

**Renfert**

making work easy



Le modèle numérique :

**L'avenir de la confection efficace  
de modèles en orthodontie**

## Sommaire

L'avenir de la confection efficace de modèles en orthodontie _____	p. 3
La fabrication numérique de modèles – de la PEO à la FAO en passant par la CAO _____	p. 4
Les avantages d'un modèle numérique _____	p. 6
Les étapes du workflow numérique _____	p. 7
Procédés d'impression 3D de modèles _____	p. 9
Impression à la résine vs. impression à filament _____	p. 10
Imprimantes à filament pour l'orthodontie _____	p. 13
Aperçu du workflow : l'impression à filament avec SIMPLEX _____	p. 14

---

### Renfert GmbH

Untere Giesswiesen 2  
D-78247 Hilzingen/Allemagne

Tél. +49 (0) 77 31 82 08-0  
Fax +49 (0) 77 31 82 08-70

[www.renfert.com](http://www.renfert.com)

---

## L'avenir de la confection efficace de modèles en orthodontie

Les processus numériques connaissent un véritable essor dans le secteur dentaire. Dans le domaine de l'orthodontie également, on recourt de plus en plus souvent à des procédés numériques, p. ex. pour le diagnostic et la planification du traitement ou pour la confection d'appareils et de gouttières. Malgré cela, on ne peut se passer d'un modèle physique. Par conséquent, la question se pose de savoir comment faire pour obtenir un modèle de grande qualité de façon efficace et écologique dans le cadre d'un workflow numérique. Notre livre blanc rédigé par nos experts vous donnera des réponses.

L'intégration de processus numériques apporte de nombreux avantages pour le travail quotidien en orthodontie. Grâce au numérique, le traitement devient plus précis, plus agréable et plus rapide. Le diagnostic, la planification du traitement et le résultat peuvent être simulés et optimisés sur ordinateur. Les différentes étapes et opérations se font de manière plus efficace et le gain de temps obtenu s'accompagne d'avantages économiques. Mais qu'est-ce que cela signifie pour les cabinets et laboratoires d'orthodontie ? Comment faire pour passer sans effort au numérique ?

*Avant de débiter dans l'orthodontie numérique, il est important de connaître quelques notions de base sur l'acquisition des données (PEO), le traitement des données (CAO) et la confection (FAO). Ces connaissances permettront ensuite de faire les bons choix d'investissement.*

## La confection numérique de modèles – de la PEO à la FAO en passant par la CAO

Les processus numériques ne sont pas une nouveauté dans le domaine de l'orthodontie. Grâce à des logiciels correspondants, il est depuis longtemps possible de réaliser le diagnostic et la planification du traitement de manière virtuelle. Ce qui a changé, c'est le potentiel offert par les scanners intra-buccaux modernes. Ayant fait l'objet d'innovations considérables, les scanners intra-buccaux révolutionnent à présent l'orthodontie numérique.

Bien entendu, certains cabinets qui ne possèdent pas de scanner intra-buccal peuvent quand même profiter des possibilités offertes par les techniques numériques, p. ex. avec

- ☑ un scanner d'empreinte (numérisation d'une empreinte classique),
- ☑ un scanner de table (numérisation du modèle en plâtre)
- ☑ ou par le biais d'une externalisation (le modèle en plâtre est confié à un prestataire externe).

Ces options ne permettent cependant pas d'obtenir directement un modèle numérique et obligent à faire un certain détour. Le scanner intra-buccal est donc considéré comme la clé du monde numérique. Seule l'acquisition numérique directe des données permet de réaliser l'intégralité du processus en numérique. Elle évite les détours, qui sont parfois longs et présentent un certain risque d'erreur, et le jeu de données numérique est généré de manière précise\*, directement à partir de la bouche du patient.

\*Des études récentes montrent que la précision locale ainsi que la précision générale d'une empreinte optique complète réalisée avec un scanner intra-buccal sont au moins équivalentes à celle des procédés classiques.

