ACADÉMIE NATIONALE DE CHIRURGIE DENTAIRE
Reconnue d'utilité publique depuis 1964

Commission législation composée au moment de sa rédaction de : P. BRENIER, J-P BRUN, M. DAAS, M. LANDRU, D. MIRISCH, P. ROCHER, P. SIMONET, G. SORNIN, Y. SOYER, J-P VASSAL.
Dossier coordonné par : Y. SOYER et G. SORNIN

Le traitement orthodontique par aligneurs : une innovation technologique au service d'une pratique responsable

Introduction :
L'orthodontie : historique, enseignement, diplômes, modes d'exercice.
Aligneurs orthodontiques
Responsabilité capacité professionnelle
Perspectives et évolutions attendues
Conclusion

1. Introduction

L'orthodontie, discipline de la chirurgie dentaire consacrée à la correction des malocclusions et des anomalies dento-maxillo-faciales, a connu une évolution majeure au cours des dernières décennies. Les progrès de la biomécanique, des matériaux et des technologies numériques ont conduit au développement des aligneurs transparents, qui constituent aujourd'hui une alternative aux appareils fixes conventionnels. Depuis la commercialisation du premier système d'aligneurs par Align Technology® (Invisalign®) en 1997, de nombreux autres fabricants ont développé leurs propres systèmes, contribuant à une diffusion mondiale de cette technologie et à une diversification des approches thérapeutiques[13].

En modifiant profondément les pratiques orthodontiques, ces dispositifs ont rencontré un succès croissant, notamment auprès des patients adultes, en raison de leur discrétion, de leur confort et de leur intégration dans un flux de traitement numérique.

Si les aligneurs constituent aujourd'hui une évolution majeure de l'orthodontie contemporaine, leur diffusion soulève également des questions nouvelles concernant leurs indications, la formation des praticiens, les responsabilités professionnelles ainsi que les enjeux éthiques et réglementaires liés à leur utilisation.

Il convient de retracer leur genèse historique, en détaillant leurs principes de fonctionnement, évaluant leurs avantages et leurs limites, et d'aborder la polémique actuelle concernant leur utilisation par des praticiens inexpérimentés, tout en explorant les perspectives d'avenir de cette technologie.

2. L’orthodontie, une spécialité médicale :

2.1. Repères historiques

L'orthodontie est une discipline de l'odontologie consacrée au diagnostic, à la prévention et au traitement des anomalies dento-maxillo-faciales. Si des tentatives de correction des malpositions dentaires remontent à l'Antiquité, Pierre Fauchard en pose les premières bases scientifiques en 1728 dans *Le Chirurgien-Dentiste ou traité des dents*. Au XIXe siècle, les progrès des connaissances anatomiques et biomécaniques favorisent le développement des premiers appareils orthodontiques, avant que les travaux d'Edward H. Angle, au début du XXe siècle, ne structurent durablement la discipline. Depuis lors, l'évolution des matériaux, de la biomécanique et des technologies numériques a profondément transformé les pratiques. Les empreintes optiques, la modélisation tridimensionnelle, la CFAO et l'impression 3D ont notamment permis l'essor des aligneurs transparents, désormais pleinement intégrés à l'arsenal thérapeutique orthodontique.[10,11,28,29,30,31,36]

2.2. Formation et exercice de l'orthodontie

En France, l'orthodontie fait partie intégrante de la formation initiale des chirurgiens-dentistes. Les études odontologiques permettent d'acquérir les connaissances fondamentales relatives au diagnostic des anomalies dentaires et squelettiques, ainsi qu'aux principes biologiques et biomécaniques des traitements orthodontiques.[7,25]

À l'issue de leur formation, tous les chirurgiens-dentistes possèdent la capacité légale d'entreprendre un traitement orthodontique, sous réserve de disposer des compétences nécessaires à sa réalisation. Cette possibilité est conforme aux dispositions du Code de la santé publique et rejoint la situation observée dans la majorité des pays européens, où l'orthodontie est enseignée au cours du cursus odontologique conformément à la directive européenne 2005/36/CE relative à la reconnaissance des qualifications professionnelles.[7,17]

Parallèlement à cette formation généraliste, l'orthopédie dento-faciale constitue en France une spécialité odontologique reconnue. L'accès à cette qualification est aujourd'hui assuré par le Diplôme d'Études Spécialisées d'Orthopédie Dento-Faciale (DES ODF), obtenu à l'issue du concours national de l'internat en odontologie. Cette formation hospitalo-universitaire à temps plein permet d'acquérir une expertise approfondie dans la prise en charge des malocclusions complexes, des dysmorphoses maxillo-faciales et des traitements multidisciplinaires.[4,5,18,19]

Ainsi, deux modes d'exercice coexistent : celui des chirurgiens-dentistes omnipraticiens qui réalisent des traitements orthodontiques dans le cadre de leurs compétences, et celui des praticiens qualifiés spécialistes en orthopédie dento-faciale qui consacrent exclusivement leur activité à cette discipline.[20,32,36]

