



Etude comparative des mesures dentaires linéaires sur des modèles numériques issus du scanner intra-oral et du CBCT au modèle en plâtre.

Comparative study of linear dental measurements on digital models generated by intraoral scanning and CBCT versus plaster model.

KOFFI Boimyo Eric^{1,4}, KOUADIO Koffi François², BEUGRE-KOUASSI Ahia Monique Lydie³, BEUGRE Jean-Bertin^{3,4}.

¹: Unité pédagogique Sciences fondamentales, UFR Odonto-Stomatologie (Abidjan, COTE D'IVOIRE)

²: Unité pédagogique Parodontologie. UFR Odonto-Stomatologie (Abidjan, COTE D'IVOIRE)

³: Unité pédagogique Orthopédie dento-faciale. UFR Odonto-Stomatologie (Abidjan, COTE D'IVOIRE)

⁴: Service de radiologie. UFR Odonto-Stomatologie (Abidjan, COTE D'IVOIRE)

Mots-clés :

Modèles numériques, modèle en plâtre, scanner intra-oral, CBCT.

Keywords :

Digital models, plaster model, intraoral scanner, CBCT

*Auteur correspondant

Dr KOFFI Boimyo Eric
Service de Radiologie
Centre de Consultations et de Traitement Odonto-Stomatologie
22 BP 612 Abidjan 22, Cote d'Ivoire ;
Email : boimyoeric@yahoo.fr
Tel : 00 225 0757586779

Reçu le : 15 septembre 2025

Accepté le : 08 mars 2026

RÉSUMÉ

Objectif : comparer la précision des mesures dentaires linéaires sur les modèles numériques issus du scanner intra-oral et du CBCT en référence aux modèles en plâtre.

Matériels et méthode : Nous avons réalisé une étude comparative et rétrospective qui a eu pour cadre un cabinet dentaire privé d'Abidjan spécialisé en orthodontie. Ont été inclus dans cette étude : les patients ayant des dossiers bien renseignés comprenant : des modèles numériques générés par le scanner intra-oral, par le CBCT et des modèles en plâtre. N'ont pas été retenus des modèles avec : des agénésies ou dents absentes ; les dents avec présence de restaurations interproximales. Deux logiciels ont été utilisés pour effectuer les différentes mesures dentaires (les diamètres : mésio-distal et vestibulo-lingual) avec un niveau de signification statistique fixé à ($p < 5\%$).

Résultats : Un total 3600 mesures dentaires linéaires ont été enregistrés sur 1200 dents étudiées. Les différences de moyenne des mesures linéaires mésio-distales étaient respectivement de : -1,85mm pour les modèles CBCT vs plâtre et de -1,77mm pour les modèles STL vs plâtre. Ces différences étaient significatives ($p < 5\%$). Quant aux mesures linéaires vestibulo-linguales, les différences de moyenne étaient de -0,58mm (modèles CBCT vs plâtre) et de -0,68mm (modèles STL vs plâtre) avec des différences non significatives. Le diagramme de Bland-Altman a confirmé la concordance au niveau de la précision des mesures linéaires vestibulo-linguales entre les modèles CBCT, STL en référence au plâtre.

Conclusion : L'étude a montré une concordance des mesures linéaires vestibulo-linguales entre les modèles CBCT, STL en référence au plâtre. Cependant, les mesures linéaires mésio-distales concernant les différents modèles étaient différentes statistiquement. Les différences observées soulignent l'intérêt de mutualiser ces techniques avec le développement des outils numériques.

ABSTRACT

Objective: to compare the accuracy of linear dental measurements on digital models generated by intraoral scanning and CBCT, using conventional plaster models as the reference.

Materials and Methods: We conducted a comparative and retrospective study in a private orthodontic dental practice in Abidjan. The study included patients with complete records



comprising digital models generated by intraoral scanning, CBCT, and conventional plaster models. Exclusion criteria were models with agenesis or missing teeth, as well as teeth with interproximal restorations. Two software programs were used to perform the various dental measurements (mesiodistal and buccolingual diameters), with the level of statistical significance set at $p < 0.05$.

Results: A total of 3,600 linear dental measurements were recorded on 1,200 teeth. The mean differences in mesiodistal linear measurements were -1.85 mm for CBCT models compared with plaster models and -1.77 mm for STL models compared with plaster models. These differences were statistically significant ($p < 5\%$). In contrast, the mean differences in vestibulolingual linear measurements were -0.58 mm (CBCT vs. plaster) and -0.68 mm (STL vs. plaster), with no statistically significant differences. Bland–Altman analysis confirmed good agreement in the precision of vestibulolingual linear measurements between CBCT and STL models when referenced to plaster models.

