

»» ARTICLES SCIENTIFIQUES



Orthodontic management of a class I malocclusion using aligners: the relevance of digital technologies

Traitement orthodontique d'un cas de classe I par aligneurs : intérêt du digital

Hatem Hammouda, Nour Ben Belgacem, Rihab Zairi, Takwa Mamlouk, Anissa Zinelabidine .

Université de Monastir, Faculté de médecine dentaire de Monastir, Service d'Orthodontie. EPS Farhat Hached Soussse
Laboratoire de Recherche Santé Buccale et Réhabilitation Bucco-Faciale, LR12ES11, 5000, Monastir, Tunisie

Résumé

Cet article présente un cas clinique de malocclusion de Classe I d'Angle traité par aligneurs et évalue la prédictibilité des mouvements dentaires ainsi que les facteurs ayant influencé le résultat thérapeutique. Une patiente présentant une Classe I avec encombrement modéré a été prise en charge à l'aide d'un système d'aligneurs, avec une planification numérique détaillée incluant le séquençage des mouvements, la mise en place d'attachments et l'intégration de finition par élastique. Le suivi clinique a permis d'analyser la correspondance entre les mouvements programmés et ceux réellement obtenus, ainsi que la nécessité de refinements. Une bonne hygiène bucco-dentaire et une excellente coopération du patient ont favorisé la réussite du traitement. Ce cas confirme l'efficacité des aligneurs transparents dans la gestion des malocclusions de Classe I, à condition qu'une planification biomécanique rigoureuse soit appliquée et que la collaboration du patient soit optimale.

Mots clés : Aligneurs, Classe I DDM, esthétique, biomécanique

Abstract

This article reports a clinical case of Angle Class I malocclusion treated with clear aligners and evaluates the predictability of tooth movements as well as factors influencing the therapeutic outcome. A patient presenting with Class I malocclusion and moderate crowding was treated using a thermoplastic aligner system based on detailed digital planning, including movement sequencing, attachment placement, and incorporation of overcorrections when deemed necessary. Clinical follow-up assessed the concordance between planned and achieved tooth movements and identified the need for refinements. The aesthetic and functional goals were successfully achieved. The patient's excellent oral hygiene and rigorous compliance with aligner wear significantly contributed to treatment success. This case supports the effectiveness of clear aligners in managing Class I malocclusions, provided that precise biomechanical planning is implemented and patient cooperation is ensured.

Key words : Aligners, class I malocclusion, aesthetics, biomechanics.

INTRODUCTION

L'orthodontie par aligneurs s'est imposée au cours des deux dernières décennies comme une alternative thérapeutique fiable aux appareils fixes conventionnels. Initialement limitée à des mouvements dentaires simples, cette approche a bénéficié d'avancées majeures en biomécanique, en planification numérique et en matériaux

polymériques, élargissant ainsi considérablement ses indications cliniques (13). Aujourd'hui, les aligneurs ont considérablement évolué, passant d'une solution esthétique pour des malocclusions simples à un outil clinique capable d'aborder des cas plus complexes. (9)

Malgré leur popularité croissante, l'efficacité des aligneurs reste étroitement liée à une sélection

rigoureuse des cas, une planification virtuelle détaillée et un suivi clinique minutieux. Leur succès repose également sur la compréhension des limites biomécaniques propres à ce système, notamment en ce qui concerne la prédictibilité des mouvements complexes et le rôle des attachements ou des séquences de forces programmées. (12)

Le présent article décrit et analyse un cas clinique de Classe I d'Angle traité par aligneurs, illustrant les principes diagnostiques et biomécaniques nécessaires à la conduite d'un traitement efficace.

OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente âgée de 24 ans qui consulte pour un motif esthétique : encombrement dentaire au niveau du secteur incisivo-canin supérieur et inférieur.