2.3. Compétence professionnelle et responsabilité

Quelle que soit la modalité d'exercice choisie, la réalisation d'un traitement orthodontique implique une maîtrise des principes diagnostiques, biologiques et biomécaniques propres à cette discipline. La mise en œuvre d'un traitement ne peut se limiter à l'utilisation d'un dispositif médical, quel qu'il soit, mais suppose l'élaboration d'un diagnostic précis, la

définition d'objectifs thérapeutiques adaptés, la planification des déplacements dentaires, ainsi qu'un suivi clinique régulier permettant d'en contrôler l'évolution et de prévenir d'éventuelles complications.[23]

Cette exigence de compétence revêt aujourd'hui une importance particulière avec le développement des technologies numériques et des aligneurs transparents. Si ces dispositifs ont profondément renouvelé les modalités thérapeutiques, ils ne modifient en rien les principes fondamentaux de l'orthodontie ni les obligations professionnelles qui s'imposent au praticien. Le choix de la technique, sa planification et son suivi relèvent exclusivement de la responsabilité du chirurgien-dentiste, lequel demeure seul responsable des décisions thérapeutiques prises dans l'intérêt du patient.[4,21,22,23]

Les aligneurs ne constituent donc pas une nouvelle discipline, mais une modalité thérapeutique supplémentaire reposant sur les mêmes exigences scientifiques, cliniques et déontologiques que les traitements orthodontiques conventionnels. Cette évolution technologique explique les débats actuels concernant la formation des praticiens, la délégation de certaines étapes du traitement et les responsabilités respectives des professionnels et des industriels, qui seront développés dans les chapitres suivants.

3. Aligneurs orthodontiques

Les aligneurs sont des gouttières thermoformées réalisées sur mesure destinées à corriger les malpositions dentaires afin d'obtenir une forme harmonieuse des arcades maxillaire et mandibulaire tout en respectant la physiologie de la fonction manducatrice.[12]

La plupart des aligneurs sont fabriqués à partir de polymères thermoplastiques biocompatibles comme le polyméthacrylate de méthyle (PMMA).[2,6,15]

Introduit en 1997 avec le système Invisalign® (Align Technology®), le concept des aligneurs transparents a connu un développement considérable. Le marché comprend aujourd'hui de nombreux systèmes commerciaux, ainsi que de nombreux autres fabricants. Si Invisalign® demeure historiquement le système le plus diffusé et le plus documenté dans la littérature scientifique, le développement de plusieurs systèmes commerciaux au cours des deux dernières décennies a considérablement élargi l'offre thérapeutique, sans remettre en cause les principes biologiques et biomécaniques communs à l'ensemble des aligneurs.[13,37,39]

Les aligneurs orthodontiques représentent aujourd'hui une innovation majeure en orthodontie. Ils se distinguent des appareils multi-attaches traditionnels par leur discrétion, leur confort et leur amovibilité, répondant ainsi à une demande croissante des patients, notamment adultes. Leur développement a été largement favorisé par l'évolution des technologies numériques et l'amélioration des matériaux.[2,27,35,37]

3. 1. Le Diagnostic Préalable : Une Étape Fondamentale

Toutes les sources insistent sur le rôle fondamental d'un diagnostic précis et complet avant tout traitement orthodontique, y compris par aligneurs. Cette démarche est identique à celle de l'orthodontie conventionnelle et comprend l'interrogatoire médical, l'analyse des fonctions oro-faciales, l'examen clinique (exobuccal, endobuccal, occlusion et ATM), ainsi que

des examens complémentaires radiographiques et d'empreintes. Ces éléments permettent d'établir une synthèse diagnostique et de définir les objectifs du traitement.[35]

3. 2. Planification et Fabrication des Aligneurs

Une fois le diagnostic établi le praticien transmet ses directives à la société de fabrication d'aligneurs de son choix.

• **Le Setup Virtuel (ClinCheck® est le logiciel de planification numérique d'Invisalign®)** : C'est un logiciel de modélisation 3D qui permet de visualiser virtuellement la totalité du traitement étape par étape, des mouvements dentaires initiaux jusqu'au résultat final souhaité. Le praticien peut interagir avec cette interface pour modifier les mouvements, les sur-corrections, et les accessoires (attachements, boutons, découpes, stripping, mécanique intermaxillaire, chirurgie, expansion). La qualité du setup numérique dépend directement de la pertinence du diagnostic et de la planification thérapeutique réalisés par le praticien. Le logiciel constitue une aide à la décision mais ne se substitue pas au raisonnement clinique.[13]

• **Fabrication** : Après validation du setup virtuel, des modèles physiques en résine sont produits par stéréolithographie (imprimantes 3D). Les aligneurs sont ensuite thermoformés sur ces modèles, découpés au laser, polis, nettoyés, désinfectés et emballés. La plupart des aligneurs sont biocompatibles et sans Bisphénol A. Le praticien reçoit généralement la série des aligneurs dans un seul envoi après l'approbation du setup virtuel.[2,6,15,38]

3. 3. La Biomécanique des Aligneurs : Principes et Auxiliaires

La biomécanique des aligneurs diffère de celle des appareils fixes, notamment par l'absence d'un couple arc/gorge reproductible, ce qui augmente sa complexité. Les systèmes d'aligneurs combinent deux approches :[3,34]

