>Total</b>	292	34,22

**Tableau III : Répartition entre collage direct et indirect**

Puisqu'il s'agit de traitements effectués en milieu intra-universitaire, supervisés par plus d'un clinicien responsable, les patients sont traités avec des boîtiers des différentes compagnies actuellement disponibles sur le marché. Le type de boîtiers utilisés est directement lié à la préférence du clinicien responsable, ce qui explique la grande proportion de patients traités avec la marque *Speed*<sup>TM</sup>. L'utilisation des boîtiers *Damon*<sup>®</sup>, seul représentant du système auto-ligaturant passif, implique une durée moyenne de temps de traitement supérieur de 3 mois

comparativement aux boîtiers *Speed*<sup>TM</sup> (37,6 Vs 33,6 mois) et allant même jusqu'à environ 9 mois de plus que les boîtiers *In-Ovation GAC*<sup>TM</sup> (28,5mois) (Tableau IV).

<b>Boîtiers</b>	<b>Nombre de sujets</b>	<b>Durée moyenne de temps de traitement (mois)</b>
<b>3M<sup>TM</sup></b>	29	29,5
<b>American orthodontics<sup>TM</sup></b>	38	37,6
<b>Damon<sup>®</sup></b>	60	37,6
<b>In-Ovation GAC<sup>TM</sup></b>	19	28,5
<b>Speed<sup>TM</sup></b>	146	33,6
<b>Total</b>	292	34,2

**Tableau IV** : Répartition des différents types de boîtiers utilisés

Les matériaux de collage sont au libre choix de l'étudiant à l'exception du collage indirect pour lequel le protocole avec la résine de *Sondhi*<sup>TM</sup> doit être suivi. L'analyse statistique démontre un temps de traitement plus court avec la résine *APC* (24,3 mois) qui est la résine préencollée sur les boîtiers de la compagnie 3M<sup>TM</sup>. Pour ce qui est de la résine *Sondhi*<sup>TM</sup> le temps de traitement semble légèrement inférieur à celui des cas traités avec la résine *Transbond XT*<sup>TM</sup> (Tableau V)

Résine	Nombre de sujets	Durée moyenne de temps de traitement (mois)
APC™	20	24,3
Autres	13	38,4
Padlock®	75	32,0
Sondhi™	64	35,4
Transbond XT™	120	36,2
<b>Total</b>	<b>292</b>	<b>34,33</b>

**Tableau V : Répartition des matériaux de collage utilisés**

Les deux adhésifs les plus couramment utilisés sont le *Assure™* et le *L-Pop™*. Tel que démontré dans le tableau VI, l'adhésif *Assure™* se démarque par une durée de traitement grandement inférieure aux autres adhésifs, soit une durée moyenne de 26,5 mois.

Adhésif	Nombre de sujets	Durée de traitement moyenne (mois)
Assure™	54	26,5
L-Pop™	138	33,4
Orthosolo™	27	38,4
TB plus™	16	37,4
Autres	57	40,7
<b>Total</b>	<b>292</b>	<b>34,2</b>

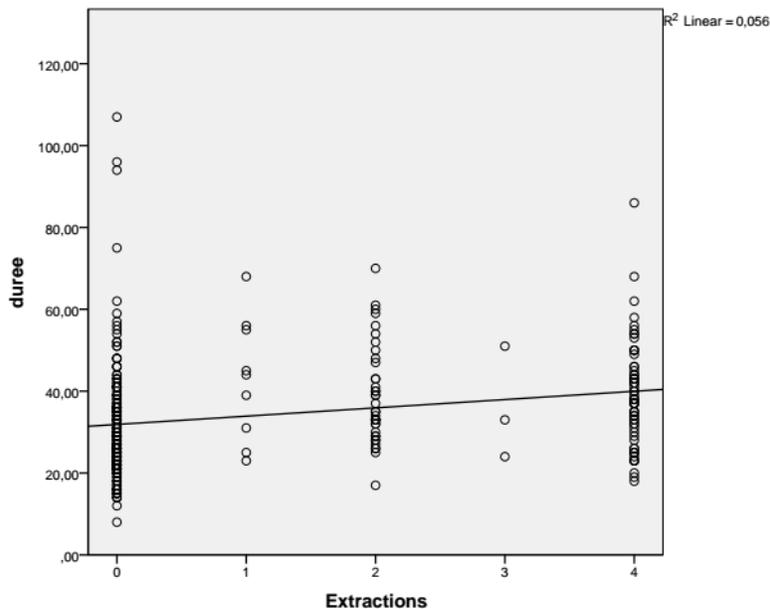
**Tableau VI : Répartition des adhésifs utilisés**

La tendance actuelle est à la diminution du nombre de traitements nécessitant des extractions; 38% des traitements menés au sein de la clinique universitaire et correspondant à nos critères d'inclusions et d'exclusions ont été effectués avec extractions (Tableau VII). Une

différence supplémentaire de 8 mois est relevée lorsqu'une ou des extractions sont nécessaires et comme vu dans la figure 22, il existe une relation linéaire entre l'augmentation de la durée de traitement et le nombre de dents extraites.

Type de traitement	Nombre de sujets	Durée moyenne de temps de traitement (mois)
Avec extractions	111	39,1
Sans extraction	181	31,2
<b>Total</b>	<b>292</b>	<b>34,3</b>

**Tableau VII :** Répartition des traitements avec et sans extractions



**Figure 22 :** Évolution du temps de traitement en fonction du nombre d'extractions

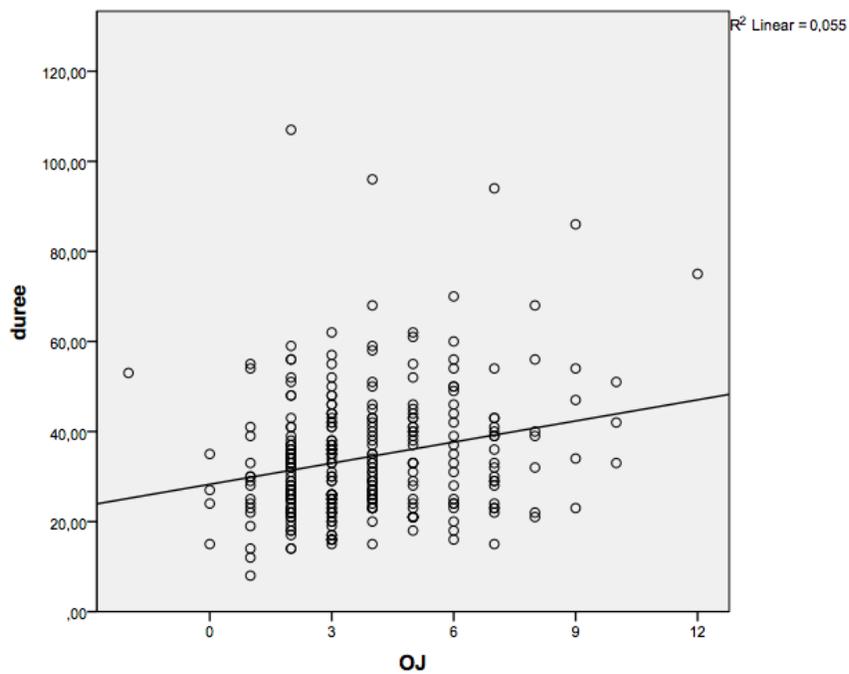
L'échantillon de cette étude représente assez bien l'étendue des malocclusions présentes dans la société Nord-Américaine avec plus de 50% des patients présentant une dysharmonie

dento-squelletique de classe I d'Angle ainsi qu'une très faible minorité de classe III. La durée de traitement moyenne pour les classes III est de 27,9 mois. La différence de temps de traitement retrouvée entre les classes I (32,1 mois) et les classes II (37,3 mois) est cliniquement significative, soit de plus de 5 mois (Tableau VIII).

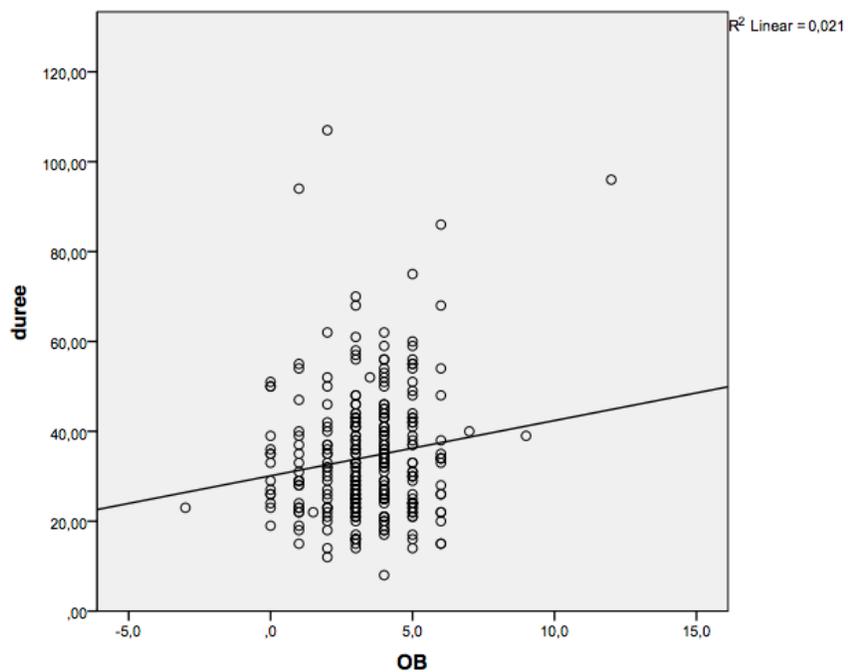
<b>Classification d'Angle</b>	<b>Nombre de sujets</b>	<b>Durée de traitement moyenne (mois)</b>
<b>I</b>	156	32,1
<b>II</b>	128	37,3
<b>III</b>	8	27,9
<b>Total</b>	292	34,2

**Tableau VIII : Répartition des malocclusions selon la classification d'Angle**

Il existe une relation linéaire entre l'augmentation de la valeur du surplomb horizontal (OJ) et l'augmentation de la durée de traitement. En général la valeur de l'OJ est en relation avec la sévérité de la classe II, ce qui corrobore les résultats trouvés pour la classification d'Angle. Il semble exister la même relation avec le surplomb vertical (OB) et la longueur du traitement (Figures 23 et 24).