L'examen exo buccal révèle (Figure 1) :

- En Vue de face: symétrie du visage retrouvée, parallélisme des lignes horizontales
- En Vue de profil: profil droit, diminution de l'étage inférieur, Angle naso-labial normal, un sillon Labio-mentonnier en S allongé et distance cervico-mentonnaire de 4 doigts
- Un Sourire disgracieux avec un encombrement antéro-supérieur et antéro-inférieur

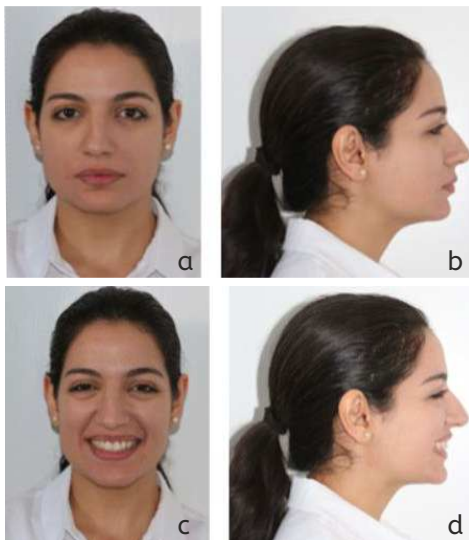


Figure 1 Photographies exo-buccal

a :Vue de face, b :Vue de profil,
c :Sourire de face, d :Sourire de profil

L'examen endobuccal révèle (Figure 2) :

- Une Classe I canine et molaire
- Une Déviation MII (milieu inter-incisif) supérieur vers le côté droit
- Un Palais large
- Une Mandibule en U
- Un encombrement de 10mm



Figure 2 Photographies endo-buccales

a :Occlusion droite, b :Occlusion de face, c :Occlusion gauche,
d :Vue de l'arcade mandibulaire, e :Vue de l'arcade maxillaire

L'Examen des fonctions :

- Déglutition fonctionnelle
- Respiration nasale
- Mastication unilatérale alternée
- Absence des Para-fonctions

L'Examen radiologique comporte (Figure 3) :

- Une radiographie panoramique qui montre l'inclusion des dents de sagesse supérieures et l'absence des dents de sagesse inférieures
- La téléradiographie de profil sur laquelle le tracé céphalométrique permet de poser le diagnostic de la malocclusion (Deux analyses ont été effectués (Tab1 et Tab2))

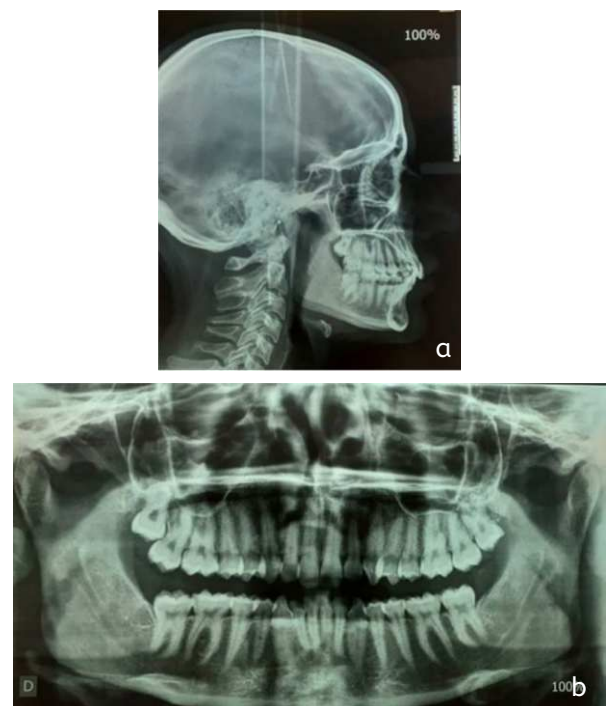


Figure 3 Examen radiologique

a :Téléradiographie de profil, b :Radiographie panoramique

Tableau I Analyse de TWEED

SNA	83°			+	-
SNB	77°				15.2
ANB	6°	ANT	RI		9
AoBo	5 mm		ENC		3
FMA	16°	MOY	C spee		1
FMA	53°		ENC		
IMPA	111°	POST	Croissance		
I/i	123°		ENC		
I/F	110°	Total		-28.2	
Z	78°				

Tableau II Analyse de STEINER

SND	76°		+	-
I/NA	17°/5mm		ENC	10
i/NB	36°/7mm		RI	6.5
Pog/NB	3 mm		C Spee	2
GoGn/SN	27°		DDM	18.5
SL	66mm		Exo	
SE	22mm		Net	18.5
EL	88 mm			

Une empreinte numérique a été réalisée pour mettre de poser un diagnostic précis et d'effectuer une conception 3D (Figure 4)