• **Approche des déplacements dirigés** : La forme de l'aligneur est conçue pour correspondre à la position des dents à l'étape suivante, permettant un déplacement graduel.[34]

• **Approche des forces dirigées** : Des forces spécifiques sont appliquées aux couronnes dentaires via des auxiliaires pour obtenir les mouvements désirés, permettant un meilleur contrôle de l'unité dentaire (couronne et racine).[3,33,34]

Pour optimiser les mouvements, divers auxiliaires sont utilisés :

- Attachements (Taquets) :
- Réduction Interproximale (RIP (Réduction Inter Proximale) ou Stripping) :
- Pinces Hilliard Thermoplier® et Moundings : Outils spécifiques pour déformer l'aligneur et créer des bosses (ergots) ou ajouter du composite sur la dent ("moundings") afin d'exercer une pression et diriger le mouvement.
- Rampes d'Occlusion : Des épaississements de l'aligneur qui guident les mouvements occlusaux, notamment pour la correction des supraclusions.
- Power Ridge : Éléments de conception des gouttières qui appliquent une force vestibulaire à la partie cervicale de la couronne, créant un couple pour le torque lingual.
- Élastiques Intermaxillaires et Intramaxillaires :
- Mini-Vis d'Ancrage (TADs : Temporary Anchorage Devices) :
- Pontiques : Éléments en résine composite inclus dans l'aligneur pour remplacer temporairement des dents manquantes, souvent au niveau des sites d'extraction.
- Carrière Motion® : Dispositif permettant la distalisation molaire et la correction des décalages antéro-postérieurs, souvent combiné avec des aligneurs.

3. 4. Avantages et limites des aligneurs

Les aligneurs transparents offrent plusieurs bénéfices notables, ce qui explique leur popularité croissante, notamment auprès des patients adultes et adolescents. Cependant, malgré ces avantages, ils présentent également certaines limites et défis cliniques.

3.4.1. Avantages

L'efficacité des aligneurs a été largement étudiée, avec des résultats globalement positifs pour un large éventail d'indications orthodontiques.[3,27,33]

- **Efficacité des aligneurs dans le déplacement dentaire** : Plusieurs études cliniques et revues systématiques montrent que les aligneurs permettent d'obtenir des résultats comparables à ceux des appareils fixes pour les malocclusions légères à modérées.[14,27,33]

  Ils sont particulièrement efficaces pour les mouvements de translation et d'inclinaison, ainsi que l'intrusion antérieure.[3,33,34]

  Toutefois, ils présentent des limites pour la correction des rotations importantes (notamment des dents rondes), les mouvements verticaux (extrusions) et les mouvements radiculaires importants.[3,34,35]

- **Esthétique et discrétion** : L'un des avantages majeurs des aligneurs est leur discrétion. Fabriqués en matériaux transparents, ils sont quasi invisibles, réduisant significativement l'impact visuel du traitement orthodontique comparé aux appareils fixes métalliques traditionnels. Cette caractéristique répond particulièrement à la demande croissante des patients adultes qui souhaitent un traitement peu visible. Ils sont plébiscités à tout âge.

  Ainsi, contrairement aux appareils traditionnels, les aligneurs sont presque invisibles lorsqu'ils sont portés, ce qui est un avantage esthétique majeur et les rend particulièrement populaires auprès des adultes ou des adolescents qui recherchent une solution discrète pour corriger leurs malpositions dentaires.[37]

- **Confort** : Le confort est amélioré grâce à l'absence de brackets et de fils métalliques qui peuvent irriter les tissus buccaux. Les aligneurs sont lisses et adaptés à la dentition, ce qui limite les douleurs et les lésions intra-orales souvent associées aux appareils fixes. La perception de la douleur est généralement moins forte avec les aligneurs, potentiellement due aux forces intermittentes.[27,37]

  Les aligneurs sont fabriqués sur mesure pour chaque patient, et sont conçus pour s'ajuster confortablement aux dents.

- **Hygiène bucco-dentaire facilitée** : L'amovibilité des aligneurs permet au patient d'assurer une bonne hygiène buccale : brossage et fil dentaire.[27,33]

  Comparés aux techniques fixes traditionnelles les aligneurs réduisent l'accumulation de plaque dentaire et le risque de développer des atteintes de l'émail (leucomes carieux).

  Cela réduit les risques de formation de plaque dentaire, de caries et d'inflammations gingivales, complications fréquentes avec les appareils fixes. Cette facilité d'entretien contribue à maintenir une santé parodontale optimale durant toute la durée du traitement. Ainsi, une meilleure santé parodontale est observée chez les patients traités par aligneurs (diminution des indices de plaque, inflammation gingivale, saignement).[27,33]

- **Moins d'urgences orthodontiques** : Les aligneurs présentent un taux réduit d'urgences orthodontiques (décollements d'attaches orthodontiques, fils blessants), ce qui diminue la fréquence des consultations non programmées.