Conclusion: The study demonstrated good agreement in vestibulolingual linear measurements between CBCT and STL models when referenced to plaster models. However, mesiodistal linear measurements differed statistically among the different models. The observed differences highlight the value of combining these techniques alongside the continued development of digital tools

1. Introduction

En odontologie, l'analyse des modèles dentaires est un outil important dans le diagnostic et la planification thérapeutique [1, 2]. Elle permet d'examiner les maxillaires, les arcades dentaires et l'occlusion. Pour l'analyse dimensionnelle, les modèles en plâtre ont longtemps été considérés comme le « gold standard » [3]. Ces modèles présentent aujourd'hui de nombreux inconvénients en termes de précision, de stockage, de transfert, de gain de temps, etc. [3]. L'évolution dans le domaine de l'imagerie médicale a profondément modifié ces pratiques en odontologie, notamment dans les domaines de l'orthodontie, de la prothèse et de la chirurgie implantaire [4]. Plus récemment avec la mise sur le marché des modèles numériques, tels que les scanners intra-oraux et le Cone Beam Computed Tomography (CBCT) ont révolutionné les pratiques en Odontostomatologie [5]. De plus, leurs capacités de mesures, de simulation de traitement et l'intégration des fichiers numériques constituent une avancée scientifique importante [6]. A cet effet, la validité de ces outils numériques a fait l'objet de plusieurs recherches. Ces recherches ont porté essentiellement sur les analyses d'arcades, la planification implantaire et les restaurations prothétiques [7-10]. Les résultats de ces études ont montré que les modèles numériques reproduisent des structures dentaires avec une précision similaire aux méthodes conventionnelles. Cependant, la littérature note que des variations peuvent être observées selon le type d'appareil utilisé, le protocole de numérisation, la morphologie de l'arcade et la méthode de fusion des fichiers numériques. Ainsi, la prise en compte de ces facteurs est pertinente car, elles conditionnent la fiabilité des mesures linéaires. Ce qui constitue des points cruciaux à intégrer sans réserve pour certaines mesures diagnostiques critiques. D'où l'intérêt de cette étude

dont l'objectif était de comparer la précision des mesures dentaires linéaires sur les modèles numériques issus du scanner intra-oral et du CBCT en référence aux modèles en plâtre.

2. Matériels et Méthodes

Sur la période de janvier 2019 et juin 2024, nous avons réalisé une étude comparative et rétrospective qui a eu pour cadre un cabinet dentaire privé d'Abidjan spécialisé en orthodontie. Cette étude avait pour support des modèles numériques générés à partir du scanner intra-oral (fichier d'extension Stéréolithographique ou STL), du CBCT (fichier DICOM ou Digital Imaging and Communication in Medicine) et des modèles en plâtre. Un instrument de mesure tel que le pied à coulisse électronique a permis d'enregistrer les valeurs sur les modèles en plâtre.

Le premier ensemble modèle 3D (CBCT) a été réalisé à l'aide d'un NewTom Giano HR® (Verona, Italy). Les paramètres d'acquisitions étaient : 8mA, 90kV, FOV ou Field Of View (16cm×10cm), épaisseur de coupe (0,3mm) et un temps d'exposition de 15s. Le logiciel ITK-SNAP® (version 4.0.0 pour windows 64 bit) a été utilisé pour analyser ces modèles 3D. Le deuxième ensemble de modèle 3D (scanner intra-oral) a été obtenu à l'aide du scanner 3Shape TRIOS 3®. Ces modèles ont été analysés à l'aide du logiciel Meshmixer® (version 3.4 pour windows 64 bit).

Ont été inclus dans cette étude : les patients ayant des dossiers bien renseignés comprenant : des modèles numériques générés par le scanner intra-oral, le CBCT et des modèles en plâtre. Etaient également concernés : des modèles avec des arcades en denture permanente et complète. N'ont pas été inclus, les modèles avec : des malpositions dentaires sévères, des prothèses fixées ou mobiles, des agénésies ou dents absentes, la présence de restaurations inter-proximales.

Les variables de l'étude étaient représentées par des paramètres dimensionnels des dents : diamètre mésiodistal (Dia MD), diamètre vestibulo-lingual (Dia VL). Le diamètre mésiodistal (Dia MD) correspondait à la largeur et à la distance maximale entre les points de contact anatomiques mésiaux et distaux (Figures n°1 et 2). Le diamètre vestibulo-lingual (Dia VL) était la distance maximale entre la surface vestibulaire et la face linguale (palatine) aussi bien à la mandibule qu'au maxillaire (Figure n°3). Toutes les dents tant au maxillaire qu'à la mandibule ont été segmentées excepté les deuxièmes et troisièmes molaires. Ces mesures ont été réalisées avec l'outil « Image Annotation Mode » de la fonction « Main Toolbar » présent dans le logiciel ITK Snap pour les images CBCT. Quant aux modèles issus du scanner intra-oral, les mesures ont été faites avec l'outil « Units/Dimensions » de la fonction « Analysis » issu du logiciel MeshMixer.