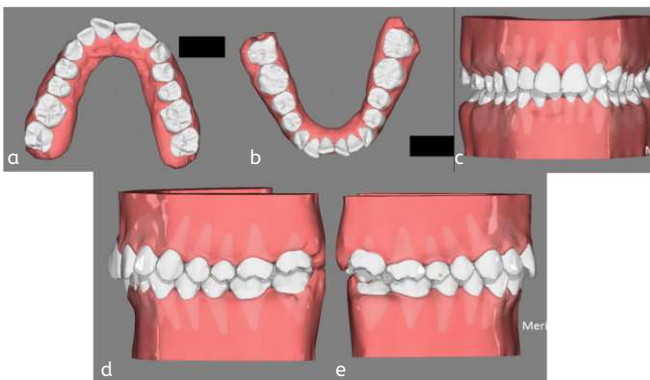


Figure 4 Empreinte numérique

a :Arcade maxillaire, b :Arcade mandibulaire, c :Occlusion de face, d :Occlusion droite, e : Occlusion gauche

En effet , L'empreinte numérique, obtenue grâce à des scanners intra-oraux 3D, révolutionne la prise d'empreintes en orthodontie en offrant une alternative précise et plus confortable aux techniques conventionnelles à base d'alginat ou de silicone. Ces systèmes numériques permettent de capturer un modèle virtuel détaillé de l'arcade dentaire en temps réel, facilitant l'intégration avec les logiciels de planification et de fabrication assistée par ordinateur (CAD/CAM).

Une méta-analyse récente intégrant plusieurs revues systématiques a ainsi démontré que les scanners

intra-oraux offrent des avantages significatifs en termes de performance globale et de satisfaction patient, tout en soulignant la nécessité d'études de haute qualité pour standardiser les protocoles cliniques et confirmer ces bénéfices sur l'ensemble des situations orthodontiques (14).

Les objectifs de traitement sont :

- Correction de la dysharmonie dento-maxillaire
- Amélioration de la forme des arcades
- Rétablir un overjet et un overbite fonctionnels
- Améliorer autant que possible le profil esthétique et le sourire de la patiente
- Faciliter l'accès à l'hygiène

La décision thérapeutique : Traitement orthodontique sans extraction par aligneurs

Le plan de traitement comporte :

- Empreintes numériques et établissement du plan de traitement
- Vérifier les étapes de traitement et le résultat final puis validation du plan de traitement
- Collage des taquets orthodontiques à l'aide du Template
- Stripping
- Mise en bouche des gouttières
- Changement des gouttières chaque deux semaines
- Contention collée maxillaire et mandibulaire de canine à canine

Les étapes du traitement :

Le traitement orthodontique a été initié par le collage des taquets conformément au « template » fourni par le système d'aligneurs. Les réductions amélares interproximales (stripping) prévues au plan de traitement ont été réalisées. La patiente a ensuite débuté le port des aligneurs selon le protocole établi (15 jours par gouttière)



Figure 5 Collage des taquets

a :Occlusion de face, b :Occlusion droite, c :Occlusion gauche

À l'issue de la neuvième gouttière, le traitement a permis une réduction significative de l'encombrement dentaire. Toutefois, l'évaluation occlusale a révélé une relation molaire encore insuffisamment corrigée, en particulier au niveau des premières molaires.

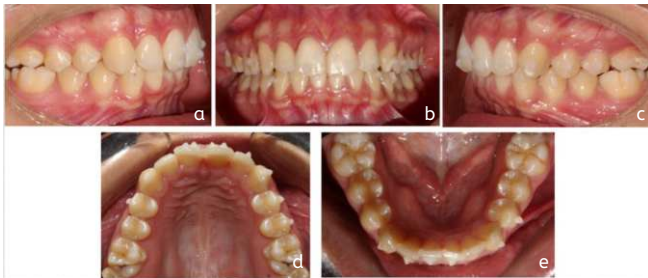


Figure 6 Gouttière numéro 9

a :Occlusion droite, b :Occlusion de face, c :Occlusion droite, d :Vue de l'arcade maxillaire , e :Vue de l'arcade mandibulaire

Après le port de douze gouttières, le traitement de l'arcade maxillaire a été considéré comme achevé. En revanche, l'arcade mandibulaire présentait encore un léger chevauchement.



Figure 7 Gouttière numéro 12

a :Occlusion droite, b :Occlusion de face, c :Occlusion droite, d :Vue de l'arcade maxillaire, e :Vue de l'arcade mandibulaire

La poursuite du traitement par deux gouttières a permis la résolution complète de l'encombrement mandibulaire, avec l'obtention d'un résultat esthétique satisfaisant.