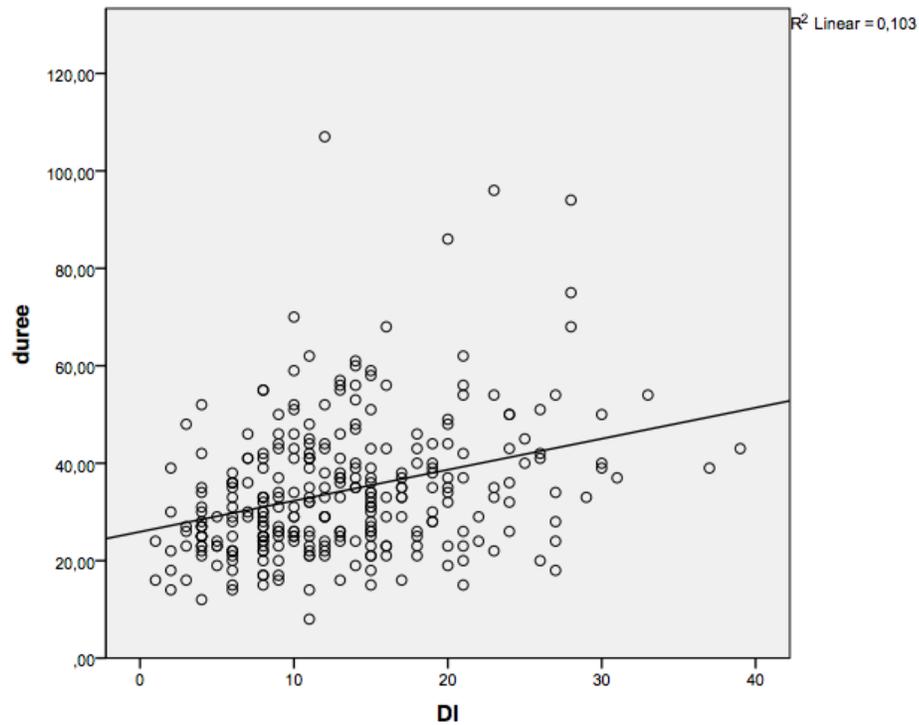


**Figure 23 :** Évolution du temps de traitement en fonction du surplomb horizontal



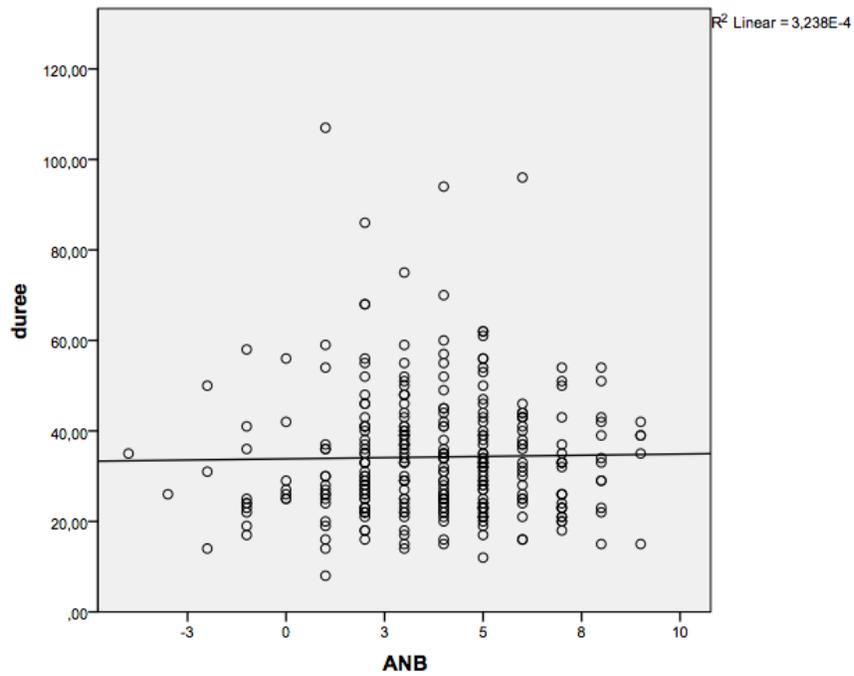
**Figure 24 :** Évolution du temps de traitement en fonction du surplomb vertical

Le *discrepancy index* est une mesure de la sévérité de la malocclusion initiale. Notre échantillon démontre que pour chaque point attribué au DI, le traitement est allongé d'environ 10 jours (Figure 25).

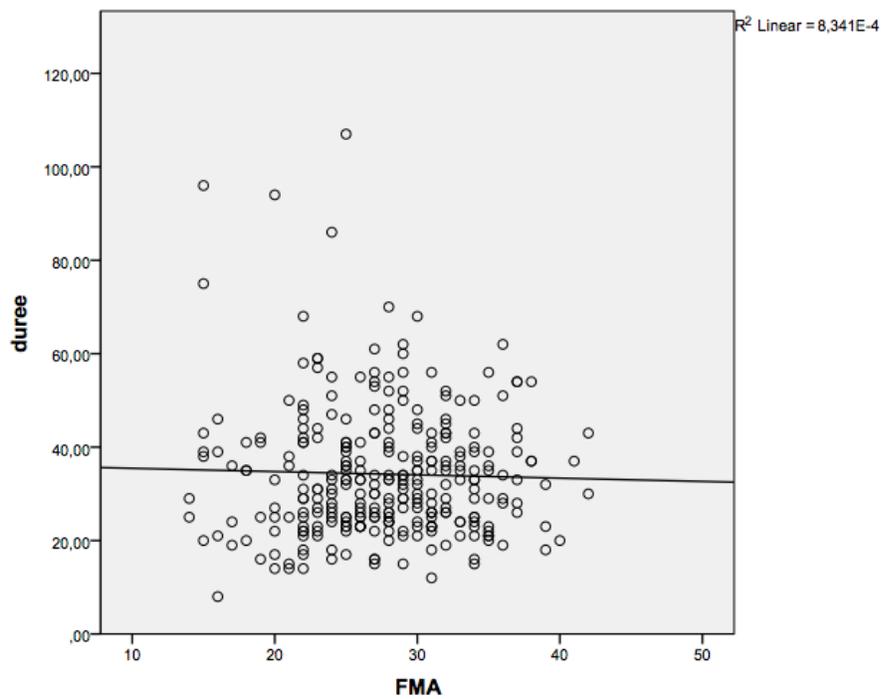


**Figure 25 :** Évolution du temps de traitement en fonction du *Discrepancy index*

Encore une fois notre échantillon ne concerne que des cas traités sans chirurgie orthognatique. Les résultats démontrent une influence mineure des données céphalométriques sur la durée du temps de traitement après analyse du SNA, SNB, ANB et FMA (Figures 26 et 27).



**Figure 26 :** Évolution du temps de traitement en fonction de ANB



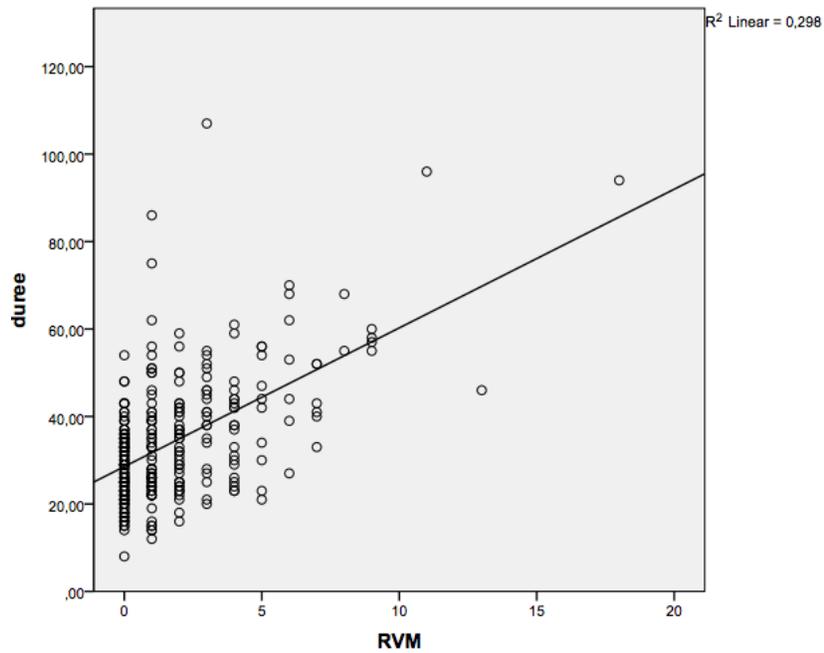
**Figure 27 :** Évolution du temps de traitement en fonction de FMA

Pour ce qui est des variables liées à la motivation du patient, de grands facteurs sont importants dont le port des élastiques. Pour les traitements nécessitant la coopération du patient via le port des élastiques intermaxillaires, les résultats démontrent une augmentation du temps de traitement d'environ 10 mois lorsque leur utilisation est justifiée pour corriger la malocclusion présente (Tableau IX). Un deuxième facteur primordial est l'assiduité aux rendez-vous de contrôle, sachant que sur l'échantillon de patients traités en milieu universitaire, seulement 38% n'ont jamais manqué de rendez-vous.