Modèle numérique = modèle virtuel dans le logiciel de CAO (format STL)

Modèle physique = modèle matériel au poste de travail

Fabrication numérique de modèles = FAO du modèle  
(impression 3D, fraisage FAO)

Avec un scanner intra-buccal, on obtient une empreinte numérique (*Prise d'Empreinte Optique (PEO)*), qui est ensuite traitée dans le logiciel (*Conception Assistée par Ordinateur (CAO)*). Pour un certain nombre d'indications, il est nécessaire de disposer d'un modèle physique. Celui-ci est également fabriqué au sein du workflow numérique (*Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO)*). Il existe différentes méthodes pour obtenir un modèle physique au cabinet ou au laboratoire d'ODF. Étant longue et coûteuse, la fabrication soustractive (fraisage FAO du modèle) n'est que peu utilisée ; l'impression 3D, en revanche, est une méthode assez répandue. Les procédés courants pour la confection numérique de modèles sont les suivants :

- ☑ la fabrication additive au laboratoire ou au cabinet (impression 3D du modèle)
- ☑ l'externalisation (envoi à un prestataire externe)

*Le modèle orthodontique numérique doit satisfaire aux mêmes exigences que les modèles classiques et garantir une reproduction précise des dents, de la crête alvéolaire, de la base maxillaire et mandibulaire ainsi que des zones de réflexion muqueuse et des gencives maxillaires et mandibulaires.*

Contrairement au fraisage, l'impression 3D de modèles est très économique. Seule cette technologie offre une véritable alternative aux procédés de fabrication classiques de modèles. Les investissements liés à l'acquisition d'une imprimante sont généralement plus faibles, on consomme moins de matériaux et la fabrication se fait plus rapidement. Un inconvénient souvent cité sont les travaux supplémentaires causés par le post-traitement, qui est nécessaire dans le cas de certaines technologies d'impression (DLP, SLA). Il est donc important de comparer les différentes techniques d'impression 3D disponibles afin de pouvoir choisir celle qui conviendra le mieux pour les applications orthodontiques. L'impression à filament (FDM/FFF), par exemple, n'exige aucun post-traitement.

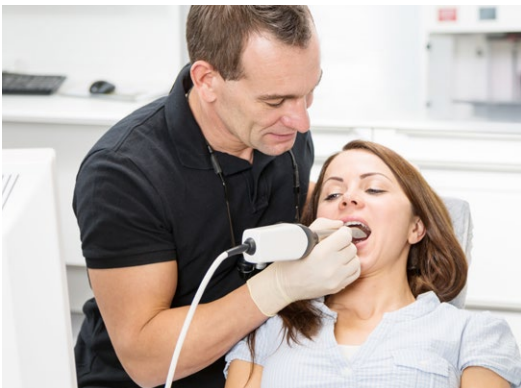
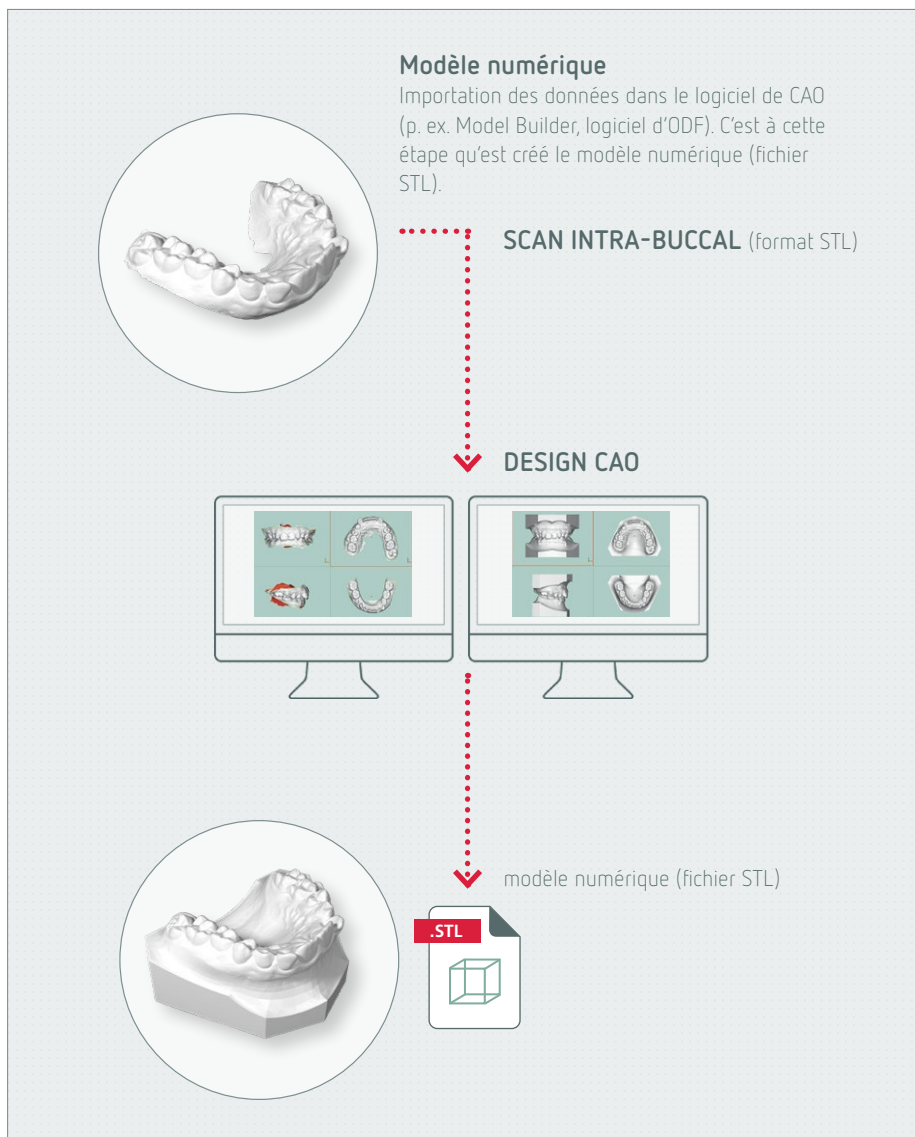