- **Satisfaction et qualité de vie des patients** : Le traitement avec des gouttières est perçu comme moins fastidieux et moins douloureux pour le patient que le traitement traditionnel avec des bagues, au moins pour les premiers jours.[27,33]

  L'acceptation et la satisfaction des patients avec les aligneurs sont des facteurs essentiels pour la réussite du traitement. Plusieurs études rapportent une meilleure qualité de vie perçue par les patients traités avec des aligneurs par rapport aux appareils fixes, notamment en raison du confort, de l'esthétique et de la facilité d'hygiène.[3,27,33]

- **Adaptabilité et personnalisation** : La planification numérique détaillée permet une personnalisation avancée des traitements. L'ajout d'attachements, de taquets et l'utilisation de tractions élastiques intermaxillaires permettent de gérer une variété de malocclusions avec une efficacité croissante. De plus, l'évolution technologique permet des traitements plus courts et mieux contrôlés.[37,38]

- **Fabrication au cabinet (In-Office Fabrication)** : Le développement d'outils comme les caméras intra-orales et les imprimantes 3D permet la fabrication des aligneurs directement au cabinet, réduisant les délais et potentiellement les coûts.[38]

3.4.2. Limites

Malgré les avantages, certains cas présentent des résultats cliniques suboptimaux avec les aligneurs. La précision insuffisante des mouvements complexes, la non-coopération du patient ou la planification numérique inadéquate peuvent entraîner des déplacements dentaires incomplets ou non conformes aux objectifs initiaux.[33,35]

- **Limitations des indications cliniques** : Les aligneurs sont généralement moins efficaces pour corriger les malocclusions sévères ou complexes, telles que les déplacements radiculaires importants, les rotations marquées des molaires (surtout pour les dents rondes comme les incisives latérales et les canines), ou les malpositions nécessitant un ancrage rigide. Certaines corrections verticales, notamment les extrusions, restent difficiles à réaliser avec des aligneurs seuls.[34,35]

- **Coopération du patient** : La réussite du traitement par aligneurs repose fortement sur l'adhésion du patient, qui doit porter ses aligneurs entre 20 et 22 heures par jour. Tout manquement peut entraîner des retards, une inefficacité des mouvements dentaires, voire l'échec du traitement. Cette dépendance constitue un facteur de risque important.[27,33]

- **Coût élevé** : Les traitements par aligneurs sont souvent plus coûteux que les traitements orthodontiques traditionnels, ce qui peut constituer un frein pour certains patients. Ce coût est lié à la technologie numérique, à la fabrication sur mesure des aligneurs en laboratoire et au temps consacré à la planification numérique complexe.

- **Surveillance clinique nécessaire** : Bien que certains protocoles prévoient un suivi à distance, la surveillance clinique régulière reste indispensable pour contrôler la progression du traitement et effectuer les ajustements nécessaires. Un suivi insuffisant peut compromettre les résultats.[15,35]

  Un suivi régulier et une réévaluation constante du traitement sont donc nécessaires pour anticiper ces difficultés et ajuster les protocoles, voire recourir à des techniques complémentaires (attaches, auxiliaires élastiques, mini-vis d'ancrage).

- **Stabilité et Récidive** : Certaines études suggèrent un taux de récidive supérieur pour les traitements par aligneurs, possiblement en raison d'une inocclusion postérieure en fin de

traitement ou d'intervalles de changement de gouttières trop courts pour une régénération osseuse/ligamentaire complète. D'autres, cependant, trouvent des résultats similaires après 6 mois de contention.[14,33]

3.4.3. Innocuité biologique et exposition aux matériaux thermoplastiques

Les aligneurs sont fabriqués à partir de polymères thermoplastiques biocompatibles dont la composition varie selon les fabricants. Au cours de leur utilisation, ces matériaux sont soumis aux contraintes mécaniques, aux variations de température et à l'environnement salivaire, susceptibles d'en modifier progressivement les propriétés physico-chimiques et leurs performances.[2,6,8,15]

Plusieurs études ont évalué le relargage potentiel de certains composés, notamment du bisphénol A, ainsi que la libération de particules polymériques ou de microplastiques. À ce jour, les concentrations mesurées demeurent généralement faibles et aucune preuve clinique ne permet d'établir un risque sanitaire lié au port des aligneurs dans les conditions habituelles d'utilisation.[9,26,40]

Toutefois, les données disponibles restent limitées, notamment concernant les effets d'une exposition chronique aux produits de dégradation des polymères, justifiant la poursuite des recherches sur la biocompatibilité à long terme de ces matériaux.[6,8,26]

3.5. Particularités des traitements d'orthodontie par aligneurs : Intermédiaires (labo – algorithmes) visualisation des déplacements en amont.

3.5.1. Suivi et planification numérique :

Le traitement par aligneurs est souvent basé sur des plans de traitement numériques. À l'aide d'imagerie 3D et de logiciels spécialisés, l'orthodontiste peut concevoir son traitement et suivre son évolution. Cela permet de planifier avec précision le déplacement des dents pendant toute la durée du traitement.[38]

3.5.2. Efficacité :

Les aligneurs peuvent traiter une variété de problèmes orthodontiques, bien que dans certains cas complexes, si la technique n'est pas maitrisée, ils puissent être moins efficaces que les appareils traditionnels. Le traitement nécessite une collaboration active du patient, qui doit porter les aligneurs pendant au moins 20 à 22 heures par jour pour garantir une correction optimale.

