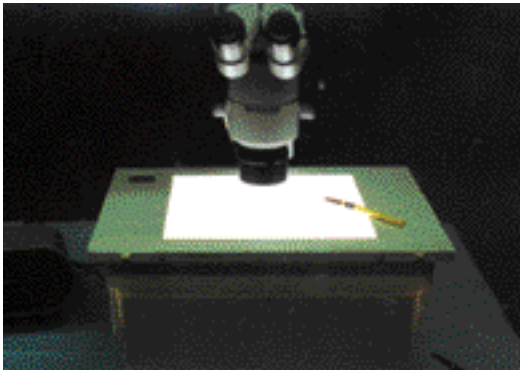


Fiabilité des mesures verticales sur cliché panoramique lors de l'étude pré-implantaire

Mots clés :

Implants dentaires
Examen radiologique
Cliché panoramique
Fiabilité dimensionnelle
Mesures verticales



Accuracy of vertical measurements on panoramic x-ray in pre implants analysis

Keywords :

Dental implants
Radiologic examen
Panoramic tomography
Dimensional accuracy
Vertical measurements

Éric LECLERCQ, Philippe KHAYAT, Patrick MISSIKA

Faculté de Chirurgie Dentaire Paris VII.

r é s u m é Une expérimentation est réalisée, comparant la longueur réelle de 162 implants endosseux à leurs mesures sur cliché panoramique. Les 162 mesures issues de ces images radiographiques recouvrent la diversité des réalités cliniques. Les clichés, effectués à l'aide d'un orthopantomographe OP10 (Siemens), ont été réalisés par un manipulateur formé à son utilisation. Pour chaque mesure, des paramètres tels que arcade, secteur, flou de l'image sont enregistrés. L'analyse des résultats montre que l'agrandissement moyen est de 27,8 % (d=1,2). En pratique clinique, le fabricant recommande de retrancher 25 % aux distances mesurées sur cliché panoramique. En corrigeant ainsi le rapport d'agrandissement inhérent à la technique, la précision de lecture correspond à une surestimation des distances cliniques inférieure à +0,5 mm. À la condition de collaborer avec un radiologue rigoureux, les mesures verticales effectuées sur cliché panoramique apparaissent donc fiables. Cette étude conduit également à d'autres conclusions. La forme de l'épaisseur utile du panoramique correspond le plus souvent à celle de la crête osseuse. Une inadaptation de ces deux formes se traduit cependant par de faibles variations dimensionnelles. La variation de l'agrandissement selon les régions existe, mais elle est d'une incidence clinique négligeable. L'agrandissement est plus important au maxillaire qu'à la mandibule, probablement du fait de la position plus palatine de la crête osseuse résiduelle. L'inclinaison vestibulo-linguale de la crête intervient peu sur l'agrandissement de l'image. Les images floues ne correspondent pas à d'importantes déformations dimensionnelles, en revanche l'imprécision de lecture se trouve augmentée.

a b s t r a c t An experiment is conducted comparing the length of 162 intraoral implants with their measures on panoramic x-rays. These 162 measurements cover the diversity of the clinical reality and use an orthopantomograph OP10 (Siemens) and a competent radiologic technician. Foreach measurement, criteria such as arch, area, blurof the image are recorded. The analysis of the results shows that the average magnification is of 27,8 % (d=1,2). In practice, the manufacturer recommends to withdraw 25 % from the lengths measured on panoramic x-rays. By correcting this magnifying factor, the measurements appear to be overestimated by only slightly more than 0.5 millimeter. Thus, in the conditions of the experimentation, vertical measurements on panoramic x-rays appear to be reliable. This research also leads to other conclusions. Discrepancies between shape of the usefull thickness of panoramic x-rays and shape of the osseous crest are rare and results in minimal dimensional variations. Variation of the magnification depending on areas does exist but it is also of negligible clinical incidence. The magnification is greater at the maxilla than at the mandibule, likely because of the location of the residual osseous crest more palatally located. The facial-palatal inclination of the osseous crest is of little influence on the magnification. The images appearing blurdo not present magnified dimensional variations, although accurate measures are more difficult.

accepté pour publication le 13/06/01

Lors de l'examen radiologique pré-implantaire, il est fréquent de prescrire un scanner en complément du cliché panoramique utilisé comme examen initial (Bert et Missika, 1992). Bien que coûteux et source de radio-exposition, il est aujourd'hui considéré d'un point de vue médico-légal comme le seul examen radiologique autorisant des mesures dimensionnelles représentatives de la réalité clinique. Il apparaît cependant que le scanner bien que très fiable ne soit pas lui aussi à l'abri d'imprécisions dimensionnelles. Dans le cadre de la radio-protection des patients et du contrôle des dépenses de santé, de nombreux cliniciens estiment qu'un cliché panoramique est parfois suffisant afin d'obtenir une évaluation de la hauteur d'os disponible. Pourtant, en pratique quotidienne, face à un cliché panoramique, l'implantologiste est confronté à certaines interrogations auxquelles il ne peut répondre que de façon empirique (Pasquet et Cavezian, 1987; Petrikowski et coll., 1989) :

1. Dans les cas où la hauteur d'os paraît faible, le seul cliché panoramique est-il suffisant pour indiquer ou contre-indiquer un implant ?
2. L'utilisation d'une grille calibrée sur un cliché panoramique est-elle une méthode acceptable pour la sélection de la longueur des implants ?

L'examen de la littérature n'apporte pas de réponse précise à ces problèmes. Dans des conditions idéales sur fantôme (Tronje, 1982; Tronje et coll., 1981), pour la plupart des appareils couramment utilisés (Tronje et coll., 1985) et d'après les principes rationnels de construction de l'image (Welander, 1974), l'agrandissement vertical ne varie que très faiblement selon la profondeur ou la région de l'objet (moins de 5 % pour un changement de profondeur de 1 cm par rapport au plan focal) (Akesson, 1991 ; Mc David, et coll., 1985).

Les mesures horizontales, en revanche, sont reconnues comme imprécises (Langland et coll., 1982). L'analyse théorique sur patients (Sernam, 1989), à l'inverse, montre que la précision des mesures est considérablement altérée par un grand nombre de variables cliniques (inclinaison, épaisseur, forme de la crête osseuse, précision du positionnement de la tête, qualité de l'appareil panoramique utilisé) (Farnam et coll., 1983).