Fig. 1 Acquisition numérique avec un scanner intra-buccal

Fig. 2 Modèle orthodontique issu de la fabrication numérique

## Les avantages d'un modèle numérique

Un modèle numérique (jeu de données STL) offre de nombreux avantages : il permet de gagner du temps, il prend moins de place, nécessite moins de ressources, est moins coûteux et permet d'établir un planning précis et d'obtenir des résultats reproductibles. La génération du modèle avec le logiciel se fait en quelques clics. Ensuite, le modèle virtuel peut être évalué et traité sur tous les plans. C'est dans le logiciel que la situation du patient est analysée et que le traitement orthodontique est planifié. Les outils numériques constituent une aide précieuse, que ce soit pour mesurer la taille et la position des dents ou pour réaliser le set-up. Il est également possible de simuler de manière très simple différents scénarios de traitement. Autre avantage : le modèle numérique peut être conservé sans prendre de place. Le jeu de données est simplement sauvegardé sous forme numérique et il suffit plus tard d'ouvrir le dossier du patient pour y accéder. Les données peuvent également être utilisées pour confectionner un modèle physique lorsque cela s'avère nécessaire.



## Les étapes du workflow numérique

Le workflow numérique en orthodontie se compose de différentes étapes qui, dans le cas idéal, s'imbriquent parfaitement grâce à des interfaces adaptées.

1. Jeu de données de la PEO
2. Logiciel de CAO Model Builder
3. Logiciel slicer FAO
4. Unité de sortie (imprimante 3D)

### 1. Scanner intra-buccal : acquisition des données superficielles

Le scanner intra-buccal\* permet d'effectuer un balayage de la situation buccale. Les données sont généralement enregistrées au format STL (Standard Triangulation/Tessellation Language, un format standard de nombreux systèmes de CAO). Une interface permet ensuite de les importer dans le logiciel de CAO (logiciel de planification ODF ou logiciel Model Builder).

\*Les scanners intra-buccaux sont proposés dans une large gamme de prix. Il est donc préférable de bien les comparer. En même temps, le prix n'est pas le seul critère à considérer, il faut également tenir compte des différentes fonctions proposées. Aujourd'hui, les scanners intra-buccaux sont en effet souvent bien plus qu'un simple outil pour la prise d'empreinte ! Ils offrent ainsi une foule de nouvelles possibilités dans le domaine de l'orthodontie.

### 2. Model Builder : création du modèle numérique

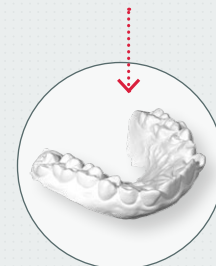
Grâce à des applications logicielles spéciales, quelques étapes suffisent pour créer le modèle numérique. Dans le module Model Builder\*, les principales opérations de la création du modèle se font généralement de façon automatique (p. ex. la mise sur socles, la rectification, le meulage, l'alignement du plan occlusal etc.).