D'après le modèle de régression multiple, chaque rendez-vous manqué implique un traitement allongé de 2,3 mois, ce qui est considérable sur une durée moyenne de 34 mois pour un traitement standard (Figure 28). De plus, environ un patient sur quatre manque trois rendez-vous ou plus au cours de l'ensemble de son traitement orthodontique. Cependant, aucune corrélation n'a été trouvée entre la malocclusion initiale et l'impact sur l'augmentation du temps de traitement par rendez-vous manqué.

<b>Port des élastiques</b>	<b>Nombre de sujets</b>	<b>Durée de traitement moyenne (mois)</b>
<b>Oui</b>	278	34,7
<b>Non</b>	14	24,8
<b>Total</b>	292	34,2

**Tableau IX : Durée de traitement en fonction du port des élastiques**



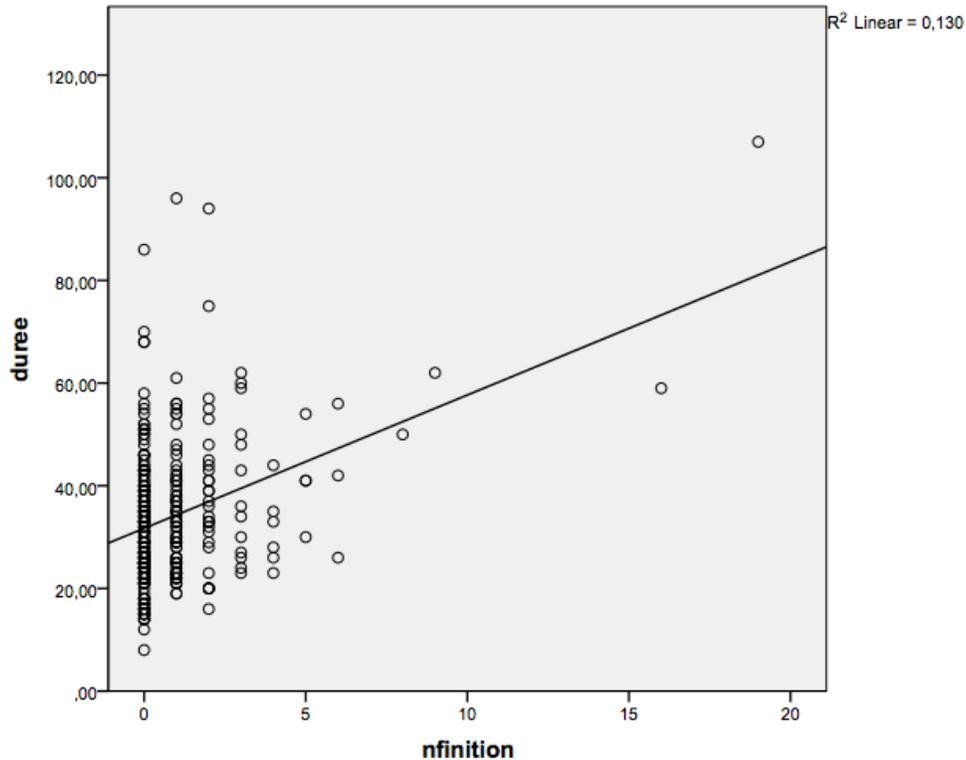
**Figure 28 :** Évolution du temps de traitement en fonction du nombre de rendez-vous manqués

Dans cette étude, sur les 292 sujets analysés, 973 boîtiers orthodontiques ont été décollés. Sur ce nombre, 41% étaient des boîtiers collés sur des molaires maxillaires et mandibulaires, de façon équivalente. Pour les prémolaires, on retrouve 29% des boîtiers décollés répartis aussi de manière uniforme entre les arcades supérieures et inférieures (Tableau X).

<b>Dents concernées par le décollement</b>	<b>Nombre de boîtiers décollés</b>
<b>Canines mandibulaires</b>	31
<b>Canines maxillaires</b>	33
<b>Incisives mandibulaires</b>	81
<b>Incisives maxillaires</b>	124
<b>Prémolaires mandibulaires</b>	145
<b>Prémolaires maxillaires</b>	145
<b>Molaires maxillaires</b>	200
<b>Molaires mandibulaires</b>	214
<b>Total</b>	973

**Tableau X : Répartition des boîtiers décollés**

Une corrélation existe entre le moment du décollement du boîtier et l'augmentation de la durée de traitement orthodontique. En effet, le bris d'appareillage a plus d'impact lorsqu'il se produit en finition ( $R^2=0,130$ ) qu'en phase de coordination d'arcades ( $R^2=0,084$ ) et d'alignement préliminaire ( $R^2=0,089$ ) (Figure 29).



**Figure 29 :** Variation entre le nombre de boîtiers décollés en finition et la durée du traitement

Tel que démontré dans le tableau XI, les boîtiers Speed<sup>TM</sup> sont les seuls à représenter un pourcentage du nombre de boîtiers décollés supérieur à leur proportion d'utilisation. Quant à la technique de collage, l'adhésif *Lpop*<sup>TM</sup> rapporte un taux de décollement supérieur, alors que pour le produit *Assure*<sup>®</sup>, ce taux est plus faible par rapport à son pourcentage d'utilisation. Enfin, concernant le type de résine, les produits préencollés sur les boîtiers *3M*<sup>TM</sup> (*APC*) ainsi que le *Transbond XT*<sup>TM</sup> démontrent un taux de boîtiers décollés inférieur au pourcentage de sujets traités (Tableaux XII et XIII).

<b>Type de boîtiers</b>	<b>Pourcentage de sujets traités</b>	<b>Pourcentage de boîtiers décollés</b>
<b>Speed™</b>	50,0	56,5
<b>In-Ovation GAC™</b>	6,5	4,1
<b>Damon®</b>	20,5	19,6
<b>American Orthodontics™</b>	13	12,8
<b>3M™</b>	9,9	6,9
<b>Total</b>	100	100

**Tableau XI** : Répartition des décollements en fonction du type de boîtier utilisé

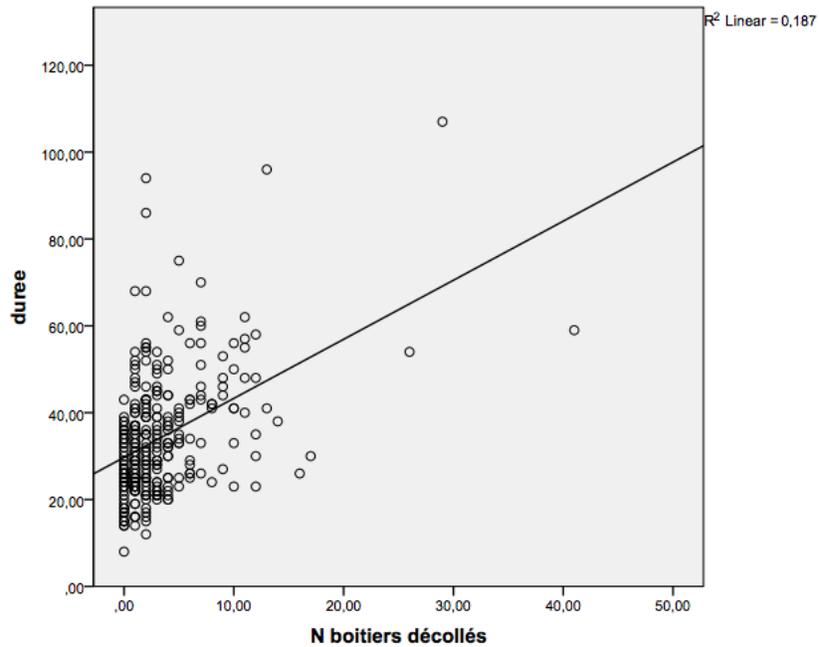
<b>Type d'adhésif</b>	<b>Pourcentage de sujets traités</b>	<b>Pourcentage de boîtiers décollés</b>
<b>Assure®</b>	18,4	12,4
<b>Lpop™</b>	47,3	52,3
<b>Orthosolo™</b>	9,2	8,4
<b>TB plus™</b>	5,5	4,1
<b>Autres</b>	19,5	22,7
<b>Total</b>	100	100

**Tableau XII** : Répartition des décollements en fonction du type d'adhésif utilisé

Type de résine	Pourcentage de sujets traités	Pourcentage de boîtiers décollés
APC™	6,8	4,5
Padlock®	25,7	26,8
Sondhi™	21,9	26,6
Transbond XT™	41,1	38,1
Autres	4,5	3,9
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tableau XIII** : Répartition des décollements en fonction du type de résine utilisée

Pour l'ensemble des sujets analysés, seulement 20% des traitements ont été effectués sans aucun boîtier décollé. De plus, on note que 30% des patients décollent 4 boîtiers ou plus au cours de leur traitement. Selon ces mêmes données, il est possible d'établir une moyenne de 3,3 boîtiers décollés par patient. Pour chaque boîtier décollé, il faut compter un mois de traitement supplémentaire ( $R^2= 0,187$ ) (Figure 30). Outre ceci, le tableau XIV démontre que le nombre moyen de boîtiers décollés est supérieur en phase d'alignement initial (1,64) qu'en phase de coordination d'arcades (0,72) et de finition (0,97).