L'opérateur principal ayant effectué les mesures initiales a tiré au sort en utilisant la table de nombres au hasard de Kendall et Babington-Smith 10 dossiers de patients [11]. A partir de ces dossiers tirés, les mesures ont été répétées à 15 jours d'intervalle par le même opérateur principal afin de minimiser les erreurs (erreur intra-opérateur). L'opérateur principal est spécialiste en Radiologie dento-maxillo-faciale. Également, une autre série de mesures a été faite à partir des 10 dossiers tirés au sort par un second opérateur afin de minorer les erreurs (erreur inter-opérateur). Le second opérateur est certifié en Imagerie Cone Beam CT.

Pour l'analyse statistique, toutes les mesures recueillies ont été enregistrées dans une feuille de calcul Excel (version 2009 ; Microsoft, Redmond, Wash). Ensuite,

elles ont été analysées à l'aide d'un logiciel de statistique SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 22.0 pour Windows. Les coefficients de corrélation intra-classe (ICC) ont été calculés pour déterminer la fiabilité intra- et inter-opérateurs des mesures de chaque méthode. Après avoir déterminé cette fiabilité, les largeurs des dents mesurées pour les 3 méthodes ont été regroupées avec les moyennes calculées. La méthode de Freund [12] a été utilisée pour tester la concordance des méthodes utilisées avec un niveau de signification statistique fixé à $p < 5\%$.

3. Résultats

Au total, 3600 mesures dentaires linéaires ont été relevées sur 1200 dents segmentées avec les logiciels et 600 dents avec les modèles en plâtre soit 1800 dents étudiées.

Les valeurs de coefficients de corrélations dépassent les 0,90 (tableau I). Des différences statistiquement significatives des diamètres mésio-distaux du modèle CBCT en référence au modèle en plâtre ont été notées (tableau II) contrairement aux diamètres vestibulo-linguaux (tableau III). Cette absence de différences a été confirmée par le diagramme de Bland et Altman ou les valeurs des mesures vestibulo-linguales étaient regroupées autour de la moyenne (figure 4).

Concernant les mesures linéaires mésio-distales, la différence de moyenne est de -1,85mm pour le modèle CBCT et de -1,77mm pour le modèle STL. Quant aux mesures linéaires vestibulo-linguales, la différence de moyenne est de -0,58mm pour le modèle CBCT et de -0,68mm pour le modèle STL (tableau IV).

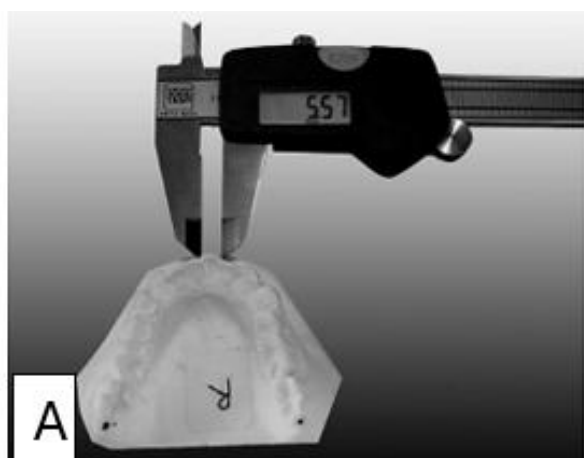


Figure 1 : 1a) Diamètre mésio-distal de la 41 sur le modèle en plâtre. 1b) Diamètre mésio-distal de la 26 sur le modèle en plâtre

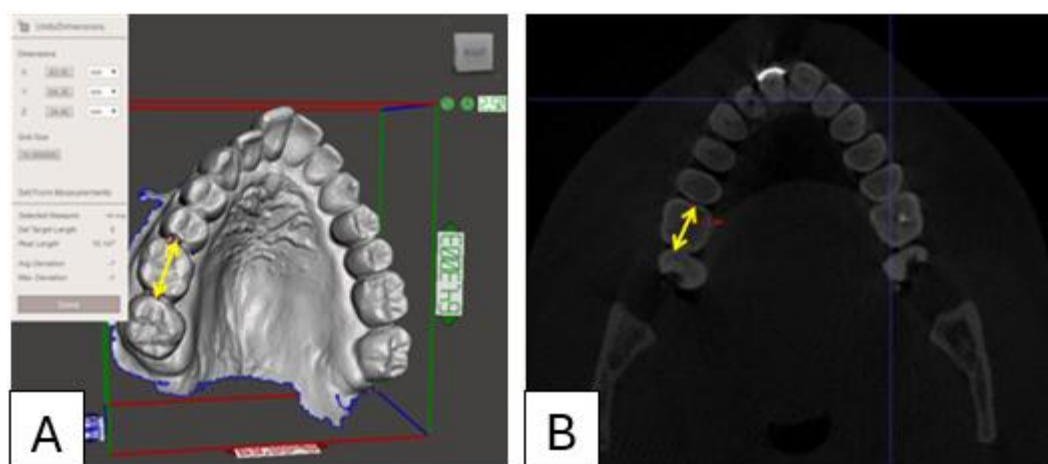


Figure 2 : 2a) Diamètre mésio-distal de la 16 sur le modèle STL. 2b) Diamètre mésio-distal de la 16 en coupe axiale sur le modèle CBCT