\*Model Builder : Cette application peut être intégrée au pack logiciel CAO ou être proposée en option. Elle existe également sous forme de version autonome.

1.



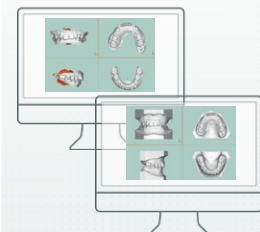
Scanner intra-buccal



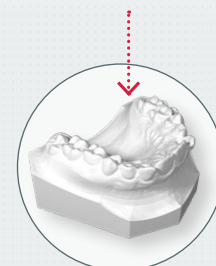
Jeu de données numérique



2.



Application logicielle



Modèle numérique



### 3. Logiciel slicer FAO : préparation de l'impression du modèle

Dans de nombreux cas, il faut non seulement un modèle numérique, mais aussi un modèle physique, p. ex. pour

- ☑ la confection de gouttières d'alignement
- ☑ les modèles de planification
- ☑ les modèles de diagnostic
- ☑ les modèles de travail

L'impression 3D est la méthode privilégiée pour obtenir un modèle précis à partir de données numériques. L'avantage de l'impression de modèles est qu'elle est économique, écologique (selon le procédé d'impression), précise, rapide et simple. Avant de pouvoir imprimer le modèle numérique, il faut d'abord importer le jeu de données dans un logiciel slicer\*. Grâce à des interfaces spéciales, cette opération est très simple et s'effectue en général sans que l'utilisateur s'en rende compte. Le logiciel slicer prépare le modèle numérique pour l'impression. On parle de slicer (ou logiciel de tranchage) parce que le logiciel découpe le modèle numérique en tranches. L'imprimante est ensuite alimentée avec ces données tranchées (G-Code).

\*Logiciel slicer : Le logiciel est souvent intégré au système d'impression 3D. Il existe également sous forme de version autonome. Il est important qu'il soit facile à utiliser, qu'il garantisse une représentation correcte des données STL, qu'il calcule rapidement les données et qu'il soit adapté au matériau et à l'imprimante.

Le jeu de données pour l'imprimante 3D est généré dans le logiciel slicer. Le logiciel slicer fait partie du système d'imprimante 3D (p. ex. du système d'imprimante 3D à filament SIMPLEX de Renfert) et simplifie nettement la tâche. L'accord entre le logiciel, le filament et l'imprimante permet d'obtenir des résultats optimaux. En effet, la fonctionnalité du logiciel slicer possède un impact considérable sur le résultat d'impression et l'utilisation. Les novices opteront de préférence pour un logiciel qui, grâce à des fonctions automatiques, pilote lui-même le processus d'impression.

### 4. Unité de sortie : imprimante 3D

Le jeu de données pour l'imprimante 3D est généré dans le logiciel slicer. Impression 3D ≠ impression 3D : les différences fondamentales entre les technologies d'impression 3D sont déterminantes lorsqu'il s'agit de choisir la bonne imprimante.

3.



Logiciel slicer



#### G-Code

Le G-Code réunit toutes les informations requises pour l'impression 3D.

4.



Imprimante 3D  
(p. ex. imprimante à filament)



Modèles terminés





## Procédés d'impression 3D de modèles

Il existe différents procédés de fabrication additive (impression 3D). Soit le matériau est appliqué couche par couche, soit le matériau en poudre est fondu au laser. Le résultat est un objet en trois dimensions. Pour les applications dentaires également, il existe un grand nombre d'imprimantes 3D fonctionnant selon différents principes. Les procédés couramment utilisés sont les suivants :

- ☑ stéréolithographie (SLA)
- ☑ Digital Light Processing (DLP)
- ☑ impression à filament/extrusion (FDM (= Fused Deposition Modelling)/FFF (= Fused Filament Fabrication))
- ☑ frittage laser de métal (SLM)

Chacune de ces méthodes consiste à construire le modèle couche par couche. On utilise généralement des imprimantes SLA **1** ou DLP **2**, notamment pour de nombreuses applications au laboratoire dentaire. Elles fonctionnent avec un photopolymère liquide qui durcit au bout d'un certain temps lorsqu'il est exposé à la lumière (photopolymérisation). Dans le cas de la stéréolithographie (SLA), un laser fait durcir la résine liquide point par point. L'imprimante DLP, en revanche, utilise un projecteur DLP (qui ressemble à un vidéoprojecteur) comme source lumineuse.