**Figure 30 :** Variation du temps de traitement en fonction du nombre de boîtiers décollés

**Nombre moyen de boîtiers décollés**

	PBA	Coordination des arcades	Finition	Total
<b>Moyenne</b>	1,64	0,72	0,97	3,3

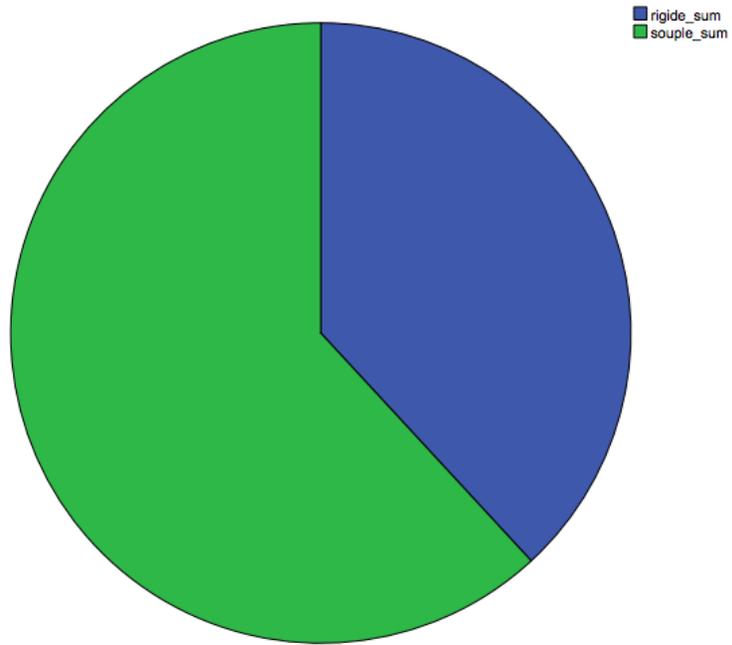
**Tableau XIV :** Répartition du décollage de boîtiers en fonction de la phase orthodontique

Le premier diagramme (Figure 31) démontre un taux de décollage de boîtiers plus important lorsque le fil utilisé est souple au moment du bris. Dans cette étude, un fil est considéré comme souple lorsqu'il s'agit d'un fil *Nickel-titanium* (NiTi), un fil *supercable Speed™* ou un

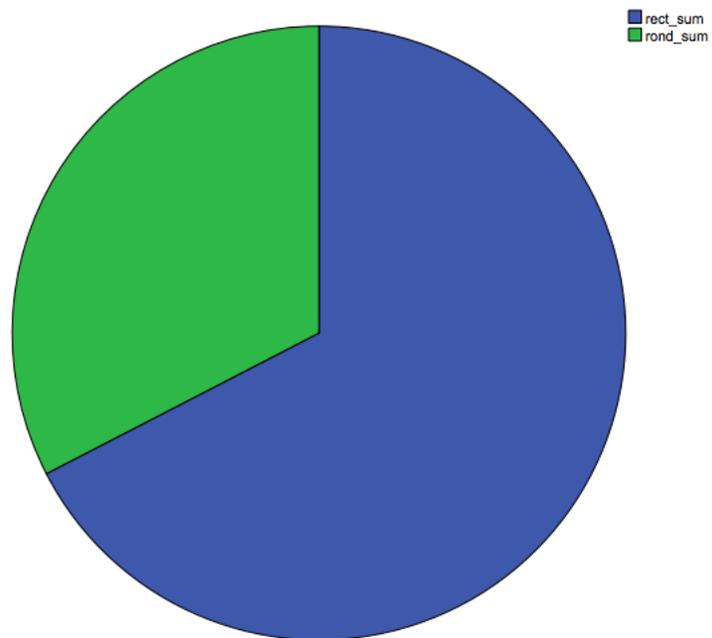
fil *CopperNiTi* (CuNiTi) alors qu'il est considéré rigide lorsqu'il s'agit d'un fil en *stainless steel* (SS) ou en alliage titane molybdène (TMA= *titanium molybdenum alloy*). Généralement, les fils souples sont utilisés dans la phase d'alignement préliminaire. L'incidence plus élevée de boîtiers décollés en présence d'un fil souple coïncide avec les résultats trouvés précédemment pour la phase d'alignement préliminaire. Cette phase est propice au décollement pour plusieurs raisons :

- Contamination salivaire possible lors de la mise en bouche
- Présence de malocclusion pouvant gêner l'occlusion
- Force importante générée par des dents mal positionnées
- Non-respect des consignes sur l'alimentation ou les mauvaises habitudes
- Temps d'adaptation aux appareils dentaires
- Etc.

Le deuxième diagramme montre un taux de décollement plus important avec un fil rectangulaire (Figure 32).



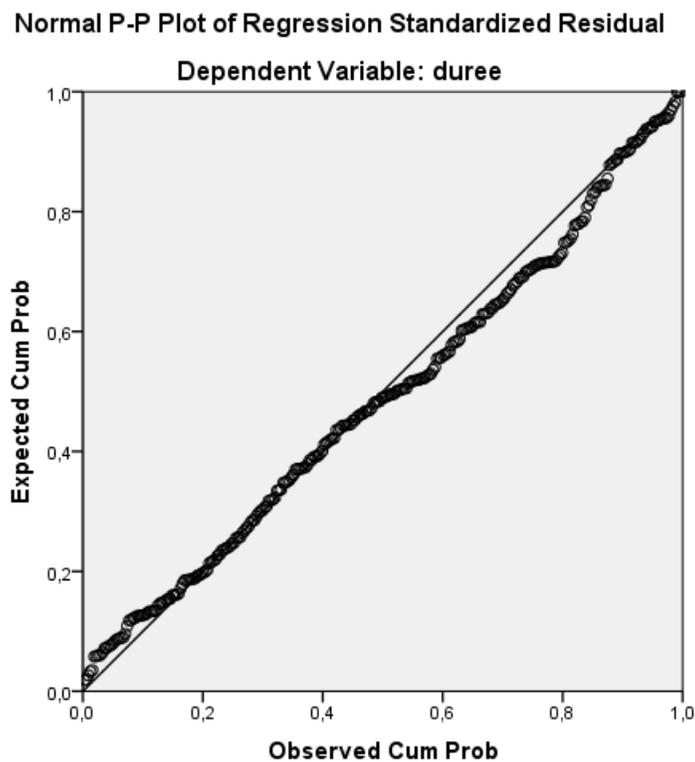
**Figure 31 :** Diagramme des boîtiers décollés en fonction de la rigidité du fil



**Figure 32 :** Diagramme des boîtiers décollés en fonction de la section du fil

Les données statistiques de notre échantillon suivent la loi de la distribution normale (Figure 33). À partir de ces données, il a été possible de construire un modèle de régression multiple permettant d'estimer le temps de traitement orthodontique à partir de plusieurs facteurs (Tableau XV) :

- Sexe
- Malocclusion initiale
- Matériel orthodontique utilisé
- Coopération du patient
- Expérience du praticien et plan de traitement



**Figure 33 :** Distribution selon la loi normale

Les données de références utilisées sont :

- Sexe féminin
- Classe I
- Résine *Transbond XT*<sup>TM</sup>
- Adhésif *Assure*<sup>®</sup>
- Boîtiers *Speed*<sup>TM</sup>
- Traitement sans extraction et sans port d'élastique
- Clinicien nouvellement gradué

Les variables suivantes ont été choisies, elles correspondent aux caractéristiques qui permettent de réaliser le traitement dans les délais les plus courts, à l'exception des boîtiers *Speed*<sup>TM</sup> que nous avons choisis, car utilisés majoritairement dans cette étude. Grâce à ces variables, le modèle de régression multiple permet d'expliquer environ 53,8% du temps de traitement.