At an initial examination a scanner is frequently prescribed as a supplement to the panoramic cliché (Bert et Missika, 1992). Although expensive and source of radio-exposition, it is today considered from a medical legal point of view as the only radiological examination authorizing dimensional measures that are representative of clinical reality. However, it seems that the scanner, although very reliable, also has dimensional inaccuracies. Within the framework of patient radio-protection and health expenditure controls, certain clinicians believe that a panoramic cliché supplies sufficient evaluation of the availability in bone height. Nevertheless, in daily practice, when faced with a panoramic cliché, the implantologist is confronted with certain questions which he can only answer in an empirical way (Pasquet and Cavezian, 1987 ; Petrikowski et al., 1989) :

1. In cases where bone height seems insufficient, can one be content with only a panoramic cliché in order to counter indicate an implant?
2. Is the use of calibrated bars on a panoramic cliché an acceptable method for the selection of the length of the implant ?

A precise answer to this problem cannot be found by examining the literature. In ideal conditions on a phantom (Tronje, 1982 ; Tronje et al., 1981), and for most of the devices in the market (Tronje et al., 1985), according to the rational principles of image construction (Welander, 1974), the vertical increase varies very little according to the depth or the region of the object (less than 5 % for a change in depth of 1 cm with regard to the focal plan) (Akesson, 1991 ; Mc David, et al., 1985).

On the other hand the horizontal measures, are recognized as indistinct (Langland et al., 1982). The theoretical analysis on patients (Sernam, 1989), on the contrary, shows that the precision of the measures is considerably distorted by a large number of clinical variables (inclination, thickness, shape of the bone crest, head location precision, quality of the panoramic device used) (Farman et al., 1983).

Enfin, les expérimentations cliniques font état de résultats très variables, où l'erreur moyenne varie de 0,4 à 3,6 mm (Akesson, 1991 ; Albandar et Abbas, 1986 ; Albandar et coll., 1986 ; Farman et coll., 1983 ; Kaimenyi et Ashley, 1988 ; Klinge et coll., 1989 ; Lindh et Petersson, 1989 ; Wilding et coll., 1987 ; Soikkonen, 1990 ; Stoner, 1972 ; Suomi et coll., 1968 ; Tal et Moses, 1991 ; Van Waas, 1983).

La nécessité d'évaluer précisément la fiabilité des mesures de hauteur d'os sur cliché panoramique pré-implantaire a conduit à mettre en place une expérimentation clinique, statistiquement représentative, intégrant les paramètres propres à l'implantologie. L'objectif de cette recherche est de quantifier la précision des mesures verticales sur des clichés panoramiques de qualité optimale.

Matériel et Méthode

Sur un cliché panoramique, la "mesure de la longueur" des images des implants est comparée avec la "longueur théorique" de ces images. Cette "longueur théorique" est la longueur réelle de l'implant, à laquelle est appliqué l'indice d'agrandissement de l'appareil annoncé par le constructeur (25 %).

Matériel

L'appareil panoramique utilisé pour l'expérimentation est un orthopantomographe OP 10 E (Siemens), version introduite en 1987. L'appareil lui-même a été acquis en 1989. Tous les clichés ont été effectués dans le même cabinet de radiologie (Monnier, 1985). Chaque cliché a été réalisé par une manipulatrice dont la formation est interne au cabinet, vérifié et approuvé par l'un des deux radiologues titulaires.

L'étude porte sur 162 implants Screw-vent (Paragon). Ceux-ci présentent tous le même diamètre de 3,75 millimètres, permettant ainsi de limiter la variabilité des déformations provoquées par l'effet de "perspective" lors d'une inclinaison vestibulo-linguale de l'implant (Tronje et coll., 1982). Les implants ont tous été posés par le même praticien.

L'échantillon a été sélectionné par ordre alphabétique dans un fichier de patients porteurs d'implants, jusqu'à obtenir un échantillon de 162 implants. Aucun autre type de sélection n'a été effectué. Les implants présentent donc des orientations variables dans les directions mésio-distale et vestibulo-linguale, liées aux impératifs anatomiques et prothétiques.

Finally, clinical experiments show very variable results, where the mean error varies from 0,4 to 3,6 mm (Akesson, 1991 ; Albandar and Abbas, 1986 ; Albandar et al., 1986 ; Farman et al., 1983 ; Kaimenyi and Ashley, 1988 ; Klinge et al., 1989 ; Lindh and Petersson, 1989 ; Wilding et al., 1987 ; Soikkonen, 1990 ; Stoner, 1972 ; Suomi et al., 1968 ; Tal and Moses, 1991 ; Van Waas, 1983).

As it is necessary to have an exact estimation of the reliability of bone height measures on pre-implant panoramic clichés led us to set up a clinical, statistically representative experiment, integrating the appropriate parameters for implantology. The aim of this research is to quantify the vertical measurement precision on panoramic clichés of optimal quality.

Material and Method

On panoramic clichés, the "length measurement" images of implants are compared with the "theoretical length". This "theoretical length" is the real length of the implant, to which the device increase index announced by the manufacturer (25 %) is applied.

Material

The panoramic device used for the experiment is an OP 10 E orthopantomographe (Siemens), version introduced in 1987. The device itself was bought in 1989. All the clichés were made in the same radiology office (Monnier, 1985). Each cliché was taken by a person trained in the office, then verified and approved by one of the two radiologists.

The study concerns 162 Screw-vent implants (Paragon). These all have the same diameter of 3,75 millimetres. This limits the distortion variability induced by the effect of "perspective" for a vestibulo-lingual implant inclination (Tronje et al., 1982). All the implants were all placed by the same clinician.

The samples were selected in alphabetical order in a file of implant patients, until 162 implants were obtained. No other type of selection was made. The implants therefore present variable orientations in the mesio-distal and vestibulo-lingual directions, because of anatomical and prosthetic imperatives.