*Dans les deux cas (procédés DLP et SLA), l'objet imprimé (résine) doit être nettoyé et polymérisé aux UV (post-traitement long).*

Les imprimantes FDM/FFF, donc les imprimantes à filament **3**, constituent une alternative très pratique (p. ex. pour les modèles orthodontiques). Elles fonctionnent selon le principe suivant : un filament (un fil de matière thermoplastique enroulé sur une bobine) est chauffé dans une extrudeuse et appliqué à l'aide d'une buse, un peu comme dans un pistolet à colle.

*Les modèles imprimés avec un filament ne nécessitent aucun post-traitement. Ils sont entièrement durcis et propres dès qu'ils ont été imprimés.*

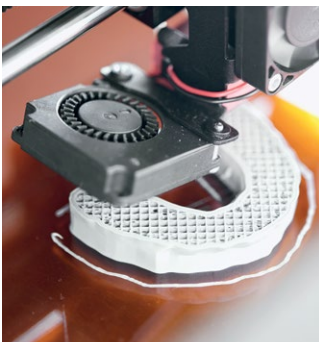
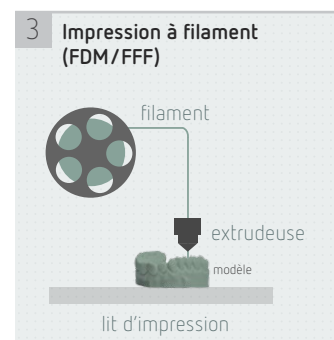
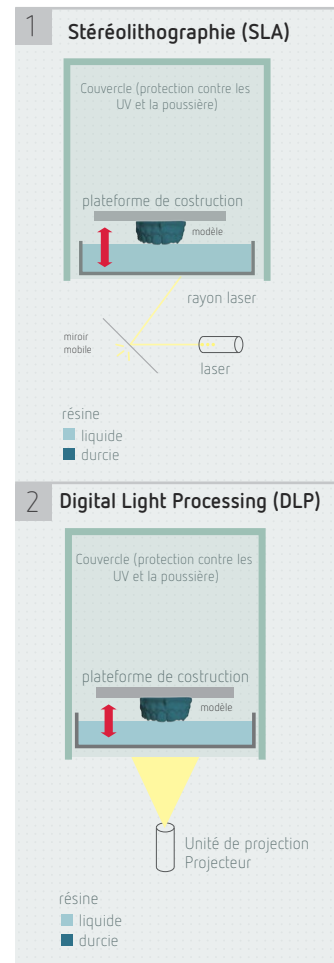


Fig. 3 Impression à filament (procédé FDM/FFF)

Fig. 4 Modèles orthodontiques finis directement après l'impression



## Impression à la résine vs. impression à filament

Lorsque l'on compare les imprimantes à filament (procédé FDM/FFF) avec les imprimantes à résine (procédé SLA/DLP), on constate que les deux variantes présentent des avantages et inconvénients spécifiques selon l'application prévue. En ce qui concerne l'impression de modèles dentaires (p. ex. des modèles orthodontiques), l'imprimante à filament possède des atouts très convaincants. Pour mieux pouvoir comprendre les différents avantages et inconvénients, il est conseillé de se pencher sur la technologie d'impression, les matériaux et certains aspects pratiques.

### Les coûts

La fourchette de prix des imprimantes dentaires est très large. Les prix peuvent aller de 600 à 40 000 euros, voire plus. Les imprimantes à filament, même bien équipées (p. ex. SIMPLEX), sont proposées à un prix relativement modique. De plus, elles n'engendrent pas de frais courants supplémentaires, sauf pour le matériau. Aujourd'hui, il existe également des imprimantes à résine peu onéreuses, mais il faut également songer aux coûts de l'appareil de nettoyage et de photopolymérisation.

- ☑ Imprimante à filament (FDM/FFF) :  
coût d'achat et frais courants modérés
- ☑ Imprimante à résine (SLA/DLP) :  
coût d'achat et frais courants plus élevés

### La précision

En fonction de l'imprimante et des paramètres d'impression, les deux procédés permettent d'obtenir des modèles maxillaires et mandibulaires très précis. La précision d'une imprimante à filament dépend, entre autres, du diamètre de l'orifice de la buse (épaisseur de couche jusqu'à 50 µm). Les buses de petit diamètre offrent une très haute définition/précision, ce qui est important notamment pour les modèles orthodontiques.