Coefficients<sup>a</sup>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
6 (Constant)	12,606	3,600		3,502	,001	5,518	19,693					
sexe01	,316	1,206	,011	,262	,794	-2,058	2,689	,129	,016	,010	,915	1,093
OJ	,084	,314	,013	,267	,789	-,534	,702	,235	,016	,011	,711	1,407
OB	,311	,378	,037	,823	,411	-,433	1,055	,146	,050	,033	,789	1,267
DI	,339	,100	,171	3,381	,001	,142	,536	,321	,202	,135	,619	1,616
Angle13=2.0	,699	1,287	,025	,543	,587	-1,835	3,233	,193	,033	,022	,757	1,321
Angle13=3.0	-4,460	3,650	-,052	-1,222	,223	-11,647	2,727	-,076	-,074	-,049	,869	1,150
resine_pad	-2,290	1,466	-,072	-1,562	,119	-5,176	,596	-,093	-,095	-,062	,753	1,328
resine_son	-,008	2,107	,000	-,004	,997	-4,156	4,140	,043	,000	,000	,406	2,460
resine_autres	,642	3,032	,009	,212	,832	-5,328	6,612	,066	,013	,008	,789	1,267
resine_apc	-8,002	4,067	-,145	-1,967	,050	-16,010	,006	-,192	-,119	-,078	,293	3,419
adh_autres	4,446	1,973	,126	2,253	,025	,561	8,330	,229	,136	,090	,505	1,981
adh_lpop	,159	1,898	,006	,084	,934	-3,579	3,896	-,057	,005	,003	,344	2,909
adh_ortho	,627	2,621	,013	,239	,811	-4,534	5,787	,096	,015	,010	,535	1,867
adh_tplus	3,198	3,087	,052	1,036	,301	-2,880	9,275	,054	,063	,041	,626	1,599
boitier_aortho	3,706	2,068	,089	1,792	,074	-,366	7,778	,094	,109	,071	,637	1,569
boitier_damon	4,210	2,087	,122	2,017	,045	,101	8,319	,123	,122	,080	,434	2,303
boitier_inovation	-4,416	2,557	-,078	-1,727	,085	-9,450	,619	-,108	-,105	-,069	,776	1,288
boitiers_3m	3,363	3,623	,072	,928	,354	-3,771	10,496	-,113	,057	,037	,263	3,804
extractions01	4,297	1,355	,150	3,170	,002	1,628	6,965	,275	,190	,126	,713	1,402
Élastiques	4,163	2,732	,064	1,524	,129	-1,215	9,541	,152	,093	,061	,906	1,103
clinicien01	1,750	1,614	,060	1,084	,279	-1,428	4,927	,162	,066	,043	,515	1,943
RVM	2,297	,253	,395	9,070	,000	1,799	2,796	,546	,485	,361	,835	1,198
N boitiers décollés	,971	,137	,308	7,107	,000	,702	1,240	,432	,398	,283	,842	1,187

a. Dependent Variable: duree

Tableau XV : Modèle de régression multiple pour l'estimation du temps de traitement

**Formule basée sur le modèle (tableau XV) :**

**Temps de traitement estimé = 12,606 mois** + 0,316 (si homme) + 0,084 × (valeur OJ) + 0,311 × (valeur OB) + 0,339 × (point DI) + 0,699 × (Sévérité classe II) + X (valeur de la résine) + Y (valeur de l'adhésif) + Z (valeur du boîtier) + 4,297 (si extraction) + 4,163 (si port élastiques) + 1,750 (si clinicien anciennement gradué) + 2,297 × (par RVM) + 0,971 × (par boîtier décollé)

Voici un exemple d'un cas classique :

Homme de classe II 4 mm, OJ= 5mm, OB= 4 mm, DI= 20, Collage avec *Lpop*<sup>TM</sup> et *Padlock*<sup>®</sup>, Boîtiers *Damon*<sup>®</sup>, sans extraction nécessitant port d'élastiques, suivi par un clinicien anciennement gradué. Total de 1 rendez-vous manqué et 3 boîtiers décollés durant son traitement.

*Application de la formule :*

**Temps de traitement estimé = 12,606 mois** + 0,316 + 0,084 × (5) + 0,311 × (4) + 0,339 × (20) + 0,699 × (4) + (-2,290) + (0,159) + (4,210) + 4,163 + 1,750 + 2,297 × (1) + 0,971 × (3)

**Temps de traitement estimé = 37,364 mois**

**Temps de traitement estimé, s'il n'avait pas manqué de rendez-vous ni décollé de boîtiers = 32,154 mois**

## DISCUSSION

Cette étude rétrospective avait pour but d'évaluer et de quantifier l'impact de différents facteurs sur la durée du temps de traitement orthodontique. Notre étude est effectuée dans un cadre universitaire, ce qui explique tout d'abord la durée moyenne d'un traitement orthodontique supérieure à ce qui est décrit dans la littérature, soit 34,22 mois contre 20 mois<sup>(100)</sup>. Cette différence de plus d'un an peut être attribuée à différentes variables comme le manque d'expérience des résidents, les contraintes du calendrier scolaire, la variabilité inter-cliniciens, la rigueur imposée quant au protocole et d'autres facteurs difficilement quantifiables, mais non négligeables.

Selon Beckwith *et al*, le temps de traitement des garçons est généralement plus long que celui des filles, ce qui est en accord avec les résultats trouvés dans cette étude<sup>(52)</sup>. La différence décelée dans cette étude est supérieure à celle des travaux de Beckwith *et al*, cependant, la durée moyenne de leurs traitements est aussi plus courte.

Puisqu'il s'agit d'une étude intra-universitaire, chaque résident est supervisé par un clinicien responsable du traitement du patient. Pour les fins de cette étude, nous avons divisé les 14 cliniciens en deux groupes en fonction de l'année de graduation, soit avant ou après l'année 2000. Le temps de traitement inférieur chez les patients traités par les orthodontistes plus récemment diplômés pourrait s'expliquer par le fait qu'ils sont sensibilisés aux nouvelles technologies visant à réduire la durée de port d'appareillage. Néanmoins, les cliniciens plus expérimentés peuvent passer davantage de temps en finition afin de corriger des détails que l'expérience leur a permis de déceler.

Comme dans l'étude de Mavreas *et al*, aucune différence quant à la durée de traitement en lien avec l'âge de début du port d'appareillage n'a été décelée<sup>(51)</sup>. Contrairement à ce qui ressort de la littérature, notre étude a mis de l'avant une différence de temps de traitement entre la méthode de collage directe et indirecte, en faveur de la méthode directe<sup>(92)</sup>. Cette différence peut être due au fait que peu de cliniciens pratiquent la méthode indirecte, dont un clinicien qui

en fait une pratique exclusive tout en différant de plusieurs mois la pose des appareillages des deux arcades.

Quel que soit la méthode de collage, il semble que l'adhésif *Assure*<sup>®</sup> et la résine *Transbond XT*<sup>™</sup> se démarquent positivement de par leur plus faible taux de décollement, ceci ayant un impact d'envergure sur le temps de traitement global. L'éventail de choix de matériaux disponibles sur le marché permet difficilement de conclure en la supériorité d'un produit par rapport à un autre. Néanmoins, ces résultats préliminaires mettent l'accent sur l'utilisation du *Assure*<sup>®</sup> malgré le fait qu'il puisse être tentant d'utiliser une solution plus rapide d'usage comme le *Lpop*<sup>™</sup>. Ce dernier étant dans la catégorie des adhésifs auto-mordançants, l'utilisation d'acide orthophosphorique préalablement peut biaiser les résultats obtenus.

La littérature a beaucoup étudié l'hypothèse que les boîtiers auto-ligaturants seraient plus efficaces dans la correction des malocclusions que les boîtiers conventionnels. Il a été montré que l'expérience de l'orthodontiste menant à bien le traitement avait plus d'impact que le système utilisé<sup>(66)</sup>. Notre étude ne comporte pas suffisamment de diversité en ce qui a trait aux types de boîtiers pour répondre à cette hypothèse. Les conclusions tendent à montrer que les boîtiers de la compagnie *3M*<sup>™</sup> et les boîtiers *In-Ovation GAC*<sup>®</sup> permettent une durée de traitement plus courte. En revanche, ces résultats sont à pondérer, car le premier est utilisé exclusivement par un praticien, tandis que le deuxième ne représente qu'un faible échantillonnage. Il faut tout de même noter que le boîtier *Speed*<sup>™</sup> permet un temps de traitement inférieur à la moyenne décelée et ce, considérant son utilisation majoritaire dans la pratique universitaire.

Le plan de traitement étant une des étapes les plus critiques du traitement d'orthodontie, la prise de décision de corriger la malocclusion avec ou sans extraction doit être bien réfléchie. Bien entendu, le profil des tissus mous en est la première considération. Lorsque la décision d'extraire est choisie, le patient doit d'emblée être informé que le traitement sera prolongé. Selon Skidmore *et al*, une durée supplémentaire de 3 mois est à prévoir en cas d'extractions, ce qui est inférieur à nos résultats (8 mois)<sup>(4)</sup>. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la moyenne globale du temps de traitement dans cette étude est plus élevée.

Considérant que les données céphalométriques ont été prises sur des patients ne nécessitant pas de traitement combiné ortho-chirurgie, il ne semble pas y avoir d'impact significatif de ces valeurs (SNA, SNB, ANB, FMA) sur la variation du temps de traitement orthodontique. Ces résultats sont contraires à ce qui est paru dans la littérature selon quoi les valeurs SNA, ANB et FMA auraient une légère influence sur la durée orthodontique globale<sup>(48)</sup>.

Selon Fisher *et al*, plusieurs facteurs sont corrélés avec un temps de traitement rallongé dont un encombrement maxillaire supérieur à 6 mm, un surplomb horizontal diminué ou augmenté (inférieur à 0 mm ou supérieur à 5 mm) et un surplomb vertical supérieur à 80%<sup>(2)</sup>. Les résultats tirés de notre échantillon démontrent une corrélation linéaire entre l'augmentation des surplombs horizontal et vertical avec la prolongation du port des appareils.