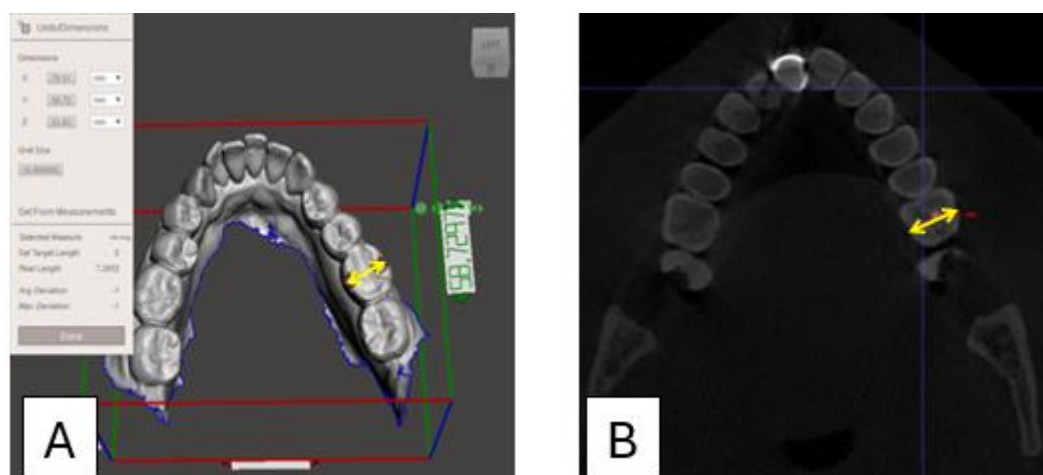


Figure 3 : 3a) Diamètre vestibulo-lingual de la 46 sur le modèle STL. 3b) Diamètre vestibulo-lingual de la 26 en coupe axiale sur le modèle CBCT

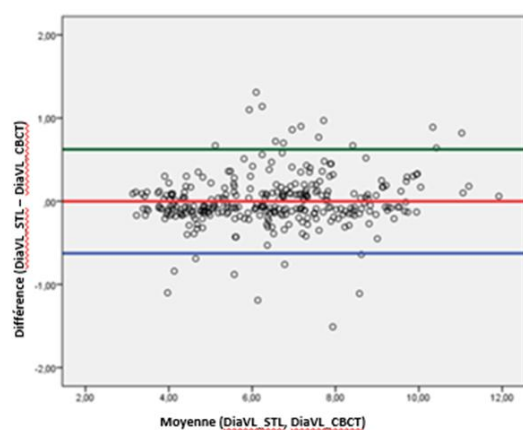


Figure 4 : Diagramme de Bland et Altman de la variable Dia VL STL – Dia VL CBCT

Dia : Diamètre, MD : Mésio-distal, VL : Vestibulo-lingual, CBCT : Cone Beam Computed Tomography, PL : Plâtre, STL : Stéréolithographie (modèle tridimensionnel issu du scan intra-oral).

Tableau I : Coefficients de corrélation intra classe des mesures linéaires entre les opérateurs pour chaque méthode

Modèle en plâtre		Modèle CBCT		Modèle STL	
ICC	95% CI	ICC	95% CI	ICC	95% CI
0,944	0,932-0,971	0,994	0,990-0,998	0,965	0,939-0,997

ICC : Coefficient de corrélation, CI : Intervalle de confiance.