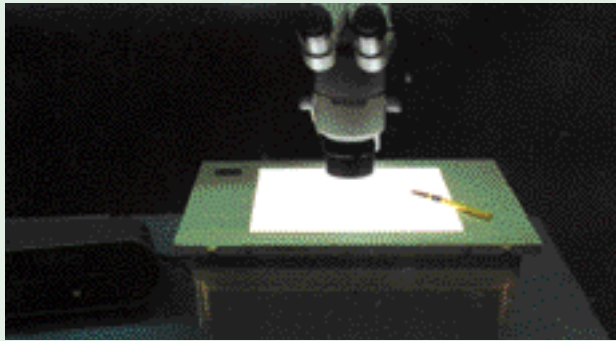


Figure 1 : Microscope (x 4,5) auquel est adjoit un négatoscope.

Figure 1 : Microscope (x 4,5) with a negatoscope.

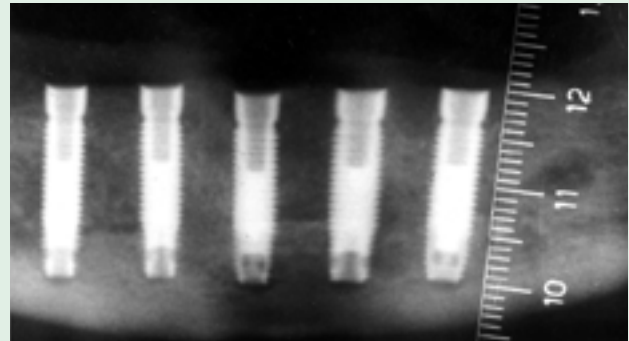


Figure 2 : Une échelle graduée est incluse à l'intérieur de la lentille binoculaire.

Figure 2 : Calibrated scale is included inside the binocular lens.

Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées au moyen d'un microscope (auquel est adjoit un négatoscope) dont l'agrandissement est de 4,5 (fig.1). Une échelle graduée, incluse à l'intérieur de la lentille binoculaire, permet de mesurer directement les longueurs. La précision est à l'échelle du dixième de millimètre (fig.2). Les distances sont calculées entre les centres des limites supérieures et inférieures de l'implant (au niveau du maximum de convexité de la courbure). La limite la plus externe du flou correspondant aux bords de l'implant est systématiquement choisie comme repère (fig.3). Les mesures sont réalisées entre les deux limites externes des flous correspondants aux sommets des convexités de l'image de l'implant. En effet, cette mesure correspond à l'approximation effectuée par le chirurgien lorsqu'il observe une image de crête osseuse, sans pouvoir préjuger de son inclinaison ni de son diamètre. De plus, ce choix permet des mesures standardisées sur tous les clichés, quelle que soit leur lisibilité.

Toutes les images d'implants sont prises en compte dans l'étude, y compris celles qui, à l'évidence, apparaissent comme extrêmement déformées ou floues (fig.4). En effet, lors de l'examen pré-implantaire, il n'apparaît parfois pas clairement que l'image de la crête osseuse soit déformée, bien que la mesure de hauteur d'os soit pourtant erronée.

Method of measurement

The measures are taken by means of a microscope (assisted by a negatoscope) increased 4,5 times (fig.1). A graduated scale, included inside the binocular lens, allows direct measurement of the lengths. The precision is to a tenth of a millimetre (fig.2). The distances are calculated between the centres of the superior and lower limits of the implant (at the maximum convexity of the curvature). The most external blurred limit corresponding to the edges of the implant is systematically chosen as a reference. All the implant images are taken into account in the study, including those that, obviously, appear as extremely deformed or blurred (fig.3). The measures taken between the two external blur limits correspond to the convex summit of the implant image. This measure corresponds to the surgeon's approximation when observing a bone crest image without judging either the inclination or the diameter. Also, this choice allows for standardized measures on all clichés, whatever their legibility.

All the implant images are taken into account in this study, including those that are evidently extremely deformed or blurred (fig.4). As a matter of fact, during the pre-implant examination, it is not obvious that the bone crest image is deformed, even though the bone height measurement is erroneous.

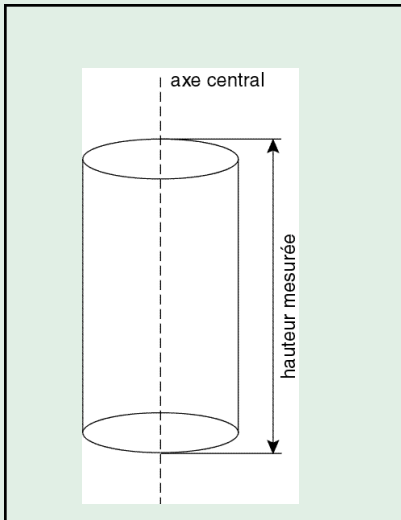


Figure 3: La limite la plus externe du flou correspondant aux bords de l'implant est systématiquement choisie comme repère.

Figure 3: At the border of the implant, it is always the outside limit of the blur image which is chosen as landmark.

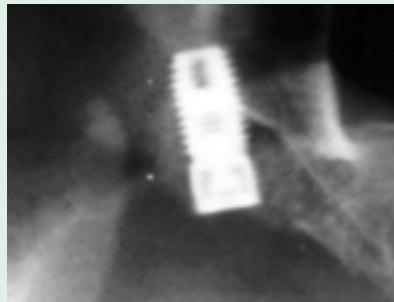


Figure 4 : Image considérée comme floue.

Figure 4 : Image considered as blur.

Onze paramètres sont enregistrés. En particulier, les implants sont différenciés en fonction de leur longueur (8, 10, 13, 16 mm), du secteur (région Incisive/Canine/Molaire), de l'arcade (Max/mand) (tableau1), et du flou de l'image.

Une calibration intra-observateur portant sur quarante-quatre implants est réalisée à trois mois d'intervalle.

Eleven parameters are recorded. In particular, the implants are differentiated according to their length (8, 10, 13, 16 mm), the sector (Incisive region/Canine/molar), the arch (Maxilla/mandible) (table1), and the blur of the image.

An intra-observer calibration concerning forty four implants is made after an interval of three months.