3.5.3. Durée du traitement :

La durée du traitement avec aligneurs est souvent similaire à celle des traitements traditionnels (de plusieurs mois à quelques années), mais elle peut être plus rapide dans certains cas, en fonction de la gravité des malocclusions.

4. Responsabilité, capacité professionnelle :

Lors de leur apparition, les aligneurs ont été présentés comme réservés au traitement des malocclusions faibles à modérées.[13,39]

La collecte de plans de traitements réalisés par les utilisateurs a permis aux Laboratoires d'étendre le champ d'utilisation de ces appareils.[3]

Présentés comme réservés à des praticiens spécialistes qualifiés, les aligneurs sont maintenant utilisés par tout praticien ayant suivi ou pas une formation appropriée.[21,22,23]

L'essor rapide des aligneurs transparents, qui a démocratisé leur utilisation et les a rendus accessibles à un plus large public, s'accompagne de controverses importantes concernant la compétence des praticiens qui les prescrivent et les supervisent. [21,22,23]

4.1. Contexte

L'utilisation croissante des aligneurs transparents a transformé le paysage de l'orthodontie, offrant aux patients une alternative esthétique et confortable par rapport aux appareils fixes traditionnels. Toutefois, ce succès s'accompagne d'une controverse notable liée à la compétence et à l'expérience des praticiens qui prescrivent et supervisent ces traitements. En effet, la simplicité apparente de mise en place des aligneurs, ainsi que leur commercialisation parfois directe au consommateur, ont conduit certains praticiens parfois insuffisamment formés ou peu expérimentés à gérer incomplètement les mouvements dentaires complexes. La simplicité apparente de la mise en œuvre de ces traitements peut conduire à sous-estimer la complexité du diagnostic, de la planification biomécanique et du suivi clinique indispensables à la réussite du traitement.[1, 21,22,23]

Une mauvaise planification du traitement peut entraîner des déplacements dentaires imprévus, des récidives ou des mouvements non contrôlés susceptibles de générer des complications fonctionnelles ou esthétiques. Par exemple, un diagnostic incomplet ou erroné peut passer à côté d'une malocclusion sévère nécessitant un traitement plus complexe, ou d'une pathologie parodontale qui contre-indique certains mouvements dentaires.[27,33,35]

Par ailleurs, la simplicité apparente de mise en place des aligneurs et leur commercialisation parfois directe au consommateur (Direct-to-Consumer - DTC) ont conduit à une prolifération d'offres, notamment en ligne, proposant des traitements à distance, souvent sans consultation orthodontique préalable ou suivi régulier. Cette pratique est parfois désignée sous le terme de "Do-It-Yourself orthodontics" (DIY orthodontics).[21,22,23]

Cette démocratisation soulève des questions éthiques et cliniques majeures, car l'orthodontie est une discipline complexe nécessitant un diagnostic précis, un suivi rigoureux et la gestion des complications. Le manque de compétence et d'expérience de certains praticiens ou l'absence totale de supervision professionnelle sont au cœur de cette polémique. [21,22,23]

4.2. Principaux risques cliniques

Plusieurs études et rapports cliniques alertent sur les risques liés à des traitements non contrôlés ou menés par des praticiens inexpérimentés.[1,20,22,23,32]

Un diagnostic incomplet, dû à l'absence d'examen clinique approfondi et de radiographies appropriées, peut conduire à des erreurs dans le choix du traitement. Cela peut entraîner des déplacements dentaires non contrôlés ou imprévus, des récidives, ou des mouvements non conformes aux objectifs initiaux.[27,33,35]

De plus, un diagnostic incomplet peut masquer une malocclusion sévère nécessitant un traitement complexe ou une pathologie parodontale contre-indiquant certains mouvements dentaires.

Les complications possibles incluent des troubles occlusaux, des dommages fonctionnels ou esthétiques, des lésions parodontales, des résorptions radiculaires ou des troubles articulaires temporo-mandibulaires.[27,33,34]

L’absence de-prise en compte des limites cliniques des aligneurs dans les cas sévères ou complexes peut entraîner une évolution défavorable du traitement.[3]

L'absence de suivi et d'ajustements nécessaires en cours de traitement est également un risque majeur, rendant les corrections plus difficiles, voire impossibles.[3]

4.3. Enjeux éthiques, juridiques et professionnels

4.3.1 Capacité professionnelle :

Seuls les chirurgiens-dentistes et les médecins ODMF (Orthopédie Dento-Maxillo-Faciale) ont la capacité professionnelle pour traiter un patient par aligneurs. Ils ne peuvent donc pas déléguer leur conception à un fabricant. De même, un praticien salarié dans un établissement de soins est seul responsable de la conduite de son traitement par aligneurs.[21,23]
Le praticien doit être capable de se juger compétent pour réaliser un traitement par aligneurs.