- ☑ Impression à filament :  
haute précision pour la fabrication de modèles et appareils
- ☑ Impression à la résine :  
possibilité d'obtenir des résultats très précis

## Le matériau

Dans le cas du procédé FDM/FFF, un filament est chauffé et fondu dans une extrudeuse, puis déposé sur le lit d'impression par une buse. Il existe différents types de matériaux. Les filaments sont souvent en PLA (acide polylactique), qui est obtenu à partir de matières brutes naturelles renouvelables et qui est biodégradable. Pour l'impression à résine, on utilise une résine liquide photopolymérisable (qui est souvent conservée dans un bac). Il est important de savoir que la résine liquide ou partiellement polymérisée ne doit pas être jetée aux égouts ou avec les déchets ménagers. La résine liquide est considérée comme un déchet dangereux et doit donc être éliminée correctement.

- ☑ Filaments :  
souvent fabriqués à partir de matières brutes renouvelables
- ☑ Résine :  
résine photopolymérisable, comporte des risques pour  
l'environnement

## Le post-traitement\*

C'est ici que les avantages de l'imprimante à filament se remarquent le plus. Les objets imprimés en résine doivent subir un post-traitement : ils doivent être nettoyés avec de l'alcool isopropylique (IPA) et photopolymérisés. Il existe aujourd'hui des fluides exempts d'IPA pour le nettoyage, mais ceux-ci sont relativement chers. Les objets imprimés par une imprimante à filament n'exigent aucun post-traitement.

- ☑ Impression à filament :  
pas de post-traitement
- ☑ Impression à la résine :  
nettoyage, photopolymérisation

\*La durée du processus d'impression dépend, entre autres, de l'épaisseur de couche. Une épaisseur de couche plus élevée permet d'imprimer plus rapidement, avec une définition plus faible. Avec des couches plus fines, l'impression dure plus longtemps, mais la définition est meilleure.