La disharmonie sagittale est souvent quantifiée grâce à la nomenclature d'Angle. Notre échantillon est en majorité composé de classe I et de classe II, réparties de manière proportionnelle par rapport à la population Nord-Américaine<sup>(6)</sup>. Nous avons décelé que sans les variables confondantes, un patient avec une classe II d'Angle nécessite 4,7 mois de plus qu'un patient classe I. Ceci est en accord avec d'autres publications scientifiques sur le sujet<sup>(4)</sup>.

Considérant le faible nombre de sujets de classe III nécessitant un traitement non-chirurgical, la durée de traitement moyenne (27,9 mois) est biaisée et cela ne signifie pas que le traitement des classes III est plus rapide.

Le *discrepancy index (DI)* est utilisé pour quantifier la sévérité de la malocclusion et regroupe toutes les données citées précédemment. Plus le score attribué est élevé, plus le cas est complexe à traiter et donc, plus la durée devrait être longue. Ces hypothèses sont en accord avec les résultats trouvés au sein de notre échantillon. Tel qu'affirmé par Parrish *et al*, nous obtenons exactement la même conclusion, c'est-à-dire que pour chaque point attribué au DI, le traitement est allongé de 10 jours<sup>(58)</sup>.

Le premier message souvent adressé au patient consiste à lui dire qu'il est un des acteurs principaux afin de mener à bien et dans les plus brefs délais son traitement orthodontique. Il s'agit de faire comprendre au patient que l'enjeu majeur de la réussite de son traitement est son entière collaboration en premier lieu. Il est alors question de tout ce qui a trait au port des élastiques, à l'assiduité aux rendez-vous, à l'attention portée aux appareillages afin de ne rien briser ainsi qu'au maintien d'une bonne hygiène en cours de traitement. Considérant que le port des élastiques est requis dans environ 95% des cas, ce facteur est primordial. Tel que trouvé dans la littérature, un manquement à ce devoir peut engendrer une prolongation du traitement d'un minimum de 5 mois<sup>(4)</sup>. La coopération quant au port des élastiques est difficilement quantifiable, d'autant plus que notre étude est rétrospective. Néanmoins, on constate qu'un traitement nécessitant le port de ces auxiliaires engendre une différence de 10 mois sur la totalité de celui-ci.

Les auteurs s'entendent pour dire que pour chaque visite en urgence, la durée globale sera plus longue conséquemment : entre 2 semaines et 4,5 mois si au moins deux boîtiers sont décollés durant les 12 premiers mois<sup>(52)</sup>. Suivant notre modèle de régression multiple, il faut compter presque un mois de traitement supplémentaire par boîtier décollé. À elles seules, les visites d'urgence permettent d'expliquer environ 9% de la variabilité du temps de traitement.

Encore une fois, quelques conclusions peuvent être tirées de nos données en lien avec le type de boîtiers utilisés. En effet, il semblerait que les boîtiers *Speed*<sup>TM</sup> soient les plus enclins au décollement comparativement aux autres boîtiers auto-ligaturants. Une première explication pourrait résider dans le fait qu'ils utilisent une base de collage de superficie inférieure à la moyenne. Toutefois, afin de confirmer ces hypothèses, des études supplémentaires sont nécessaires sur le sujet.

Similairement aux boîtiers décollés, nous avons trouvé que les rendez-vous manqués ont aussi un impact d'envergure se chiffrant autour de 2,3 mois par oubli ou annulation. Les précédentes études estiment à 1 mois pour chacun de ces manquements. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait qu'en milieu universitaire, les horaires sont moins flexibles et donc que la reprogrammation des rendez-vous est plus tardive.

Selon nos recherches, aucune publication n'a étudié à ce jour l'effet du fil orthodontique présent en bouche lors du décollement des boîtiers. Nos résultats préliminaires indiquent que les décollements se produisent majoritairement sur des fils à section rectangulaire ainsi que sur des fils souples. Ceci peut possiblement être expliqué par la réalité clinique qu'un nombre important de décollement de boîtiers s'effectuent lors des premières semaines de traitement et que ce sont principalement les fils ayant ces propriétés qui sont utilisées.

Suite à la première phase d'alignement, le reste du traitement se déroule davantage avec des fils rectangulaires afin de mieux contrôler tri-dimensionnellement la prescription accordée à chaque boîtier. Une explication possible au taux de décollement supérieur pour ces fils pourrait être liée à leur capacité de remplir la lumière du boîtier. Des forces multi-vectorielles sont transmises à l'interface boîtier-dent, qui peut être sujette à la fracture de ce lien adhésif. La phase de finition, qui peut parfois s'étaler sur quelques mois, est la plus critique quant aux bris d'appareillage en rapport avec l'augmentation du temps de traitement actif.

Considérant que les données suivent la loi de distribution normale, cette étude a permis de modéliser une formule de régression multiple sur laquelle les praticiens pourront se baser afin d'estimer la durée de traitement.

## **CONCLUSION**

Selon les résultats de cette étude, le temps de traitement orthodontique est influencé par les facteurs suivants selon leur ordre d'importance :

- Extraction(s)
- Coopération du patient
- Malocclusion initiale
- Produits de collage utilisés
- Boîtiers utilisés
- Clinicien
- Sexe

De ces variables, une formule de régression multiple prédisant le temps de traitement a été élaborée :

**Temps de traitement estimé** = **12,606 mois** + 0,316(si homme) + 0,084 × (valeur OJ) + 0,311 × (valeur OB) + 0,339 × (point DI) + 0,699 × (Sévérité classe II) + X (valeur de la résine) + Y (valeur de l'adhésif) + Z (valeur du boîtier) + 4,297 (si extraction) + 4,163 (si port élastiques) + 1,750 (si clinicien anciennement gradué) + 2,297 × (par RVM) + 0,971 × (par boîtier décollé)

## **CONFLIT D'INTÉRÊT**

Aucun.

# Chapitre 5. Discussion

## 5.1 Vérification des hypothèses

Suite à l'analyse des résultats, les hypothèses de recherche ont été validées comme quoi il y avait effectivement plusieurs facteurs contributeurs à l'augmentation du temps de traitement orthodontique. Ces variables sont les suivantes :

- Plusieurs boîtiers décollés en cours de traitement
- Le(s) boîtier(s) décollé(s) est(sont) en position postérieure
- Le décolllement de boîtier est survenu en finition
- La malocclusion est importante
- Le traitement nécessite des extractions
- Le patient démontre une mauvaise coopération/ non port des élastiques
- Le patient a un taux élevé de rendez-vous manqués
- Le traitement est effectué par un clinicien expérimenté

Seulement trois hypothèses de recherche étaient erronées, soit la technique de collage directe, le fil rigide présent lors du décolllement et l'expérience du clinicien, qui ont tous les trois moins d'impact sur le traitement actif que la technique indirecte, la présence d'un fil souple et la graduation plus récente du clinicien.

D'un autre côté, l'hypothèse nulle n'a pas pu être vérifiée puisque tous les facteurs ont joué un rôle, qu'il soit négatif ou positif, dans la durée globale de port d'appareillages orthodontiques.

## 5.2 Intérêt clinique

Jusqu'à présent, cette étude se trouve parmi les plus pertinentes pour quantifier les variables affectant la durée du traitement orthodontique puisqu'elle réévalue non seulement des variables déjà mises de l'avant, mais apporte aussi de nouvelles pistes de recherche comme l'impact du fil présent au moment du décollement d'un boîtier. Les bénéfices sont à la fois pour les patients et les orthodontistes.

### Bénéfices pour les patients :

- Permet une meilleure estimation du temps de traitement.
- Encourage le patient, pour éviter la démotivation et favorise la coopération.
- Encourage le patient à prendre soins de ses appareillages sachant les conséquences secondaires aux bris.
- Diminue l'incidence d'effets indésirables : caries, déminéralisations, problèmes parodontaux, résorptions radiculaires, etc.
- Permet une meilleure relation de confiance avec le praticien.
- Augmente la satisfaction du patient d'avoir terminé dans les délais prédits et donc, est plus enclin à référer par la suite.

### Bénéfices pour les orthodontistes :

- Permet une meilleure estimation du temps de traitement.
- Permet une meilleure estimation des coûts associés et du tarif pour le traitement.
- Permet une meilleure communication avec le patient et le référent.
- Permet une réévaluation du protocole utilisé : technique de collage, boîtier utilisé, produits, etc.

Bref, cette étude a contribué à la quantification et au développement général des connaissances sur les variables pouvant altérer la durée de traitement orthodontique.

### 5.3 Limitations de l'étude

Il est important de reconnaître les limites de cette étude :

- Il s'agit d'une étude rétrospective, ce qui nous limite dans la collecte de données. Certaines variables, comme le port des élastiques, ne peuvent être quantifiées puisque l'étudiant qui a suivi le patient n'a pas nécessairement inscrit d'avertissement au dossier lorsque la coopération était inadéquate.
- Cette étude assume que tous les dossiers étaient correctement remplis et que les variables notées au dossier étaient véridiques.
- Certaines données pouvant influencer nos résultats ne sont pas disponibles. Par exemple, il aurait été pertinent de connaître le temps qui s'est écoulé entre le décollement du boîtier et la visite d'urgence afin de mieux établir la corrélation boîtier décollé/durée de traitement.
- Quelques dossiers ont dû être écartés, car des données quant aux produits utilisés étaient manquantes.
- Puisqu'il s'agit d'une étude en milieu universitaire, les patients sont traités par des résidents des trois années. Cela peut jouer grandement sur la durée du traitement sachant qu'un résident finissant est normalement plus rapide et efficace cliniquement qu'un nouvel étudiant.
- À l'Université de Montréal, plusieurs cliniciens sont responsables de superviser les patients en traitement et, donc, il existe plusieurs philosophies de traitement. Ces philosophies ont un impact considérable sur le temps de traitement sachant qu'elles découlent d'autres variables d'influence comme la décision d'extraire, le type de boîtier utilisé, les produits, etc.
- Certains types de boîtiers sont exclusivement utilisés par un orthodontiste responsable, ce qui biaise la relation entre ce boîtier et le temps de traitement. Ce dernier étant plutôt lié au clinicien qu'au boîtier lui-même.