Tableau 1 - Distribution des implants selon la région et la longueur.
Implant distribution depending on area and length

	incisives	canines-prémol	molaires	total
I. de 8-10 mm	0	3	57	60
I. de 13 mm	5	6	28	39
I. de 16 mm	24	26	14	63
total	29	34	99	

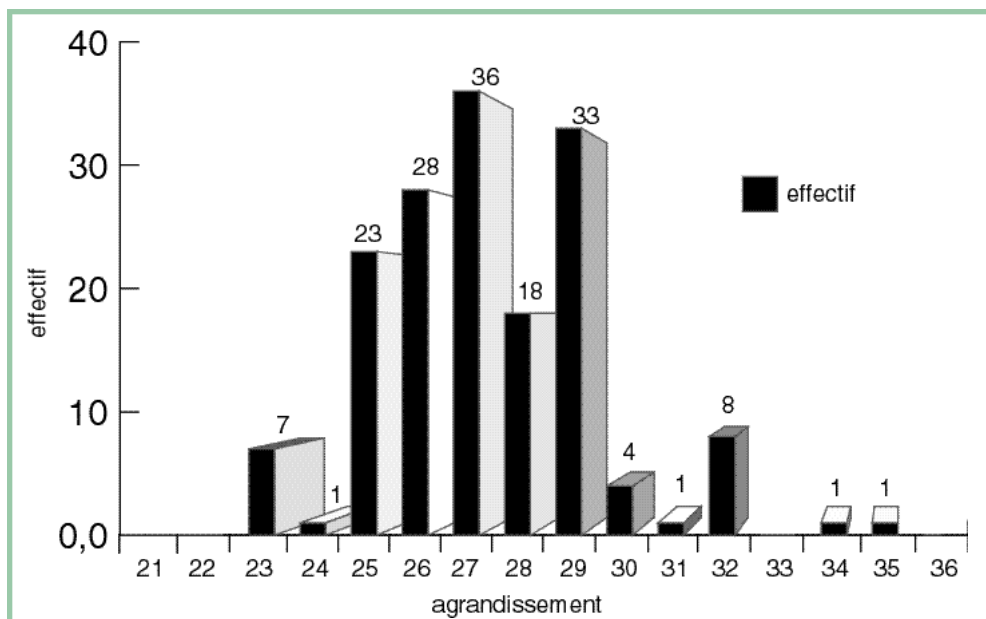


Tableau 2 : Histogramme de la distribution de l'agrandissement pour la totalité de l'échantillon.

Table 2 : Histogram of the distribution of the magnification on the total population.

Tableau 3 Agrandissement selon la région et l'arcade.
Magnification depending on area and arch.

	incisives	canines-prémol	molaires	total
mandibule	n = 16 25,8 % (d = 1,4)	n = 21 27,2 % (d =1,6)	n = 66 27,7 % (d =1,9)	n = 103 27,3 % (d =1,9)
maxillaire	n = 13 27,7 % (d =1,4)	n = 13 27,7 % (d = 1,9)	n = 33 29,04 % (d = 2,1)	n = 59 28,5 % (d = 2,5)
total	n = 29 26,7 % (d =1,7)	n = 34 27,5 % (d = 2,7)	n = 99 28,2 % (d = 2,1)	

Résultats

L'analyse intra-observateur sur quarante-quatre mesures révèle une fiabilité moyenne de 0,2 mm (d = 0,16). L'imprécision est supérieure à 0,2 mm pour sept sur dix des implants incisifs mesurés, contre seulement douze sur vingt-cinq des implants molaires. Lorsque toutes les variables cliniques sont confondues, l'erreur moyenne entre les 162 mesures verticales effectuées sur cliché panoramique et les longueurs réelles agrandies au rapport de 25 % est de + 0,3 mm (d = 0,25). L'agrandissement moyen est de 27,8 % (d = 2,24). Ainsi, pour un implant de 13 mm, la longueur moyenne de l'image serait de 16,5 mm (+ 27,8 %), au lieu d'être de 16,2 mm (+ 25 %) comme indiqué par le fabricant. Les mesures verticales sur cliché panoramique surestiment en général légèrement la valeur des distances cliniques. Les valeurs extrêmes d'erreur varient de - 0,6 à + 0,9 mm. La valeur extrême de +0,9 mm a été rencontrée deux fois sur 162 mesures, celle de -0,6 une seule fois (tableau 2).

Les résultats sont regroupés par arcade (maxillaire, mandibule), par région (incisive, canine, molaire) (tableau 3). D'une région à l'autre, l'agrandissement moyen s'accroît de 0,7 et 0,8 % (26,7 % au niveau incisif, 27,5 % au niveau canin, et 28,2 % au niveau molaire). Une analyse multivariable de la population fait ressortir que la région influe notablement sur l'agrandissement (programme statistique VAX de l'hôpital Broussais). Les trois groupes "incisive", "canine-prémolaire" et "molaire" constituent trois populations différentes et ce, au risque de 1 pour 1000.

La comparaison des moyennes de l'agrandissement entre les populations des implants maxillaires (28,6 %) et mandibulaires (27,3 %) fait apparaître une différence statistiquement significative au seuil de 5 %.

Sur 162 images d'implant, 31 sont floues (tableaux 4 et 5). Pour l'ensemble du groupe des implants flous, la moyenne d'erreur est de 0,4 mm (d = 0,32).

Results

The intra-observer analysis of forty four measurements reveals an average reliability of 0,2 mm (d = 0,16). The indistinctness is superior to 0,2 mm for seven out of ten incisor implants, compared to only twelve out of twenty five molar implants. When all the clinical variables are merged, the mean error between the 162 vertical measures on the panoramic cliché and the real lengths enlarged by 25 % is + 0,3 mm (d = 0,25). The mean magnification is 27,8 % (d = 2,24). Therefore, for a 13mm implant, the average image length would be 16,5 mm (+ 27,8 %), instead of 16,2 mm (+ 25 %) as indicated by the manufacturer. The vertical measures on panoramic clichés generally slightly overestimate the value of clinical distances.

The extreme error values vary from - 0,6 to + 0,9 mm. The extreme value of + 0,9 mm was seen twice in 162 measures and that of -0,6 only once (table 2).

The results are grouped by arch (maxilla jaw, mandible), by sector (incisor, canine, molar) (table 3). From one sector to another, the average magnification is of 0,7 and 0,8 % (26,7 % at the incisor level, 27,5 % at the canine level, and 28,2 % at the molar level). A multivariable analysis of the population highlights that the area strikingly influences the magnification (statistical VAX program of the hospital Broussais). The three groups "incisor", "canine - premolar" and "molar" constitute three different populations at the risk of 1 per 1000.

The mean magnification comparison between the maxillary implant population (28,6 %) and the mandibular (27,3 %) give a statistically significant difference beginning at 5 %.