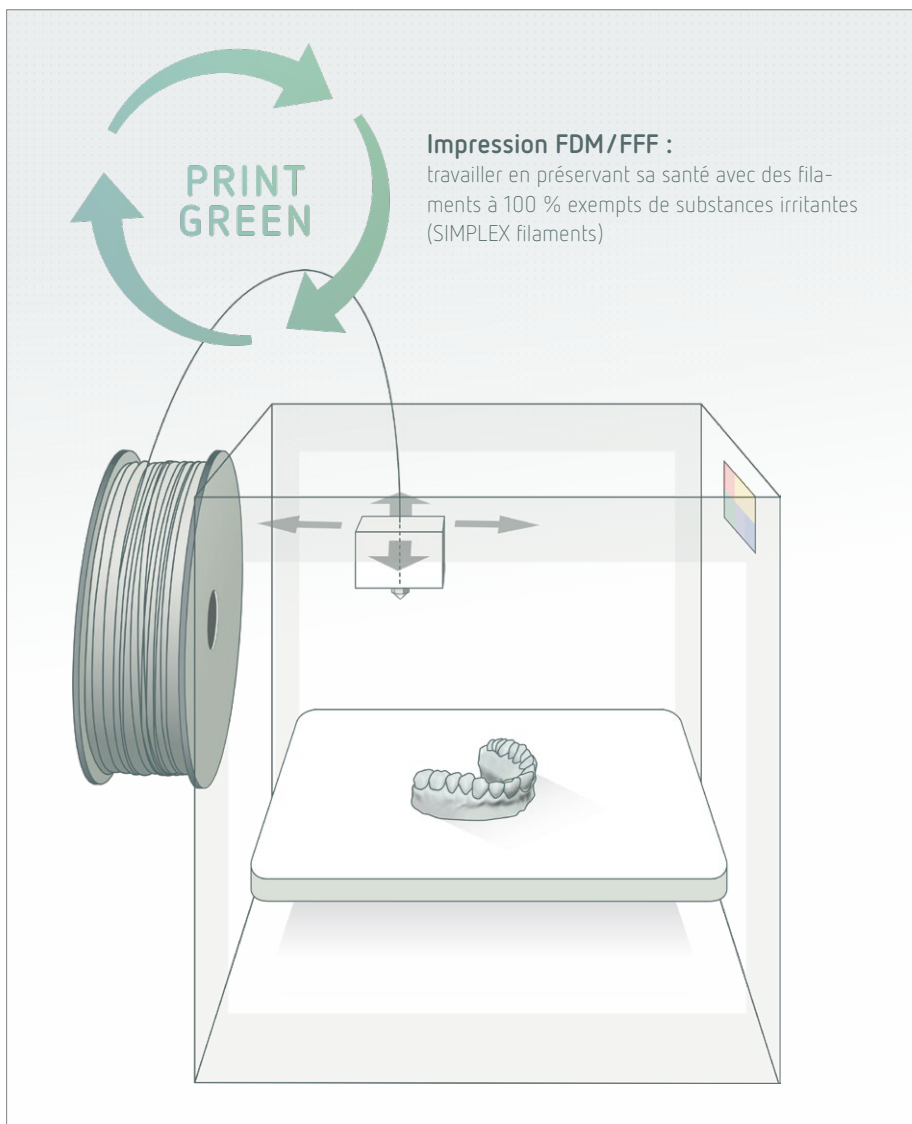


Fig. 5 SIMPLEX filaments :  
Fabriqués à partir de matériaux de haute qualité et sans risque pour la santé (fabrication allemande) et conçus spécialement pour la confection de modèles orthodontiques.

## Les odeurs et vapeurs

Les imprimantes FDM/FFF qui utilisent des filaments en PLA ne produisent quasiment pas de vapeurs. Ce n'est pas le cas des imprimantes à résine. Celles-ci dégagent en effet des odeurs et des vapeurs nocives. C'est pourquoi il est recommandé de porter une protection respiratoire (équipement de protection individuelle) pendant l'impression à la résine ainsi que des gants en nitrile résistant aux produits chimiques. La résine et les solvants peuvent irriter la peau et provoquer des réactions allergiques cutanées. De plus, les objets imprimés en résine doivent être nettoyés avec de l'alcool isopropylique qui, lui aussi, dégage des vapeurs. En revanche, selon le filament utilisé, l'impression à filament ne produit pas de substances nocives.

- ☑ Impression à filament :  
travailler en préservant sa santé avec des filaments à 100 % exempts de substances irritantes (SIMPLEX filaments)
- ☑ Impression à la résine :  
odeurs chimiques désagréables pendant l'impression et le nettoyage (souvent à l'alcool isopropylique). Peut comporter des risques pour la santé.



## Imprimantes à filament pour l'orthodontie

Les imprimantes à filament conçues spécialement pour les applications dentaires, comme l'imprimante SIMPLEX de Renfert, offrent de nombreux avantages. Dire qu'il ne s'agit « que » d'une imprimante 3D serait trop modeste. En réalité, c'est un système d'imprimante 3D à filament pour l'orthodontie qui comprend un logiciel slicer dédié, des filaments spéciaux pour les modèles orthodontiques et une imprimante précise. Et tout est adapté aux indications respectives (p. ex. modèles pour gouttières d'alignement). Dans le logiciel, des paramètres pré-réglés garantissent une utilisation aisée et intuitive.

### Utilisation facile

Étant particulièrement convivial, SIMPLEX vous permet de vous familiariser facilement avec l'univers de l'impression 3D. Il offre une fonctionnalité « Plug & Print », n'exige pas de connaissances préalables et travaille de manière très propre et sans produits chimiques susceptibles de comporter des risques biologiques. De plus, les modèles imprimés n'exigent aucun post-traitement. L'appareil est facile à utiliser, peut être installé quasiment n'importe où, est silencieux et offre une haute définition. Les filaments spéciaux haut de gamme répondent aux exigences particulières de l'orthodontie. Grâce aux pré-réglages automatiques, toute erreur de paramétrage est exclue.

- ☑ À 100 % exempt de substances irritantes
- ☑ Ne nécessite aucune photopolymérisation au four UV
- ☑ Aucun traitement supplémentaire avec des substances chimiques n'est nécessaire
- ☑ Impression respectueuse de l'environnement et de la santé
- ☑ Couleurs stables, résistant aux UV

### Écologique et durable

Les filaments utilisés pour l'imprimante SIMPLEX se composent en grande partie de matières renouvelables (p. ex. de l'amidon de maïs). Aucun post-traitement n'est requis, l'alcool isopropylique devient lui aussi superflu. Aucun produit chimique n'est utilisé. C'est à la fois plus sain et plus écologique. En effet, aucune vapeur nocive (émission) n'est dégagée pendant le processus d'impression au cabinet ou au laboratoire.