Tableau II : Niveau de significativité par dent des diamètres mésio-distaux

			Modèle en plâtre		Modèle CBCT		Modèle STL	
Dents			Moy	Ecart type	Dif de moy (p)	95% CI de la Dif moy	Dif de moy (p)	95% CI de la Dif moy
Inc droit	Cent	Max	7,84	0,55	-0,42 (0,080)	-0,94 0,09	-0,24 (0,090)	-0,5 0,02
Inc droit	Lat	Max	6,49	0,11	-0,27 (0,617)	-0,27 0,5	0,07 (0,321)	-0,27 0,42
Can droit	Max		6,92	0,49	-0,42 (0,012*)	-0,72 -0,12	-0,07 (0,312)	-0,43 0,3
1 ^{ère} droit	Prem	Max	7,00	0,40	-0,42 (0,012*)	-0,72 -0,12	-0,15 (0,071)	-0,38 0,09
2 ^{ème} droit	Prem	Max	6,76	0,43	6,61 (0,001*)	6,30 6,92	-0,2 (0,082)	-0,45 0,04
1 ^{ère} droit	Mol	Max	10,53	0,66	-0,23 (0,257)	-0,66 0,20	-0,08 (0,101)	-0,45 0,29
Inc gauche	Cent	Max	7,92	0,64	-0,40 (0,004*)	-0,74 -0,07	-0,21 (0,201)	-0,52 0,1
Inc gauche	Lat	Max	6,30	0,63	-0,31 (0,411)	-0,70 0,07	-0,11 (0,212)	-0,52 0,31
Can gauche	Max		7,00	0,40	-0,32 (0,097)	-0,62 -0,02	-0,12 (0,220)	-0,43 0,2
1 ^{ère} gauche	Prem	Max	6,53	0,66	0,54 (0,007*)	-1,00 -0,08	-0,1 (0,324)	-0,34 0,15
2 ^{ème} gauche	Prem	Max	6,46	0,51	-0,58 (0,028*)	-0,89 -0,27	-0,05 (0,621)	-0,33 0,24
1 ^{ère} gauche	Mol	Max	10,23	0,83	-0,61 (0,023*)	-1,07 -0,15	-0,19 (0,142)	-0,56 0,18
Inc droit	Cent	Mand	4,84	0,55	-0,62 (0,009*)	-0,98 -0,25	-0,01 (0,891)	-0,18 0,16
Inc droit	Lat	Mand	5,23	0,59	-0,35 (0,210)	-0,75 0,004	-0,14 (0,653)	-0,34 0,07

Can Mand droit	6,00	0,57	-0,33 (0,004*)	-0,60	-0,07	-0,11 (0,502)	-0,37	0,15
1^{ère} Prem Mand droit	9,69	0,63	-0,47 (0,083)	-0,95	0,01	- 0,14 (0,454)	-0,38	0,1
2^{ème} Prem Mand droit	6,69	0,63	-0,24 (0,270)	-0,76	0,27	-0,21 (0,512)	-0,45	0,03
1^{ère} Mol Mand droit	10,53	0,66	-0,65 (0,006*)	-1,12	-0,018	-0,15 (0,690)	-0,49	0,18
Inc Cent Mand gauche	4,69	0,63	-0,39 (0,011*)	-0,69	-0,09	-0,02 (0,600)	-0,24	0,2
Inc Lat Mand gauche	5,23	0,599	-0,58 (0,011*)	-0,95	-0,22	-0,12 (0,701)	-0,31	0,06
Can Mand gauche	6,07	0,75	-0,74 (0,012*)	-1,20	-0,28	-0,02 (0,101)	-0,29	0,25
1^{ère} Prem Mand gauche	6,76	0,59	-0,50 (0,042*)	-0,92	-0,8	-0,17 (0,712)	-0,39	0,04
2^{ème} Prem Mand gauche	7,00	0,40	-0,32 (0,097)	-0,62	-0,02	-0,21 (0,060)	-0,49	0,07
1^{ère} Mol Mand gauche	10,61	0,76	-0,60 (0,042*)	-1,10	-0,09	-0,2 (0,610)	-0,56	0,16

CI= intervalle de confiance ; p<0,05 ; Inc= Incisive ; Cent= centrale ; Max= maxillaire ; Can= canine ; Prem= prémolaire ; Mol= molaire, Mand= mandibulaire ; Lat= latérale ; *= Différence statistiquement significative ; Dif= Différence ; Moy= Moyenne

Tableau III : Niveau de significativité par dent des diamètres vestibulo-linguaux

Dents	Modèle en plâtre		Modèle CBCT		Modèle STL		
	Moy	Ecart type	Dif de moy (p)	95% CI de la Dif moy	Dif de moy (p)	95% CI de la Dif moy	
Inc Cent Max droit	5,01	1,23	0,07 (0,601)	0,04 0,09	0,04 (0,090)	0,01 0,08	
Inc Lat Max droit	4,13	1,11	-0,01 (0,720)	-0,13 0,2	-0,07 (0,089)	-0,09 0,01	
Can Max droit	5,10	1,84	0,02 (0,700)	-0,02 -0,05	0,07 (0,312)	0,03 1,01	
1^{ère} Prem Max droit	6,07	0,99	-0,05 (0,599)	-0,07 -0,02	-0,05 (0,101)	-0,38 0,09	
2^{ème} Prem Max droit	6,04	0,63	0,01 (0,719)	0,00 0,09	-0,01 (0,092)	-0,05 0,00	
1^{ère} Mol Max droit	8,70	1,66	0,03 (0,257)	0,01 0,07	0,08 (0,241)	0,01 0,10	
Inc Cent Max gauche	5,12	0,97	0,07 (0,601)	0,02 -0,09	-0,01 (0,900)	-0,06 0,1	