4.3.2. La déontologie du praticien :

Le Code de déontologie des chirurgiens-dentistes impose une formation spécifique, un diagnostic complet et un suivi rigoureux. Proposer un traitement sans contrôle adéquat ou compétence avérée peut violer le principe du respect des bonnes pratiques et des données acquises de la science, pouvant générer des dommages irréversibles. La formation continue est cruciale pour maintenir les compétences à jour. La transparence et une relation de confiance avec le patient sont essentielles, ce qui est souvent absent des offres en ligne.[21,23]
La formation initiale et continue des praticiens est donc indispensable pour assurer la qualité des traitements. Or, la formation spécifique aux aligneurs reste variable selon les pays et les cursus universitaires, et certains praticiens peuvent se lancer dans ces traitements sans avoir acquis les compétences nécessaires, notamment en planification numérique, en biomécanique et en gestion des urgences orthodontiques. Cette lacune peut entraîner des conséquences directes sur la santé bucco-dentaire des patients, augmentant le risque de complications comme la résorption radiculaire, les troubles articulaires temporo-mandibulaires ou la dégradation parodontale.[22,24,32]

4.3.3. La réglementation :

La législation encadre l'orthodontie comme un acte médical réservé aux professionnels compétents. Les offres non encadrées peuvent être considérées comme illégales ou non conformes aux données actuelles de la science. Des organismes professionnels comme le Conseil National de l’Ordre des Chirurgiens-Dentistes (CNOCD) ou l'American Association of Orthodontists (AAO) ont exprimé leurs préoccupations, insistant sur la nécessité d'un cadre clinique adapté pour les aligneurs. La télémédecine orthodontique, bien que prometteuse, ne remplace pas une évaluation clinique approfondie et un suivi rigoureux. Le Règlement UE 2017/745 impose des exigences plus strictes sur la sécurité, la traçabilité et la surveillance des aligneurs.[21,22,24]

4.3.4. La responsabilité des fabricants et plateformes DTC *(direct to consumer)* :

Leur modèle commercial, parfois centré sur le volume de ventes, peut encourager des traitements non supervisés. Les patients victimes de traitements inadéquats peuvent engager des actions juridiques, mais la complexité des litiges et la diffusion internationale des plateformes compliquent ces démarches.[21,22]

4.3.5. Responsabilités des professionnels impliqués dans le traitement par aligneurs :

L'orthodontie engage la responsabilité du praticien qui doit agir avec compétence, diligence et prudence. Un praticien inexpérimenté ou ne respectant pas les protocoles peut être tenu

responsable en cas de dommages physiques, de résultats occlusaux insatisfaisants ou d'absence d'information du patient. En cas de manquement à ces responsabilités, le traitement pourrait être moins efficace, voire échouer.[21,22,23]
La jurisprudence tend à sanctionner sévèrement ces manquements.

4.3.5.1. Responsabilité du praticien :
L'omnipraticien ou le spécialiste qualifié en orthodontie est le seul responsable du diagnostic, de la planification du traitement et de la supervision du processus.[23] Il doit :

- Évaluer l'adéquation du traitement par aligneurs en fonction du cas du patient, les aligneurs sont particulièrement efficaces pour les cas de malocclusion faible ou modérée.[27,33]
- Planifier et superviser le traitement en utilisant des technologies numériques pour s'assurer que les aligneurs sont bien conçus et adaptés à l'évolution des dents.
- Effectuer des suivis réguliers pour ajuster le plan de traitement et vérifier que les dents se déplacent comme prévu.
- Informer le patient sur les bonnes pratiques d'utilisation des aligneurs, y compris la nécessité de les porter presque en continu et de respecter les recommandations concernant l'hygiène buccale.

4.3.5.2. Responsabilité du patient :
Le patient joue un rôle crucial dans la réussite du traitement. Il doit :

- Porter les aligneurs conformément aux recommandations de l'orthodontiste (généralement 20 à 22 heures par jour).
- Veiller l'hygiène buccale et nettoyer régulièrement les aligneurs pour éviter toute accumulation de plaque bactérienne et d'halitose.
- Respecter les rendez-vous de suivi pour que l'orthodontiste puisse évaluer les progrès et ajuster le traitement si nécessaire.

4.3.5.3. Responsabilités du laboratoire dentaire :
Dans le cas des aligneurs, le laboratoire dentaire spécialisé dans la conception et la fabrication des appareils joue également un rôle essentiel. Il est responsable de la fabrication des aligneurs sur mesure à partir des indications fournies par l'orthodontiste. Une mauvaise fabrication peut entraîner des retards dans le traitement ou des problèmes d'ajustement des aligneurs.[23]

4.3.5.4. Situation de la délégation de tache et responsabilités :
Le praticien est le seul responsable de la conduite du traitement.
Les prises d'empreintes doivent être réalisées par le praticien.
La remise des gouttières directement au patient (considéré alors comme un consommateur) qui suit le protocole indiqué par le laboratoire n'est pas conforme aux bonnes pratiques.