On 162 implant images, 31 are blurred (tables 4 and 5). For the whole of the blurred group of implants, the mean error is 0,4 mm (d = 0,32).

Discussion

1 Les valeurs extrêmes d'erreur sont peu fréquentes et de faible importance clinique.

Les valeurs extrêmes d'erreur sont probablement la conséquence d'une différence entre la morphologie de l'arcade du patient et de celle de l'épaisseur utile du cliché panoramique. En effet, d'après les principes de formation de l'image (Langland et coll., 1982), lorsque le dessin de l'épaisseur utile et celui de l'arcade ne coïncident pas, les variations dimensionnelles de l'image sont élevées.

Ces erreurs variant de - 0,6 à + 0,9 mm ne sont pas d'une grande importance quantitative. La valeur extrême de 0,9 mm a été rencontrée deux fois sur 162 mesures. Cette fréquence est inférieure à celle que laissent supposer la littérature et les principes de formation de l'image (tableau 2). Une mesure extrême de -0,6 mm a été observée. L'observation du cliché montre que cette dernière correspond certainement à un flou de bougé, lié à un mouvement ponctuel du patient au cours de l'exposition (Sewerin, 1983). Par conséquent, l'inadaptation de la forme de l'épaisseur utile d'un cliché panoramique avec celle de la crête osseuse est peu fréquente. La déformation qui en résulte est d'une incidence clinique réduite.

2 L'agrandissement est variable selon la région.

Ces résultats cliniques sont en désaccord avec l'étude sur fantôme de Tronje, et coll., (1985) qui met en évidence une constance de l'agrandissement du plan focal entre les secteurs incisif et molaire. Cependant Sanderinck (1987) estime que, au niveau du plan focal, l'agrandissement est légèrement plus élevé dans la région incisive que dans la région molaire. En prenant pour référence une hauteur de 16 mm, l'erreur est de 0,3 mm dans le secteur incisif, de 0,4 mm dans le secteur canin, et de 0,5 mm dans le secteur molaire. Cette augmentation de l'agrandissement selon les régions est cependant extrêmement réduite.

Il faut noter que la variabilité des mesures dimensionnelles fluctue peu selon les régions. Chacun des écartypes des agrandissements dans les secteurs molaire ($d = 2,1$) et incisif ($d = 1,7$) sont faibles. Dans la région antérieure, l'épaisseur utile étant particulièrement fine, toute l'attention de l'opérateur, aidé par les systèmes lumineux de positionnement de la tête, vise à superposer exactement l'épaisseur utile avec l'arcade dentaire. Dans le secteur postérieur, où l'épaisseur utile est la plus large et où les conséquences d'un centrage approximatif sont moins radicales, toutes les variations morphologiques individuelles s'expriment.

Discussion

1 The extreme error values are infrequent and of low clinical importance.

The extreme error values are probably the consequence of a difference between the patient's arch morphology and that of the useful thickness seen on the panoramic cliché. Indeed, according to the formation principles of the image (Langland et al., 1982), when the useful thickness and that of the arch do not coincide, the dimensional variations of the image are high.

These errors varying from - 0,6 to + 0,9 mm, are not of high quantitative importance. The extreme value of 0,9 mm was seen twice in 162 measures. This frequency is lower than that supposed in the literature and the formation principles of the image (table 2). One extreme measure of -0,6 mm was observed. The cliché observed shows that this probably corresponds to a movement blur due to the patient moving during the exposure (Sewerin, 1983). Consequently, the maladjustment of the shape of the useful thickness of a panoramic cliché with that of the osseous crest is infrequent. The resulting deformation is of a little clinical incidence.

2 The increase is variable according to the region.

These clinical results are in discordance with the Tronje, et al. phantom study (1985) of which points out the focal plan magnification consistency between the incisor and molar sectors. However Sanderinck (1987) estimates that, at the focal plan level, the magnification is slightly higher in the incisor region than in the molar region. By taking a 16 mm height as a reference, the error is 0,3 mm in the incisor sector, 0,4 mm in the canine sector, and 0,5 mm in the molar sector. This magnification increase is however extremely reduced depending on the different areas.

It is important to note that the variability of the dimensional measures fluctuates little according to the different regions. There are only small differences in each magnification in the molar sectors ($d = 2,1$) and incisor sectors ($d = 1,7$). Because the useful thickness in the anterior region is particularly thin, the operator's attention is aimed at exactly superimposing the useful thickness with the dental arch. This is done with the help of head lighting systems. In the posterior sector, where the useful thickness is at its widest and where the consequences of approximate centring are less radical, all the individual morphological variations are expressed.

Cette imprécision de positionnement ne se traduit pourtant que par une très faible diminution de la régularité de l'agrandissement. C'est dans le secteur canin que l'écart-type est le plus élevé ($d = 2,7$). Ce maximum de variabilité peut s'expliquer par le changement de centre de rotation de l'appareil panoramique à ce niveau.

3 L'imprécision dimensionnelle augmente à l'arcade maxillaire et avec la longueur de l'implant.

Cette différence d'agrandissement peut s'expliquer par la différence de résorption, centripète au maxillaire et centrifuge à la mandibule. Au maxillaire, la résorption de la table osseuse vestibulaire est plus marquée, la crête est déplacée en position linguale, la valeur de l'agrandissement est donc plus élevée.

Par ailleurs,

■ Pour un implant de 16 mm, l'erreur est de 0,5 mm ($d = 0,36$).

■ Pour un implant de 13 mm, l'erreur est de 0,4 mm ($d = 0,31$).

■ Pour un implant de 10 mm, elle est de 0,3 mm ($d = 0,24$).

Ce résultat n'est que l'expression du rapport d'agrandissement moyen exprimé en valeur absolue.