Inc	Lat	Max	4,00	1,70	0,05 (0,599)	0,01	0,07	0,09 (0,199)	0,02	1,22
gauche										
Can		Max	5,42	1,67	-0,00 (0,097)	-0,22	0,02	0,05 (0,761)	0,01	0,09
gauche										
1^{ère}	Prem	Max	6,50	0,76	0,04 (0,078)	0,00	0,08	-0,07 (0,104)	-0,10	0,1
gauche										
2^{ème}	Prem	Max	6,47	0,32	-0,08 (0,080)	-0,10	0,01	0,05 (0,319)	0,00	0,09
gauche										
1^{ère}	Mol	Max	8,81	0,89	0,01 (0,811)	0,00	-0,06	0,09 (0,142)	0,01	0,16
gauche										
Inc	Cent	Mand	4,09	1,01	-0,02 (0,901)	-0,08	-0,01	-0,07 (0,891)	-0,10	0,08
droit										
Inc	Lat	Mand	4,03	0,59	-0,05 (0,210)	-0,75	0,02	0,01 (0,903)	-0,03	0,09
droit										
Can	Mand droit		5,24	0,77	0,03 (0,101)	0,01	0,07	-0,09 (0,712)	-0,06	0,13
1^{ère}	Prem	Mand	5,90	1,61	-0,07 (0,083)	-0,08	0,01	-0,04 (0,454)	-0,08	0,01
droit										
2^{ème}	Prem	Mand	6,01	1,02	-0,02 (0,270)	-0,05	0,07	-0,01 (0,292)	-0,05	0,01
droit										
1^{ère}	Mol	Mand	9,04	1,66	-0,06 (0,086)	-0,12	-0,01	-0,05 (0,600)	-0,09	0,03
droit										
Inc	Cent	Mand	5,00	0,63	0,03 (0,102)	0,01	0,09	-0,02 (0,473)	-0,24	0,2
gauche										
Inc	Lat	Mand	5,01	0,83	-0,05 (0,111)	-0,09	0,10	0,07 (0,886)	0,03	0,09
gauche										
Can		Mand	5,98	0,72	0,04 (0,112)	0,01	1,01	-0,01 (0,331)	-0,17	0,05
gauche										
1^{ère}	Prem	Mand	6,14	1,09	-0,05 (0,110)	-0,09	-0,1	-0,07 (0,702)	-0,08	0,01
gauche										
2^{ème}	Prem	Mand	6,21	0,47	0,03 (0,097)	0,00	0,08	0,01 (0,061)	-0,99	0,07
gauche										
1^{ère}	Mol	Mand	9,12	1,31	-0,06 (0,142)	-1,10	-0,03	0,05 (0,542)	0,01	0,10
gauche										

CI= intervalle de confiance ; $p < 0,05$; Inc= Incisive ; Cent= centrale ; Max= maxillaire ; Can= canine ; Prem= prémolaire ; Mol= molaire, Mand= mandibulaire ; Lat= latérale ; Dif= Différence ; Moy= Moyenne

Tableau IV : Différence des moyennes des mesures linéaires groupées

Variables	Modèle en Plâtre		Modèle CBCT		Modèle STL		
	Moyenne	Ecart type	Différence moyenne	95% CI de la différence moyenne		Différence de moyenne	95% CI de la différence moyenne
Dia MD	7,09	1,80	-1,85	-1,64	-2,05	-1,77	-1,57 -1,98
Dia VL	6,41	1,77	-0,58	-0,06	-0,65	-0,68	-0,09 -0,77

Dia : Diamètre, MD : Mésio-distal, VL : Vestibulo-lingual, CBCT : Cone Beam Computed Tomography, PL : Plâtre, STL : Stéréolithographie (modèle tridimensionnel issu du scan intra-oral).