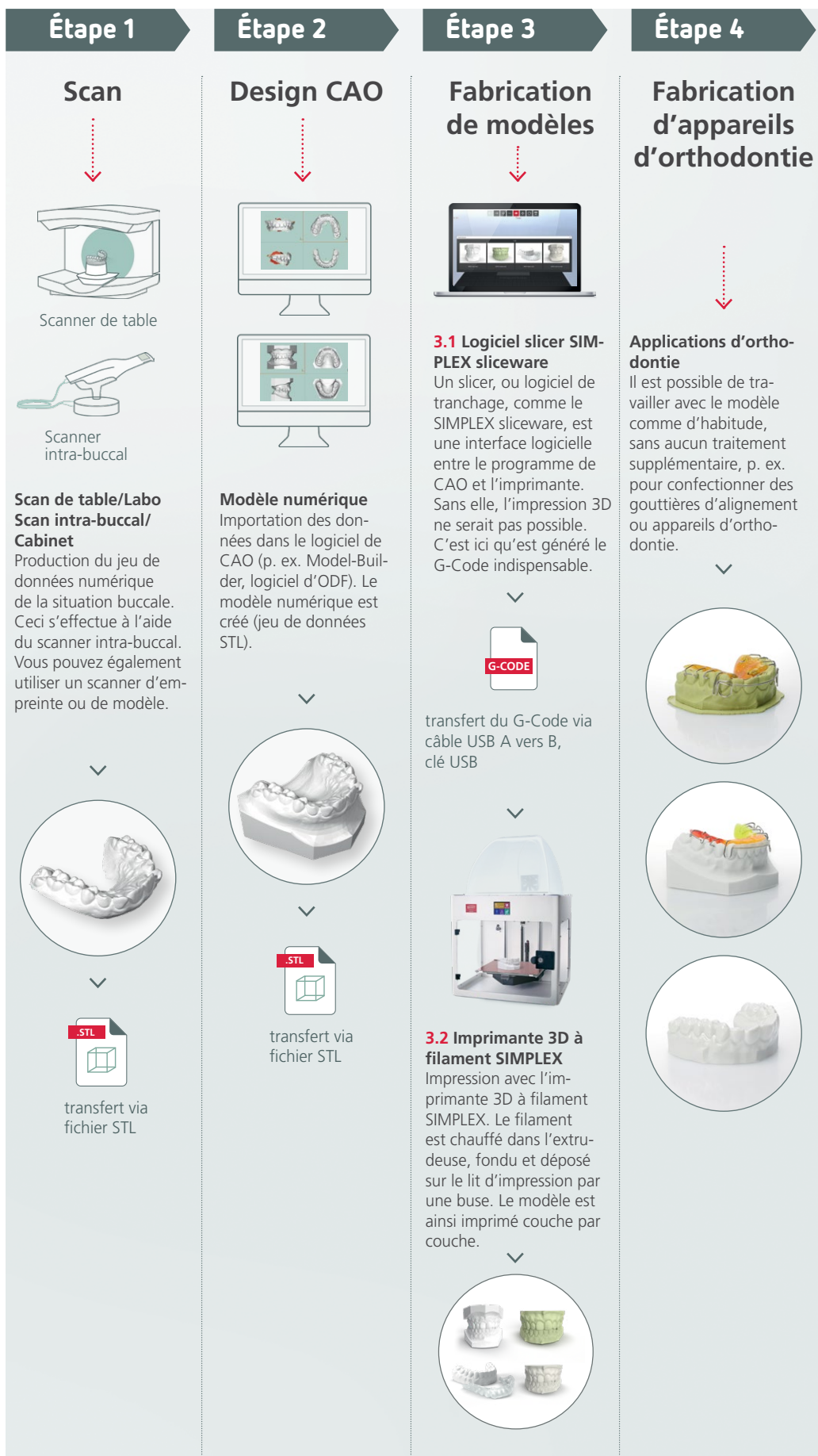
[Plus d'informations sur SIMPLEX – Le système d'imprimante 3D à filament conçu spécialement pour l'ODF :](#)

#### Imprimante, logiciel, filaments :

ce sont ses 3 composants parfaitement adaptés les uns aux autres qui rendent l'imprimante SIMPLEX si facile à utiliser pour les travaux d'orthodontie.



## Aperçu du workflow : l'impression à filament avec SIMPLEX



Terminé !