5. Perspectives et évolutions attendues

Les progrès dans le domaine des aligneurs se poursuivent, portés par des technologies émergentes et de nouveaux matériaux, ouvrant la voie à une orthodontie encore plus personnalisée et efficace.[2,6,38]

5.1. Matériaux intelligents :

Le développement de polymères à mémoire de forme ou à force constante contrôlée est en cours. Ces matériaux permettront des forces plus stables, moins d'aligneurs pour un même mouvement et une meilleure tolérance biologique.[2,6]

5.2. Intelligence artificielle (IA) :

L'IA pourra analyser des milliers de cas pour optimiser les plans de traitement, prévoir la probabilité de réussite d'un mouvement et proposer automatiquement des séquences de traitement selon les objectifs cliniques.[38]

5.3. Impression directe d'aligneurs 3D :

Plutôt que de thermoformer les gouttières sur des modèles imprimés, les technologies d'impression directe permettront de fabriquer l'aligneur avec un design ultra personnalisé intégrant taquets et éléments actifs, réduisant ainsi le temps et le coût de production, ainsi que l'empreinte écologique.[38]

5.4. Orthodontie connectée (téléorthodontie) :

Le développement de la télémédecine orthodontique et des systèmes de suivi à distance (monitoring digital) marque une nouvelle étape. Des capteurs embarqués dans les aligneurs pourraient permettre de vérifier le temps de port réel, de transmettre des données en temps réel au praticien et de générer des alertes si le traitement dévie du plan initial.

Ces innovations renforceront la sécurité, l'efficacité et la personnalisation des traitements, orientant l'orthodontie par aligneurs vers une pratique encore plus connectée, intelligente et prédictive.[38]

6. Conclusion :

Présentés comme une solution moderne, confortable et esthétique pour redresser les dents, les aligneurs orthodontiques ont transformé le paysage de l'orthodontie en offrant une alternative esthétique et confortable aux appareils fixes.[27,33,34]

Bien plus qu'une simple innovation de confort, les aligneurs incarnent une mutation profonde de l'approche thérapeutique, de la relation patient-praticien et de l'utilisation des technologies dans le champ de la santé bucco-dentaire.

Bien que leur efficacité puisse être inférieure à celle des traitements fixes conventionnels pour certains mouvements complexes (notamment le torque et les rotations de grande ampleur), ils sont performants pour les cas simples à modérés, la gestion des encombrements et des diastèmes, et certains mouvements spécifiques comme la distalisation molaire et l'ingression.[27,33,34]

La compliance du patient est un facteur déterminant de la réussite du traitement par aligneurs, ainsi que l'expérience et la précision diagnostique du praticien. Leurs avantages en termes d'hygiène bucco-dentaire, de confort et de réduction de la douleur sont largement reconnus.[3,27]

Les aligneurs sont en constante amélioration grâce aux innovations technologiques (logiciels 3D, nouveaux matériaux, auxiliaires sophistiqués, fabrication automatisée, suivi à distance). Il convient de les utiliser dans des indications bien définies et de privilégier les approches

conventionnelles pour les cas les plus complexes, en attendant que les avancées futures n'élargissent encore leur champ d'application.

L'avenir des aligneurs semble prometteur et leur diffusion dépendra notamment de leur accessibilité économique et de la formation des praticiens. L'avenir des aligneurs s'oriente vers des matériaux plus intelligents, une intégration accrue de l'IA pour la prédiction des résultats, l'impression directe 3D sans thermoformage et une connectivité renforcée entre le patient et le praticien. Ces innovations renforceront la sécurité, l'efficacité et la personnalisation des traitements.

La polémique sur l'utilisation des aligneurs par des praticiens inexpérimentés est une problématique majeure. La démocratisation à outrance, notamment par des plateformes en ligne proposant des traitements "Do-It-Yourself", met en péril la sécurité des patients et soulève des questions éthiques et juridiques importantes.

Bien que les aligneurs constituent une avancée significative en orthodontie esthétique, leur utilisation par des praticiens inexpérimentés ou dans des conditions non médicalisées expose les patients à des risques importants. Il est donc essentiel que cette technologie soit accompagnée d'une formation rigoureuse, d'un encadrement clinique strict et d'une régulation adaptée pour garantir des soins sûrs et efficaces.

Enfin, les aligneurs dentaires illustrent la capacité de l'orthodontie à intégrer l'innovation scientifique et technologique pour répondre aux attentes croissantes des patients. Bien qu'ils ne supplantent pas totalement les dispositifs traditionnels, ils en deviennent une alternative crédible. L'enjeu de demain ne sera pas seulement technique, mais aussi éthique, pédagogique et clinique : former les praticiens à ces outils, accompagner les patients dans une prise en charge active et informée, et garantir des traitements fondés sur des preuves cliniques solides.

L'orthodontie par aligneurs est aujourd'hui un pilier de l'orthodontie contemporaine, en passe de redéfinir durablement les standards de la profession.