- Malgré la diversité de boîtiers et de produits utilisés, l'échantillon est tout de même limité pour certaines variables comme les malocclusions de classe III, ce qui limite les conclusions que nous pouvons émettre à ce sujet.
- La fréquence de suivi n'est pas la même pour tous les patients, ce qui peut entraîner une prolongation d'un traitement par rapport à un autre.
- Les contraintes liées au calendrier scolaire font que lorsqu'un patient manque ou annule un rendez-vous, cela peut reporter le tout à une date bien ultérieure à ce qu'il en aurait été en pratique privée.

## 5.4 Avenues de recherche

Il serait intéressant de réaliser cette recherche avec :

- Une étude prospective où toutes les variables seraient notées à chaque rendez-vous.
- Un plus grand nombre de patients dans chacune des variables liées à la malocclusion pour en augmenter le pouvoir statistique.
- L'inclusion de patients traités avec chirurgie pour voir si ces mêmes variables ont le même impact.
- Un plus grand nombre de patients ayant décollé des boîtiers ainsi qu'une plus grande variété du type de boîtiers (différentes compagnies, auto-ligaturants vs conventionnels, etc.)
- Un plus grand nombre de produits pour le collage des boîtiers.
- Un groupe contrôle n'ayant décollé aucun boîtier ni manqué aucun rendez-vous.
- Un groupe de patients traités en bureau privé par un seul clinicien.

## **5.5 Source de financement**

Aucune source de financement.

## **Chapitre 6. Conclusion**

Notre objectif principal était d'évaluer et de quantifier les différents facteurs influençant le temps de traitement orthodontique. Nous avons noté plusieurs variables affectant négativement la durée de port d'appareillages orthodontiques, dont un traitement nécessitant des extractions, une mauvaise coopération de la part du patient et une malocclusion initiale plus sévère. Il semblerait donc que, comme soupçonné par les praticiens, le fait de manquer des rendez-vous de contrôle ou de décoller des boîtiers prolonge significativement la durée globale de traitement.

De plus, une variation a aussi été décelée en fonction des différents produits utilisés, de l'expérience du clinicien et du sexe du patient. L'ensemble de ces facteurs précédemment cités permet d'expliquer jusqu'à 53,8% de cette variation. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus dans d'autres publications sur le sujet, en plus d'offrir une nouvelle équation pour estimer la durée de traitement.

Ces conclusions sont fort intéressantes et bénéficieront tant aux patients qu'aux orthodontistes traitants. Une nouvelle étude avec un échantillonnage plus vaste permettrait de confirmer les résultats observés tout en établissant de nouveaux facteurs ayant une influence clinique.

## Bibliographie

1. Al-Jewair TS, Suri S, Tompson BD. Predictors of adolescent compliance with oral hygiene instructions during two-arch multibracket fixed orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2011;81(3):525-31.
2. Fisher MA, Wenger RM, Hans MG. Pretreatment characteristics associated with orthodontic treatment duration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(2):178-86.
3. Orthodontists AAO. The Economics of Orthodontics Survey. 2012.
4. Skidmore KJ, Brook KJ, Thomson WM, Harding WJ. Factors influencing treatment time in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(2):230-8.
5. Abdallah MN, Flores-Mir C. Are interventions for accelerating orthodontic tooth movement effective? *Evid Based Dent.* 2014;15(4):116-7.
6. William R. Proffit HWFaDMS. Contemporary orthodontics, 5th Edition 2013.
7. Colgate. <http://www.fr.colgateprofessional.ca/>. 2015.
8. Nimeri G, Kau CH, Abou-Kheir NS, Corona R. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment--a frontier in orthodontics. *Progress in orthodontics.* 2013;14:42.
9. Huang H, Williams RC, Kyrkanides S. Accelerated orthodontic tooth movement: molecular mechanisms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;146(5):620-32.
10. Mélanie Gauthier, Jia Lin Liu, Nishio C. Interactions médicamenteuses et remodelage osseux en orthodontie. *JOURNAL DE L'ORDRE DES DENTISTES DU QUÉBEC.* 2016(Avril).
11. Uribe F, Padala S, Allareddy V, Nanda R. Patients', parents', and orthodontists' perceptions of the need for and costs of additional procedures to reduce treatment time. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(4 Suppl):S65-73.
12. Seifi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Eur J Orthod.* 2003;25(2):199-204.
13. Kale S, Kocadereli I, Atilla P, Asan E. Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(5):607-14.
14. Collins MK, Sinclair PM. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(4):278-84.
15. Soma S, Iwamoto M, Higuchi Y, Kurisu K. Effects of continuous infusion of PTH on experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Res.* 1999;14(4):546-54.
16. Soma S, Matsumoto S, Higuchi Y, Takano-Yamamoto T, Yamashita K, Kurisu K, et al. Local and chronic application of PTH accelerates tooth movement in rats. *J Dent Res.* 2000;79(9):1717-24.
17. Lacey DL, Timms E, Tan HL, Kelley MJ, Dunstan CR, Burgess T, et al. Osteoprotegerin ligand is a cytokine that regulates osteoclast differentiation and activation. *Cell.* 1998;93(2):165-76.
18. Iglesias-Linares A, Moreno-Fernandez AM, Yanez-Vico R, Mendoza-Mendoza A, Gonzalez-Moles M, Solano-Reina E. The use of gene therapy vs. corticotomy surgery in accelerating orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(3):138-48.
19. Gene Therapy in India. 2011.

20. Bumann A, Carvalho RS, Schwarzer CL, Yen EH. Collagen synthesis from human PDL cells following orthodontic tooth movement. *Eur J Orthod.* 1997;19(1):29-37.
21. Madan MS, Liu ZJ, Gu GM, King GJ. Effects of human relaxin on orthodontic tooth movement and periodontal ligaments in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(1):8.e1-10.
22. McGorray SP, Dolce C, Kramer S, Stewart D, Wheeler TT. A randomized, placebo-controlled clinical trial on the effects of recombinant human relaxin on tooth movement and short-term stability. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(2):196-203.
23. Kalemaj Z, Debernard IC, Buti J. Efficacy of surgical and non-surgical interventions on accelerating orthodontic tooth movement: A systematic review. *Eur J Oral Implantol.* 2015;8(1):9-24.
24. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(3):289-97.
25. Teng GY, Liou EJ. Interdental osteotomies induce regional acceleratory phenomenon and accelerate orthodontic tooth movement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(1):19-29.
26. Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(4):372-82.
27. Wang L, Lee W, Lei DL, Liu YP, Yamashita DD, Yen SL. Tissue responses in corticotomy- and osteotomy-assisted tooth movements in rats: histology and immunostaining. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(6):770.e1-11; discussion -1.
28. Kole H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1959;12(5):515-29 concl.
29. Al-Naoum F, Hajeer MY, Al-Jundi A. Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(10):1880-9.
30. Anholm JM, Crites DA, Hoff R, Rathbun WE. Corticotomy-facilitated orthodontics. *CDA J.* 1986;14(12):7-11.
31. Hoogeveen EJ, Jansma J, Ren Y. Surgically facilitated orthodontic treatment: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(4 Suppl):S51-64.
32. Keser EI, Dibart S. Piezocision-assisted Invisalign treatment. *Compend Contin Educ Dent.* 2011;32(2):46-8, 50-1.
33. Keser EI, Dibart S. Sequential piezocision: a novel approach to accelerated orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(6):879-89.
34. Sebaoun JD, Surmenian J, Dibart S. [Accelerated orthodontic treatment with piezocision: a mini-invasive alternative to conventional corticotomies]. *Orthod Fr.* 2011;82(4):311-9.
35. Yu H, Jiao F, Wang B, Shen SG. Piezoelectric decortication applied in periodontally accelerated osteogenic orthodontics. *J Craniofac Surg.* 2013;24(5):1750-2.
36. Kim B, Dreyer CW, Sampson W. Accelerating orthodontic tooth movement with the aid of periodontal surgery--the practitioner viewpoint. *Aust Orthod J.* 2014;30(2):201-7.
37. Liou EJ, Chen PH, Wang YC, Yu CC, Huang CS, Chen YR. Surgery-first accelerated orthognathic surgery: postoperative rapid orthodontic tooth movement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(3):781-5.