4 Inclinaison vestibulo-linguale des implants.

L'«effet de perspective» résultant de l'inclinaison vestibulo-linguale des implants est de faible conséquence clinique. Théoriquement, l'inclinaison vestibulo-linguale d'un implant a pour effet de diminuer la valeur de son agrandissement sur le cliché. Elle devrait se traduire par d'importantes variations dimensionnelles (Tronje et coll., 1985). Les implants incisifs mandibulaires sont généralement verticaux alors que les implants incisifs maxillaires présentent souvent une inclinaison vestibulo-linguale. L'agrandissement du groupe des incisives maxillaires devrait donc être plus faible que celui du groupe des incisives mandibulaires. Or, pour le groupe des incisives maxillaires, il est de 27,7 %, et seulement de 25,8 % pour celui des incisives mandibulaires. Cet écart entre les agrandissements est même plus élevé (1,9 %) que celui qui différencie les populations molaires maxillaires et molaires mandibulaires (1,2 %), où la résorption et l'inclinaison vestibulo-linguale des crêtes sont moins marquées. Il semble donc que la position plus linguale de la crête osseuse maxillaire joue un rôle considérablement plus important que son orientation vestibulo-linguale. Ces conclusions sont confirmées par Tronje (1981), qui estime d'après un modèle théorique que seules des inclinaisons vestibulo-linguales extrêmes affectent de façon significative la distorsion d'un objet incliné.

The lack of precision in the positioning shows however only a small decrease in the magnification regularity. The highest differences are in the canine region ($d = 2,7$). This variability maximum can be explained by the change in the rotation centre of the panoramic device at this level.

3 The lack of dimensional accuracy increases in the maxilla and according to the length the implant.

This magnification difference can be explained by the differences in resorption, centripetal in the maxilla and centrifugal in the mandible. In the maxilla, the vestibular bone resorption is more marked, the crest moves into a more lingual position. The magnification value is therefore the highest.

■ For a 16 mm implant, the error is 0,5 mm ($d = 0,36$).

■ For a 13 mm implant, the error is 0,4 mm ($d = 0,31$).

■ For a 10 mm implant it is 0,3 mm ($d = 0,24$).

The result is expressed as the average magnification report given in an absolute value.

4 Vestibulo-lingual implant inclination.

The "3-dimensional effect" resulting from the vestibulo-lingual implant inclination is of low clinical consequence. In theory, this type of inclination decreases the value of the magnification on the cliché. It should have large dimensional variations (Tronje et al., 1985). Mandibular incisor implants are often vertical while the maxillary incisor often incline vestibulo-lingually. The maxillary incisor group magnification should therefore be lower than that of the mandibular incisor group. However, on the contrary, for the maxillary incisor group it is 27,7 %, and only 25,8 % for that of the mandibular incisors. This divergence between the magnifications is even higher (1,9 %) than the one between the maxillary and mandibular molars (1,2 %). Here, vestibulo-lingual bone crest inclinations are even less marked. It therefore seems that the more lingual position of the maxilla bone crest plays a considerably more important role than its vestibulo-lingual orientation. These conclusions are confirmed by Tronje (1981), who considers according to a theoretical model that only extreme vestibulo-lingual inclinations significantly affect the distortion of an oblique object.

Tableau 4 - Distribution des implants flous selon la longueur.
Distribution of blur implants depending on length.

	I. de 16 mm	I. de 13 mm	I. de 8-10 mm
%	n = 23 33 %	n = 5 15 %	n = 1 7 %

Tableau 5 - Distribution des implants flous selon la région.
Distribution of blur implants depending on area.

	incisives	canines-premol.	molaires
%	n = 13 39 %	n = 8 23 %	n = 10 8 %

Effectif des implants flous dans chaque groupe, ainsi que le pourcentage auquel cet effectif correspond dans la population du groupe considéré.

Number of blur implants in each group as well as the corresponding percentage.

Sur les 39 % des implants incisifs flous, 27 % sont maxillaires et 12 % sont mandibulaires. Sur les quatre implants tubérositaires de la population globale, trois sont flous.

Out of the 39% of blur incisal implants, 27% are maxillar and 12% mandibular. Out of the 4 implants at the tuberosity, 3 appear blur.

5 Le flou.

Le flou est souvent le révélateur d'une inadapation de la forme de l'épaisseur utile à celle de la crête osseuse. L'effectif des implants apparaissant flous sur le cliché est réduit (31 implants sur 162). L'étude de la répartition des implants flous montre qu'ils se trouvent pour leur grande majorité dans les secteurs incisifs (en particulier incisif maxillaire) et tubérositaires (tableau 5). Ce flou concerne par ailleurs plus particulièrement les implants longs (surtout dans leur région apicale) (tableau 4). L'erreur moyenne des implants flous est de 0,4 mm. Elle est peu éloignée de celle de la population globale (0,3 mm). Il semble donc que le flou ne soit pas synonyme de variation dimensionnelle extrême, contredisant ainsi les conclusions de l'étude des principes théoriques de formation de l'image.

Par ailleurs, l'analyse intra-observateur montre que les imprécisions de lecture se rencontrent essentiellement dans la région incisive, où la proportion d'implants flous est la plus élevée. L'erreur de mesure des implants flous à l'intérieur de la population des quarante-quatre implants est de 0,4 mm, alors qu'elle n'est que de 0,2 mm pour la population totale. Il apparaît donc que, si les variations dimensionnelles de l'image d'un implant flou ne sont pas d'une importance considérable, elles sont cependant sujettes à une imprécision de lecture de près du double de celle de la population totale.

5 Blur.

A maladjustment between the shape of the useful thickness and the bone crest is often revealed by a blur. The amount of the implants appearing vague on the cliché is reduced (31 implants out of 162). The study of the distribution of the blurred implants shows that they are mainly in the incisor sectors (in particular for the maxillary incisors) and in the tuberosities (table 5). This blur mainly concerns long implants (especially in their apical region) (table 4). The mean error for blurred implants is 0,4 mm. This is very close to the global population (0,3 mm). It seems therefore that a blur is not synonymic of extreme dimensional variations hereby contradicting the conclusions of the study on the theoretical principles of image formation.

Also, the intra-observer analysis shows that the reading inaccuracies are essentially in the incisor sector. This is where there is the highest proportion of blurred implants. The measurement error for the 44 blurred implants is 0,4 mm, while it is only 0,2 mm for the total population. It seems that, if the dimensional variations of a blurred implant image are not of high consequence, they are however subject to a lack of precision reading double that of the total population.

6 Extrapolation des résultats de l'expérimentation.

- à l'ensemble des radiologues ainsi qu'à leurs appareils panoramiques.