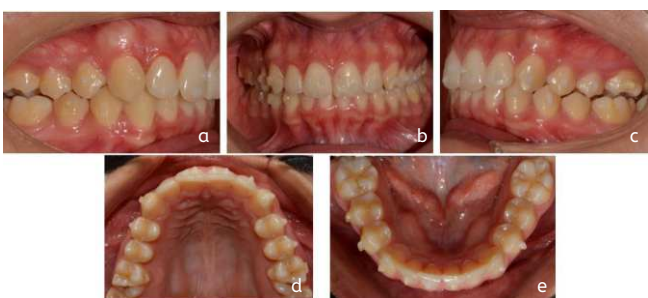


Figure 8 Gouttière numéro 12 supérieure et 14 inférieure

a :Occlusion droite, b :Occlusion de face, c :Occlusion droite, d :Vue de l'arcade maxillaire, e :Vue de l'arcade mandibulaire

On a coupé la gouttière au niveau molaire avec port d'élastique pour asseoir l'occlusion.



Figure 9 Finition

a :Occlusion droite, b :Occlusion gauche



Figure 10 Photographies endo-buccales en fin de traitement

a :Occlusion droite, b :Occlusion de face, c :Occlusion droite, d :Vue de l'arcade maxillaire, e :Vue de l'arcade mandibulaire



Figure 11 Photographies exo-buccales en fin de traitement

a :Vue de face, b :Vue de profil, c :Sourire de face, d :Sourire de profil

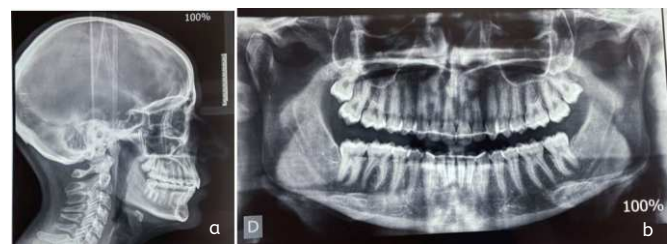


Figure 12 Les radiologiques de fin de traitement

a :Téléradiographie de profil, b :Radiographie panoramique



Figure 13 Superposition générale



Figure 14 Photographies avec le sourire de la patiente en fin de traitement

DISCUSSION

Le traitement de la Classe I DDM au moyen d'aligneurs a permis d'obtenir les objectifs thérapeutiques fixés, confirmant l'efficacité de cette approche pour la correction des malocclusions légères à modérées. Les résultats cliniques observés sont en accord avec les conclusions de plusieurs études indiquant que les aligneurs sont particulièrement performants pour les mouvements de translation simple, les intrusions légères et les mouvements de tipping contrôlé (3,4).

Dans le cas présenté, la précision des mouvements programmés a été globalement satisfaisante, bien que certaines étapes aient nécessité un affinage supplémentaire. Ce constat est cohérent avec la littérature, qui montre que la prédictibilité réelle des mouvements varie considérablement selon le type d'action dentaire. Par exemple, les rotations, particulièrement celles des prémolaires, affichent des taux de réussite plus faibles, oscillant entre 30 et 60 %, en fonction des attachements et du séquençage utilisé (3,4). Lorsque des surcorrections sont intégrées à la planification virtuelle, l'efficacité peut augmenter de manière significative (6).

Sur le plan biomécanique, la performance du traitement a été influencée par des paramètres tels que la hauteur du bord de finition de l'aligneur, la géométrie des attachements et la rigidité du

matériau. Des études in vitro soulignent que ces éléments influencent directement la qualité des forces et des moments transmis aux dents (8). Les observations cliniques du présent cas concordent avec ces données, notamment en ce qui concerne la nécessité d'optimiser la conception des taquets pour améliorer le contrôle du torque et des rotations.

L'observance du patient a également joué un rôle essentiel dans l'issue favorable du traitement. La littérature souligne que la coopération – en particulier le port effectif de 20 à 22 heures par jour – demeure l'un des facteurs déterminants du succès des aligneurs (11). Dans notre cas, l'adhésion rigoureuse du patient au protocole de port a probablement contribué à la bonne prédictibilité des mouvements.

Du point de vue biologique, le recours aux aligneurs a permis de maintenir une hygiène bucco-dentaire optimale et de limiter l'irritation gingivale.

Plusieurs études montrent en effet que l'inflammation gingivale est significativement moindre chez les patients traités par aligneurs que chez ceux traités par appareils fixes multi-attaches, grâce à la possibilité de retirer les gouttières lors du brossage (1,10,15). Ces avantages confirment l'intérêt des aligneurs pour les patients présentant un risque parodontal accru ou une hygiène insuffisante.