38. Liou EJ, Chen PH, Wang YC, Yu CC, Huang CS, Chen YR. Surgery-first accelerated orthognathic surgery: orthodontic guidelines and setup for model surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(3):771-80.
39. Mueller M, Schilling T, Minne HW, Ziegler R. A systemic acceleratory phenomenon (SAP) accompanies the regional acceleratory phenomenon (RAP) during healing of a bone defect in the rat. *J Bone Miner Res.* 1991;6(4):401-10.
40. Andrade I, Jr., Sousa AB, da Silva GG. New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. *Dental press journal of orthodontics.* 2014;19(6):123-33.
41. Trelles MA, Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low-power laser. *Lasers Surg Med.* 1987;7(1):36-45.
42. Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, Wetter NU. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med.* 2004;35(2):117-20.
43. Arias OR, Marquez-Orozco MC. Aspirin, acetaminophen, and ibuprofen: their effects on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(3):364-70.
44. Long H, Pyakurel U, Wang Y, Liao L, Zhou Y, Lai W. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2013;83(1):164-71.
45. Woodhouse NR, DiBiase AT, Johnson N, Slipper C, Grant J, Alsaleh M, et al. Supplemental vibrational force during orthodontic alignment: a randomized trial. *J Dent Res.* 2015;94(5):682-9.
46. OrthoAccel. *Acceledent.* 2015.
47. Pinskaya YB, Hsieh TJ, Roberts WE, Hartsfield JK. Comprehensive clinical evaluation as an outcome assessment for a graduate orthodontics program. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(5):533-43.
48. Fink DF, Smith RJ. The duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;102(1):45-51.
49. Jarvinen S, Widstrom E, Raitio M. Factors affecting the duration of orthodontic treatment in children. A retrospective study. *Swed Dent J.* 2004;28(2):93-100.
50. John W, Kerr S, Buchanan IB, McNair FI, McColl JH. Factors influencing the outcome and duration of removable appliance treatment. *Eur J Orthod.* 1994;16(3):181-6.
51. Mavreas D, Athanasiou AE. Factors affecting the duration of orthodontic treatment: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2008;30(4):386-95.
52. Beckwith FR, Ackerman RJ, Jr., Cobb CM, Tira DE. An evaluation of factors affecting duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(4):439-47.
53. Melo AC, Carneiro LO, Pontes LF, Cecim RL, de Mattos JN, Normando D. Factors related to orthodontic treatment time in adult patients. *Dental press journal of orthodontics.* 2013;18(5):59-63.
54. Gabriel P. [www.orthodontie-paris14.fr/](http://www.orthodontie-paris14.fr/). 2008-2011.
55. Veeroo HJ, Cunningham SJ, Newton JT, Travess HC. Motivation and compliance with intraoral elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;146(1):33-9.
56. Taylor PJ, Kerr WJ, McColl JH. Factors associated with the standard and duration of orthodontic treatment. *Br J Orthod.* 1996;23(4):335-41.
57. Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: a prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(2):208-15.

58. Parrish LD, Roberts WE, Maupome G, Stewart KT, Bandy RW, Kula KS. The relationship between the ABO discrepancy index and treatment duration in a graduate orthodontic clinic. *Angle Orthod.* 2011;81(2):192-7.
59. Cangialosi TJ, Riolo ML, Owens SE, Jr., Dykhouse VJ, Moffitt AH, Grubb JE, et al. The ABO discrepancy index: a measure of case complexity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(3):270-8.
60. Vu CQ, Roberts WE, Hartsfield JK, Jr., Ofner S. Treatment complexity index for assessing the relationship of treatment duration and outcomes in a graduate orthodontics clinic. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(1):9 e1-13.
61. Leon-Salazar R, Janson G, Henriques JF, Leon-Salazar V. Influence of initial occlusal severity on time and efficiency of Class I malocclusion treatment carried out with and without premolar extractions. *Dental press journal of orthodontics.* 2014;19(4):38-49.
62. Bazargani F, Magnuson A, Dolati A, Lennartsson B. Palatally displaced maxillary canines: factors influencing duration and cost of treatment. *Eur J Orthod.* 2013;35(3):310-6.
63. Al-Shayea EI. A survey of orthodontists' perspectives on the timing of treatment: A pilot study. *Journal of orthodontic science.* 2014;3(4):118-24.
64. Vig PS, Orth D, Weintraub JA, Brown C, Kowalski CJ. The duration of orthodontic treatment with and without extractions: A pilot study of five selected practices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;97(1):45-51.
65. Mazzeo F, Marchese E, Assumma V, Sepe J, Perillo L. A new device (FAQ.FIX(R)) for orthodontic bracket placement in straight wire technique. *Progress in orthodontics.* 2013;14:23.
66. DiBiase AT, Nasr IH, Scott P, Cobourne MT. Duration of treatment and occlusal outcome using Damon3 self-ligated and conventional orthodontic bracket systems in extraction patients: a prospective randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(2):e111-6.
67. Papageorgiou SN, Konstantinidis I, Papadopoulou K, Jager A, Bourauel C. Clinical effects of pre-adjusted edgewise orthodontic brackets: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2014;36(3):350-63.
68. O'Brien K. Longer treatment times with self-ligated orthodontic brackets. *Evid Based Dent.* 2014;15(3):92.
69. Celar A, Schedlberger M, Dorfler P, Bertl M. Systematic review on self-ligating vs. conventional brackets: initial pain, number of visits, treatment time. *J Orofac Orthop.* 2013;74(1):40-51.
70. Amditis C, Smith LF. The duration of fixed orthodontic treatment: a comparison of two groups of patients treated using Edgewise brackets with 0.018" and 0.022" slots. *Aust Orthod J.* 2000;16(1):34-9.
71. Sahafian AA, Heravi F, Oshagh M, Adab L. A comparative study of treatment outcomes between begg and edgewise orthodontic systems in class I cases. *Dental research journal.* 2014;11(5):574-8.
72. Technology A. *Invisalign.* 2015.
73. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod.* 2014;84(3):391-6.
74. Robb SI, Sadowsky C, Schneider BJ, BeGole EA. Effectiveness and duration of orthodontic treatment in adults and adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(4):383-6.

75. Rossouw PE. A Historical Overview of the Development of the Acid-Etch Bonding System in Orthodontics. *Semin Orthod.* 2010;16(1):2-23.
76. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod.* 1965;51(12):901-12.
77. Ritter A. Ask the experts. Enamel bonding. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al].* 2001;13(3):153.
78. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Olson ME. Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(3):243-7.
79. Fleming PS. Limited evidence suggests no difference in orthodontic attachment failure rates with the acid-etch technique and self-etch primers. *Evid Based Dent.* 2014;15(2):48-9.
80. Fleming PS, Johal A, Pandis N. Self-etch primers and conventional acid-etch technique for orthodontic bonding: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(1):83-94.
81. Fjeld BØaM. The Enamel Surface and Bonding in Orthodontics. *Semin Orthod.* 2010;16(1):37-48.
82. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(1):45-8.
83. Mandall NA, Millett DT, Mattick CR, Hickman J, Worthington HV, Macfarlane TV. Orthodontic adhesives: a systematic review. *J Orthod.* 2002;29(3):205-10; discussion 195.
84. Mickenautsch S, Yengopal V, Banerjee A. Retention of orthodontic brackets bonded with resin-modified GIC versus composite resin adhesives--a quantitative systematic review of clinical trials. *Clin Oral Investig.* 2012;16(1):1-14.
85. Adhesive fractures - Types of fractures and explanations 2015. Available from: <http://www.adhesiveandglue.com/fracture-of-adhesive.html>.
86. Matsui S, Umezaki E, Komazawa D, Otsuka Y, Suda N. Evaluation of mechanical properties of esthetic brackets. *Journal of dental biomechanics.* 2015;6:1758736015574401.
87. Ormco. Damon clear. 2015.
88. Eliades T, Viazis AD, Lekka M. Failure mode analysis of ceramic brackets bonded to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104(1):21-6.
89. Bishara SE, Fehr DE. Ceramic brackets: something old, something new, a review. *Semin Orthod.* 1997;3(3):178-88.
90. Orthodontics A. Braces: Putting Braces On Bonding Procedure. 2011.
91. Calera Orthodontics P. Indirect Bonding. 2009.
92. Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(6):738-42.
93. Milne JW, Andreasen GF, Jakobsen JR. Bond strength comparison: a simplified indirect technique versus direct placement of brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(1):8-15.
94. Bozelli JV, Bigliuzzi R, Barbosa HA, Ortolani CL, Bertoz FA, Faltin Junior K. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. *Dental press journal of orthodontics.* 2013;18(6):51-7.
95. Bolanos-Carmona V, Zein B, Menendez-Nunez M, Sanchez-Sanchez P, Ceballos-Garcia L, Gonzalez-Lopez S. Influence of the bracket on bonding and physical behavior of orthodontic resin cements. *Dent Mater J.* 2015;34(4):449-57.

96. Al Maaitah EF, Adeyemi AA, Higham SM, Pender N, Harrison JE. Factors affecting demineralization during orthodontic treatment: a post-hoc analysis of RCT recruits. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(2):181-91.
97. Owman-Moll P. Orthodontic tooth movement and root resorption with special reference to force magnitude and duration. A clinical and histological investigation in adolescents. *Swed Dent J Suppl.* 1995;105:1-45.
98. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7(2):71-8.
99. Maxfield BJ, Hamdan AM, Tufekci E, Shroff B, Best AM, Lindauer SJ. Development of white spot lesions during orthodontic treatment: perceptions of patients, parents, orthodontists, and general dentists. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(3):337-44.
100. Tsihlaki A, Chin SY, Pandis N, Fleming PS. How long does treatment with fixed orthodontic appliances last? A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(3):308-18.