Des études similaires devraient être réalisées avec plusieurs appareils de même type et de même marque afin de déterminer si cet agrandissement correspond à l'ensemble des OP 10 (Siemens) ou au simple appareil utilisé pour l'expérimentation. Il est probable que les résultats seront proches de ceux annoncés par le constructeur, même si chaque appareil présente un agrandissement moyen et un écart-type particulier en fonction des réglages effectués ainsi que des compétences de l'opérateur. Pour l'implantologiste, il peut être utile de connaître l'agrandissement propre au cabinet de radiologie avec lequel il collabore.

- à l'étude pré-implantaire.

Si la diversité des orientations vestibulo-linguales et des longueurs des implants est représentative de la variabilité clinique des crêtes osseuses, il n'est pas sûr qu'il soit possible d'extrapoler complètement ces résultats à des mesures de crête osseuse :

- le diamètre des implants est fixe et déterminé (dans notre étude de 3,75 mm). Les épaisseurs de crête sont variables et inconnues. Une variation de l'épaisseur dans notre étude de l'objet intervient sur la hauteur de l'image (Semam, 1985). Il est cependant peu probable que ces variations d'épaisseur de quelques millimètres provoquent une modification de hauteur d'une réelle incidence clinique.
- l'image des implants métalliques radio-opaques masque celle des structures osseuses des plans adjacents. Le fait que l'agrandissement (27,8 %) soit légèrement augmenté par rapport à ce qu'annonce le fabricant (25 %) incite à conclure que les implants se trouvent légèrement en dedans de l'épaisseur utile. Le dessin de l'épaisseur utile correspond en effet aux arcades dentaires, alors que la position des crêtes résiduelles avec les sites implantaires est souvent plus linguale, à la suite des phénomènes de résorption osseuse. Sans la présence de l'implant, les mesures de hauteur d'os seraient celles de la crête osseuse dans une position légèrement plus vestibulaire. Cette étude correspond donc à un agrandissement majoré, puisqu'elle ne considère que la région de la "crête osseuse implantable". Les déformations rencontrées dans cette expérience sont donc certainement supérieures à celles des hauteurs de crête osseuse sur clichés pré-implantaires. Il est ainsi remarquable que dans la région incisive mandibulaire, où la résorption osseuse vestibulaire est très réduite et où la crête est presque verticale, l'agrandissement moyen est de 25,8 %, très proche de la valeur annoncée par le constructeur.

6 Extrapolation of experimental results.

- for all radiologists as well as their panoramic devices.

Similar studies should be realized with several devices of the same type and the same brand to determine if this magnification corresponds to all the OP 10 (Siemens) or if it was only the device used for the experiment. It is likely that the results will be close to those given by the manufacturer, even if each device has an average magnification and special differences according to its fine tuning as well as the competence of each operator. For the implantologist, it may be useful to know the appropriate magnification of the radiologists with which he works.

- in the pre-implant examination.

If the various vestibulo-lingual orientations and the implants lengths are representative of the clinical variability in bone crests, it is not completely sure that it is possible to extrapolate these results into bone crest measures. Indeed:

- the implant diameters are fixed and definite (in our study 3,75 mm). The crests' thickness are variable and unknown. A thickness variation of the object intervenes on the height of the image (Sernam, 1985). It is however improbable that these thickness variations of a few millimetres provoke a modification in height that would be of real clinical incidence.
- the metal radio-opaque image of the implants masks that of the bone structures nearby. The fact that the magnification (27,8 %) is slightly higher than the one given by the manufacturer (25 %) incites us to conclude that the implants are slightly inside of the useful thickness. The drawing of the useful thickness corresponds to the dental arches, while the position of the residual crests with the implant sites is often more lingual. This follows the phenomena of osseous resorption. Without the presence of the implant, the bone height measurements would correspond to the bone crest but in a slightly more vestibular position. Our study corresponds so to an increased magnification, because only "implantable bone crest" area is considered. The deformations we had in this experiment are certainly higher than the bone height pre-implant clichés. We can so notice that the average magnification is 25,8 %, very close to the value announced by the manufacturer. This is in the incisor mandibular region, where the vestibular bone resorption is very reduced and where the crest is almost vertical.

Conclusion

Cette recherche semble montrer que, en implantologie, contrairement à une opinion répandue, les mesures verticales sur les clichés panoramiques, bien que dépendantes d'un grand nombre de variables cliniques, apparaissent fiables. Lorsque la correction du rapport d'agrandissement de l'appareil est faite (25 %), les imprécisions dimensionnelles verticales sont inférieures à 0,5 mm avec de rares valeurs extrêmes d'erreur à 0,9 mm. Les mesures effectuées sur les clichés panoramiques tendent à surévaluer les hauteurs osseuses disponibles. Cette imprécision demeure cependant minime et est même inférieure à celle du clinicien lorsqu'il effectue des mesures sur un cliché radiographique. De tels résultats ne peuvent toutefois être obtenus qu'avec des clichés de qualité constante et réalisés par un opérateur fiable (Evenot et coll., 1984; Mc Ivert, 1990).

Afin d'obtenir aisément les mesures réelles de hauteur d'os, il est parfaitement justifié de se reporter à une grille transparente, calibrée au rapport d'agrandissement de l'appareil. Sur cette grille, le dessin agrandi de différents implants est souvent imprimé. Le choix de la longueur de l'implant à insérer se fait alors par lecture directe. Lors de la première consultation d'implantologie, le cliché panoramique permet d'apprécier la topographie de l'ensemble de la bouche du patient et d'estimer valablement la hauteur d'os d'éventuels sites implantaires. A partir de ce cliché et en association avec un examen clinique attentif, la plupart des indications implantaires peuvent être posées. De plus, l'utilisation du cliché panoramique seul, permet de réduire considérablement les incidences économiques et la radioexposition liée aux analyses radiologiques.

Un examen scanner permettant une estimation vestibulo-linguale de l'épaisseur et de l'orientation de la crête osseuse peut paraître ensuite nécessaire pour préciser des contre-indications ou autoriser la pose de certains implants, notamment dans le cas de crêtes osseuses résiduelles fines, inclinées ou concaves. Dans le sens vertical, lorsque l'extrémité de l'implant risque d'être proche d'obstacles anatomiques (nerf dentaire, sinus), un examen scanner apporte une sécurité supplémentaire.