4. Discussion

Un total de 3600 mesures dentaires linéaires ont été relevées sur 1200 dents segmentées avec les logiciels et 600 dents avec les modèles en plâtre soit 1800 dents étudiées. Des différences significatives de moyenne des mesures linéaires mésio-distales étaient respectivement de : -1,85mm pour les modèles CBCT vs plâtre et de -1,77mm pour les modèles STL vs plâtre. Quant aux mesures linéaires vestibulo-linguales, les différences de moyenne étaient de -0,58mm (modèles CBCT vs plâtre) et de -0,68mm (modèles STL vs plâtre) avec des différences non significatives. Ces résultats démontrent que les séries de mesures effectuées par les deux opérateurs sur les modèles en plâtre, les modèles CBCT et les modèles STL étaient fortement corrélées (toutes les valeurs ICC dépassaient 0,90). Ils sont conformes à ceux de Naidu et al. [13]. Ces auteurs avaient souligné que les valeurs de coefficient de corrélation intra-classe dépassaient 87 % dans la mensuration des diamètres mésio-distaux des dents. Son étude portait sur la validité, la fiabilité et la reproductibilité du scanner intra-oral Ioc. Les mesures linéaires vestibulo-linguales/palatins issus des modèles numériques (CBCT et STL) comparées aux mesures manuelles effectuées sur les modèles en plâtre, étaient similaires. Les différences de moyenne étaient de (-0,58mm) pour les (modèles CBCT vs plâtre) et de (-0,68mm) pour les (modèles STL vs plâtre) avec des différences non significatives. L'ensemble des valeurs issues de mesures linéaires vestibulo-linguales étaient regroupées autour de la moyenne selon le diagramme de Bland et Altman. L'absence de différence statistiquement significative entre les mesures vestibulo-linguales est en accord avec la littérature. Elle rapporte une précision comparable des deux modalités pour les dimensions coronaires externes, avec des écarts inférieurs au seuil de pertinence clinique [14-15]. Bien vrai que les principes

d'acquisitions des fichiers STL et des reconstructions CBCT diffèrent, mais les repères anatomiques sont bien reproductibles sur les deux modèles numériques. Ce qui pourrait expliquer cette concordance.

La détermination des diamètres vestibulo-linguaux/palatins constitue un intérêt majeur dans la pratique odontologique. Ces diamètres conditionnent les contacts occlusaux dans la prise en charge des traumatismes occlusaux. Ils sont utiles également lors des préparations dentaires.

Quant aux mesures linéaires mésio-distales, les différences de moyenne étaient respectivement de : (-1,85mm) pour les modèles CBCT vs plâtre et de (-1,77mm) pour les modèles STL vs plâtre. Ces différences étaient significatives ($p < 5\%$). Les écarts de moyenne élevés des diamètres mésio-distaux dentaires ont un impact majeur sur la planification thérapeutique, en particulier en orthodontie. Ils influencent directement l'équilibre entre la taille des dents et l'espace disponible dans les arcades. En effet, les diamètres mésio-distaux constitue des paramètres clé en orthodontie dans la prise en charge des dysharmonies dento-arcades. L'analyse de Bolton à travers ce paramètre, aidera l'orthodontiste dans sa décision thérapeutique. Bolton montre que des écarts $< 1-1,5$ mm au niveau global ont un impact clinique limité, tandis que des écarts supérieurs deviennent significatifs pour le traitement [16].

Des études portant sur la validité des modèles digitaux obtenus selon la technique indirecte (modèles Unitek dans notre étude) ont évalué des variables complexes tels que l'espace disponible, l'index d'irrégularité et l'analyse Bolton. Malgré que des différences de moyennes entre les modèles de plâtre et les modèles digitaux pouvaient excéder 1,5 mm, celles-ci étaient considérées acceptables cliniquement [17, 18].

Dans notre étude, les différences statistiquement significatives observées ne concernaient que le modèle CBCT. Ces différences ne prenaient pas en compte l'ensemble des dents. C'était le cas des : incisive centrale

maxillaire droit, incisive latérale maxillaire droit, première molaire maxillaire droit, etc.

Les différences observées au niveau des diamètres mésio-distaux peuvent s'expliquer par la complexité anatomique des zones proximales. Aussi, la sensibilité accrue de cette mesure aux conditions d'acquisition et de segmentation, ainsi qu'aux limites de capture des zones de contact peuvent influencer. Ces facteurs rendent le diamètre mésio-distal plus susceptible aux variations méthodologiques que le diamètre vestibulo-lingual.

Les modèles numériques issus du CBCT ont fait l'objet de recherche à des fins de planification. Vazquez et al. [19] ont montré que l'imagerie CBCT est suffisamment précise pour évaluer les distances mésio-distales sur les vues axiale et sagittale pour la planification des implants dentaires en pratique clinique.

Cependant, l'utilisation du CBCT reste limitée à des circonstances particulières en raison des doses élevées de radiation [20], même s'il offre des informations dentaires et squelettiques supplémentaires. Pour obtenir des informations précises sur la denture, une imagerie supplémentaire des surfaces occlusales (scanners intra-oraux ou des moulages en plâtre) est nécessaire. Avec l'introduction et l'évolution des techniques de scanners intra-oraux, il est devenu plus facile et plus rapide d'obtenir un modèle détaillé de la denture du patient sans avoir recours aux empreintes physiques. En outre, les fichiers issus de cette numérisation permettent d'effectuer une planification virtuelle du déroulement du traitement. L'utilisation du scanner intra-oral s'intègre parfaitement à d'autres technologies. Ces technologies sont le CBCT pour l'analyse des structures osseuses ou l'impression 3D pour la fabrication de modèles, de guides ou de dispositifs. Cette synergie permet une planification thérapeutique précise et une meilleure communication entre les cliniciens et les techniciens de laboratoire.