BIBLIOGRAPHIE

1 AAO. https://aaoinfo.org/
2 Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, Zou B. Advances in orthodontic clear aligner materials. Bioact Mater. 2022 Oct 20;22:384-403.
3 Boyd RL. Complex orthodontic treatment using the Invisalign appliance. J Clin Orthod. 2007;41(9):525-37.
4 Chabre C. L'internat en orthopédie dento-Faciale, hier, aujourd'hui… mais demain ? L'Orthodontiste 2013; 2: 6-7.
5 Chabre C. Le CECSMO est mort, vive le DES d'ODF. Rev Orthop Dento Faciale 2012;46:371-372.
6 Delgado JI, Kehyaian P, Fernández-Blázquez JP. Thermoplastics for Clear Aligners: A Review. Polymers (Basel). 2025 Jun 17;17(12):1681.
7 Directive 2005/36/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 septembre 2005 relative à la reconnaissance des qualifications professionnelles. J Off Union Eur. 2005;L 255:22-142.

8 El Idrissi I, El Mabrouk K, Zaoui F, Benyahia H. La performance des aligneurs orthodontiques à l'épreuve du vieillissement : revue systématique et étude in vitro Orthod Fr. 2021;92(3):335-341.
9 Elbe P, Monisha J, George SA. Bisphenol-A release from thermoplastic clear aligner materials: a systematic review. J Orthod. 2023;50(3):276-286.
10 Fauchard P. Le Chirurgien-Dentiste ou traité des dents. Paris: Pierre-Jean Mariette; 1728.
11 Hunter J. The natural history of the human teeth. London: J. Johnson; 1771.
12 Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. Am J Orthod Oral Surg. 1945;31(6):297-304.
13 Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agresta B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;135(1):27-35.
14 Lagravère MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review. J Am Dent Assoc. 2005 Dec;136(12):1724-9.
15 Lecocq G. Aligneurs : mise en perspective de la composition chimique, du recyclage, des propriétés mécaniques et des besoins thérapeutiques – Partie 1 Orthod Fr. 2024;95(2):169-175.
16 Légifrance. Arrêté du 20 avril 1977 instituant le Certificat d'Études Cliniques Spéciales Mention Orthodontie (CECSMO). Journal Officiel de la République Française; 1977.
17 Légifrance. Arrêté du 8 avril 2013 relatif au régime des études en vue du premier et du deuxième cycle des études médicales
18 Légifrance. Décret n° 2004-1418 du 23 décembre 2004 modifiant le décret n° 94-735 du 19 août 1994 relatif au concours et au programme pédagogique de l'internat en odontologie
19 Légifrance. Décret n° 2011-22 du 5 janvier 2011 relatif à l'organisation du troisième cycle long des études odontologiques
20 NEBEOP (Network of Erasmus Based European Orthodontic Postgraduate Programmes).www.nebeop.org
21 ONCD. Aligneurs : l'Ordre saisi les autorités. La lettre 207; 6 (juillet-aout 2023)
22 ONCD. Aligneurs, modifier la règlementation. La lettre 200; 8 (sept-oct 2022)
23 ONCD. Aligneurs : consensus de la profession. La lettre 223; 6 (juillet-aout 2025)
24 ONCD. Éditorial. La lettre 222; 3 (juin 2025)
25 ONISEP. Études de chirurgie dentaire. Paris; 2022.
26 Panayi N, Papageorgiou SN, Eliades G, Eliades T. Microplastics and orthodontic aligners: The concerns arising from the modernization of practice through polymers and plastics. J World Fed Orthod. 2024 Dec;13(6):259-264.
27 Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. Eur J Orthod. 2020 Jun 23;42(3):331-343.
28 Philippe J. Histoire de l'orthodontie Éditions S.I.D. 2003.
29 Philippe J. L'évolution de la pensée orthodontique de 1728 à 2004. Orthod Fr 2005;76:7-11.
30 Philippe J. Pierre Fauchard, « l'inventeur » de l'orthodontie. Rev Orthop Dento Faciale 2011;45:15-20.
31 Philippe J. Quand et comment a commencé l'enseignement de l'orthodontie en France ? Rev Orthop Dento Faciale 2004. 38 : 101-104.

32 Rafflenbeul F, Dot G, Séverac F, Bolender Y. Relationship between European postgraduate programme accreditation and national research output: The case of the Network of Erasmus-Based European Orthodontic Postgraduate Programmes (NEBEOP) in orthodontics. A bibliometric study. Eur J Dent Educ. 2021 May;25(2):342-349.
33 Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. Orthod Craniofac Res. 2020 May;23(2):133-142.
34 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.
35 Schupp W, Haubrich J.Aligner Orthodontics and Orofacial Orthopedics. Quintessence Publishing (2023).
36 SFODF Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale. https://www.sfodf.org/avada_portfolio/histoire-de-lorthodontie/
37 Tai S. Orthodontie Invisible : le guide clinique des traitements par aligneurs. Qintessence Publishing (2008)
38 Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C,et Al.. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. Materials (Basel). 2021 Apr 5;14(7):1799
39 Tuncay OC. The Invisalign System. London: Quintessence Publishing Co Ltd; 2006.
40 Yazdi M, Daryanavard H, Ashtiani AH, Moradinejad M, Rakhshan V. A systematic review of biocompatibility and safety of orthodontic clear aligners and transparent vacuum-formed thermoplastic retainers: Bisphenol-A release, adverse effects, cytotoxicity, and estrogenic effects. Dent Res J (Isfahan). 2023 Mar 28;20:41.