Conclusion

This research establishes that, in implantology, the vertical measures on the panoramic clichés, seem reliable although dependent on a large number of clinical variables. This is contrary to wide-spread opinion. When corrections are made for the magnification of the device (25 %), the vertical dimensional inaccuracies are lower than 0,5 mm with rare extreme error values of 0,9 mm. The measures made on panoramic clichés tend to overvalue the available bone height. This lack of precision however remains small and is less than the clinician's when he measures the radiographic clichés. Such results can only be obtained using constant quality clichés and with a reliable operator (Evenot et al., 1984; Mc Ivvert, 1990).

In order to obtain the real bone height measurements easily, one can refer to a transparent graph calibrated on the device magnification. On this graph, enlarged implants are often printed. The choice of the implant length is made by direct reading. During the first implant consultation, the panoramic cliché shows the topography of the whole of the patient's mouth and gives an estimation of the bone height for possible implant sites. From this cliché and in association with an attentive clinical examination, most implant indications can be seen. Furthermore, the use of panoramic clichés considerably reduces the economic incidences as well as the radio exposition connected to radiological analysis.

A dental scan allowing a vestibulo-lingual estimation of the thickness and orientation of the bone crest can then seem necessary to clarify the contraindications and authorize the placement of implants notably in the case of thin, oblique or concave residual bone crests. In the vertical dimension, when the implant extremities are at risk close to anatomical obstacles (dental nerve, sinus), a scan can bring added security.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les docteurs P.Y. Monnier et S. Moreaux, radiologues, qui ont supervisé la réalisation de tous les clichés panoramiques.

Demande de tirés à part :
Éric LECLERQ
7, Avenue d'Eylau 75116 PARIS



- AKESSON L.
Panoramic radiography in the assessment of marginal bone level. *Swed Dent J Suppl* 1991;**78**:121-129.
- ALBANDAR JM, ABBAS DK.
Radiographic quantification of alveolar bone level changes. Comparison of three currently used methods. *J Clin Periodontol* 1986;**13**:810-813.
- ALBANDAR JM, RISE J, GJERMO P, JOHANSEN JR.
Radiographic quantification of alveolar bone level changes. A 2-years longitudinal study in man. *J Clin Periodontol* 1986;**13**:195-200.
- BERT M, MISSIKA P.
Les Implants ostéointégrables. - Ed : CdP, Paris 1992.
- EVENOTM, BAYER B, SCHEPPE A.
Computer evaluation and limits of panoramic X-ray in forensic dentistry. - Bruxelles : *Int Ass Dent Res* 1984;25p.
- FARMAN AG, PHELPS R, DOWNS JB.
Problem solving for panoramic dental radiology (I) *Quintess Int*, 1983;**1**:11.
- KAIMENYI JT, ASHLEY P.
Assessment of bone loss in periodontic from panoramic radiographs. *J Clin Periodontol* 1988;**15**:170-174.
- KLINGE B, PETERSSON A, HALYP.
Location of the mandibular canal : Comparison of macroscopic findings, conventional radiography and computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1989;**4**:327-332.
- LANGLAND OE, LANGLAIS RP, MORRIS CR.
Principles and practice of Panoramic Radiology. -Ed : W.B. Saunders Co, Philadelphia 1982.
- LINDH C, PETERSSON A.
Radiologic examination for location of the mandibular canal. A comparison between panoramic radiography and conventional tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;**4**:249-253.
- Mc DAVID WD, TRONJE G, WELANDER U, MORRIS CR.
Dimensional reproduction in rotational panoramic radiography. *Oral Surg* 1985;**37**:55-60.
- Mc IVER FT.
Effects of head positioning upon width of mandibular tooth images on panoramic radiographs. *Oral Surg* 1973;**35**:698.
- MONNIER JP.
Pratiques des techniques de radiodiagnostic. Ed : Doin, Paris 1985
- PASQUET G, CAVEZIAN R. - Etudes radiographiques pré-implantaires : techniques et tendances actuelles. *Act Odonto Stomatol* 1987;**160**:777-782.
- PETRIKOWSKI CG, PHAROAH MJ, SCHMITTA.
Presurgical radiographic assessment for implants. *J Prosthet Dent* 1989;**61**:59-64.
- SANDERINCK GCH.
Imaging characteristics in rotational panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1987;**16**:7-21.
- SERNAM NJ.
Pitfalls of panoramic radiology in implant surgery. *Ann Dent* 1989;**48**:13-16.
- SEWERIN I.
Artifacts due to movement in rotational panoramic radiography. *Angle Orthodont* 1983;**53**:165-171.
- SOIKKONEN K.
Clinical and panoramic assessment of marginal bone loss. A cadavre study. *Proc Finn Den Soc* 1990; **86**:137-141.
- STONER JE.
An investigation into the accuracy of measurements made on radiographs of the alveolar crest of dried mandibles. *J Periodontol* 1972;**43**:699-701.
- SUOMI JD, PLUMBO J, BARBANO JP.
A comparative study of radiographs and pocket measurements in periodontal disease evaluation. *J Periodontol* 1968;**39**:311-315.
- TALN, MOSES O.
A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 1991;**20**:40-42.
- TRONJE G.
Image distortion in panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1982;suppl 3.
- TRONJE G, ELLIASON S, JULIN P, WELANDER U.
Image distortion in rotational panoramic radiography I : Vertical distances. *Acta Radiol Diagn* 1981;**22**:449-456.
- TRONJE G, WELANDER U, Mc DAVID WD, MORRIS CR.
Image distortion in rotational panoramic radiography. Inclined objects. *Acta Radiol Diagn* 1981;**22**:585-591.
- TRONJE G, WELANDER U, Mc DAVID WD.
Imaging characteristics of seven panoramic X-ray units. Horizontal and vertical magnification. *Dentomaxillofac Radiol* 1985;**14**:29-34.
- TRONJE G, WELANDER U, Mc DAVID WD.
Imaging characteristics of seven panoramic X-ray units. Inclined objects. *Dentomaxillofac Radiol* 1985;**14**:45-50.
- VAN WAAS MAJ.
Ridge resorption in denture wearers after vestibuloplasty and lowering of the floor of the mouth, measured on panoramic radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 1983;**12**:115-121.
- WELANDER U.
A mathematical model of narrow beam rotation methods. *Acta Radiol Diagn* 1974;**15**:305.
- WILDING RJ, LEVIN I, PEPPER R.
The use of panoramic radiographs to measure alveolar bone areas. *J Oral Rehab* 1987;**14**:557-567.