Enfin, malgré les résultats positifs, certaines limites doivent être prises en compte. Le recours à une ou plusieurs phases de raffinements, demeure fréquent dans la pratique clinique. La littérature rapporte que 60 à 80 % des traitements par aligneurs nécessitent des ajustements intermédiaires pour optimiser les mouvements dentaires (7). Cela souligne l'importance d'une planification initiale rigoureuse ainsi que d'un suivi régulier, permettant de détecter rapidement les écarts entre les mouvements programmés et les mouvements réellement obtenus.

En résumé, ce cas clinique illustre la capacité des aligneurs transparents à traiter efficacement une malocclusion de Classe I d'Angle, sous réserve d'une planification minutieuse, d'un contrôle biomécanique précis et d'une bonne coopération du patient. Les résultats obtenus corroborent les données de la littérature, tout en mettant en évidence la nécessité d'intégrer des stratégies d'optimisation – telles que l'utilisation d'attachements spécifiques ou la programmation de surcorrections – pour améliorer la prédictibilité de certains mouvements.

CONCLUSION

Le traitement de ce cas de Classe I d'Angle par aligneurs a permis d'obtenir des résultats cliniques satisfaisants, tant sur le plan esthétique que fonctionnel. La planification numérique, l'utilisation appropriée des taquets et le suivi clinique rapproché ont contribué à une bonne prédictibilité des mouvements dentaires programmés. Ce cas confirme que les aligneurs constituent une option thérapeutique efficace pour ce type de malocclusion à condition que leurs limites biomécaniques soient prises en compte et que la coopération du patient soit optimale.

Cependant, la nécessité de finition, fréquemment rapportée dans la littérature, rappelle l'importance d'un contrôle rigoureux du traitement et d'ajustements progressifs pour compenser les écarts entre les mouvements prévus et les mouvements réellement obtenus. Malgré ces ajustements, les aligneurs offrent des avantages notables, notamment en termes de confort, d'esthétique et d'hygiène bucco-dentaire.

L'utilisation de l'intelligence artificielle dans la planification numérique offre des perspectives prometteuses en termes de prédictibilité des mouvements dentaires, d'adaptation dynamique du plan de traitement et de réduction du recours aux finitions. Ces outils pourraient améliorer la personnalisation du traitement et optimiser les résultats cliniques.

REFERENCES

- 1) Miethke RR, Vogt S. A comparison of Invisalign and fixed appliance patients. *J Orofac Orthop.* 2005;66:424-34.
- 2) Kravitz ND, Kusnoto B, Begole EA, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(1):27-35.
- 3) Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(5):881-9.
- 4) Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod.* 2018;19:37.
- 5) Robertson L et al. Effectiveness of clear aligner therapy: A systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2020;23(2):133-42.
- 6) Dai FF, Xu TM. Comparison of achieved and predicted tooth movement with Invisalign. *Angle Orthod.* 2015;85(2):208-15.
- 7) Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver D, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of refinements. *Korean J Orthod.* 2018;48(5):337-45.
- 8) Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014; 145(6): 728-36.
- 9) Buschang PH, et al. Aligner treatment: limitations and solutions. *Seminars in Orthodontics.*
- 10) Levrini L, Mangano A, Montanari P. Oral hygiene and periodontal conditions in Invisalign vs fixed appliances. *Prog Orthod.* 2013;14:28.
- 11) Buschang PH et al. Compliance and its impact on clear aligner treatment. *Angle Orthod.* 2021;91(2):157-64.
- 12) Zhang Y, Li X, Wang J, et al. A systematic review and network meta-analysis on the impact of various aligner materials and attachments on orthodontic tooth movement. *Journal of Clinical Medicine.* 2023
- 13) AlBaqshi A, et al. Factors influencing the predictability and success of Invisalign aligners: A systematic review. 2025.
- 14) Pesce P, Nicolini P, Caponio V. C. A., Zecca P. A., Canullo L., Isola G., Baldi D., De Angelis N., Menini M. Accuracy of Full-Arch Intraoral Scans Versus Conventional Impression: A Systematic Review with a Meta-Analysis and a Proposal to Standardise the Analysis of the Accuracy.
- 15) Baneshi, M., O'Malley, L., El-Angbawi, A., & Thiruvengkatachari, B. (2023). Effectiveness of clear orthodontic aligners in correcting malocclusions: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 45(2), 123-134.