5. Conclusion

Les mesures dentaires linéaires obtenues à partir des modèles ont montré une très bonne fiabilité entre les opérateurs. Aussi, une similarité entre les mesures dentaires linéaires vestibulo-linguales des modèles numériques (CBCT et STL) en référence au plâtre a été notée. Quant aux mesures dentaires linéaires mésio-distales, des différences significatives ont été observées. Cependant, ces différences ne concernaient pas l'ensemble des dents. L'amélioration continue des technologies de numérisation et des protocoles de mesure laisse toutefois entrevoir des méthodes d'analyse plus rapides, mieux standardisées et potentiellement plus reproductibles.

Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

6. Références

1. Virginie Lor. L'évolution squelettique et dentaire de l'appareil manducateur. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03588328.
2. Typhaine Koeppel. Analyse cinématique de l'appareil manducateur humain : constitution d'une base de données de sujets asymptomatiques et comparaison avec sujets à dysfonction. Mécanique des matériaux [physics.class-ph]. Université de Lorraine, 2017.
3. Nisa A, Erol K, Gokmen K. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning. *Int Orthod*. 2019 Mar;17(1):151-158. DOI: 10.1016/j.ortho.2019.01.014
4. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:16.e1-4.
5. Jabri MA, Wu S, Pan Y, Wang L. An overview on the veracity of intraoral digital scanning system and utilization of iTero scanner for analyzing orthodontic study models both In-Vivo and Ex-Vivo. *Niger J Clin Pract*. 2021 Jan;24(1):1-7. doi: 10.4103/njcp.njcp_698_19. PMID: 33473018.
6. Jiménez-Gayosso SI, Lara-Carrillo E, López-González S, et al. Difference between manual and digital measurements of dental arches of orthodontic patients. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(22):e10887.
7. Serrano-Velasco D, Martín-Vacas A, Giovannini G, Paz-Cortés MM, Aragonese JM. Accuracy Analysis of Digital Models from Intraoral Scanners and 3D-Printed Casts in Children and Teenagers. *Children (Basel)*. 2024 Sep 3;11(9):1082. doi: 10.3390/children11091082.
8. Frąckiewicz W, Jankowska A, Machoy ME. CBCT and modern intraoral scanners as tools for developing comprehensive, interdisciplinary treatment plans. *Adv Clin Exp Med*. 2024;33(11):1267–1276.
9. Carneiro ALE, Reis INR, Bitencourt FV, Salgado DMRA, Costa C, Spin-Neto R. Accuracy of linear measurements for implant planning based on low-dose cone beam CT protocols: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol*. 2024 Apr 29;53(4):207-221.
10. 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. *J. Clin. Med*. 2025, 14, 71.
11. Kendall, M. G., and B. Babington Smith. "Randomness and Random Sampling Numbers." *Journal of the Royal Statistical Society* 101, no. 1 (1938): 147–66. <https://doi.org/10.2307/2980655>.

12. Freund, Y. Concordance entre deux méthodes de mesure d'une même variable : diagramme de Bland et Altman. *Ann. Fr. Med. Urgence* 6, 143–146 (2016). <https://doi.org/10.1007/s13341-016-0621-4>
13. Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 144:304-312.
14. Park JM, Kim RJY, Lee KW. Comparison of digital models obtained by cone-beam computed tomography and intraoral scanning for dental measurements. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2016;115(3):325–332
15. Kim SY, Lim SH, Gang SN, Kim HJ. Accuracy of dental measurements on cone-beam computed tomography and digital dental models. *Clinical Oral Investigations*. 2017;21(3):939–946
16. Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthodontist*. 1958;28(3):113–130.
17. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS and al. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009 ; 136, 16 : 11-14.
18. Petrović V, Šlaj M, Buljan M, Čivljak T, Zulijani A, Perić B. Comparison of Tooth Size Measurements in Orthodontics Using Conventional and 3D Digital Study Models. *J Clin Med*. 2024 Jan 26;13(3):730. doi: 10.3390/jcm13030730. PMID: 38337424; PMCID: PMC10856778.
19. Vazquez, L.; Buser, R.; Carrel, J.-P. Mesiodistal Measurements for Dental Implant Planning: A Prospective Clinical Study of Linear Measurements on Cone-Beam Computed Tomography Images in Comparison with Caliper-Based Measurements on Plaster Casts. *Dent. J.* 2022, 10, 169. <https://doi.org/10.3390/dj10090169>
20. Démétrios J. Halazonetis. Cone-beam computed tomography is not the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2012): A1-A44, e65-e74, 393-524.