

# La forme d'arcade selon la philosophie Tweed-Merrifield : individualisation et essai de standardisation

E. W. AMM, J. P. BOU-SERHAL

**RÉSUMÉ** – La revue de la littérature révèle que les changements de la forme initiale de l'arcade dentaire au cours des traitements orthodontiques entraînent une quantité proportionnelle de récurrence et qu'il existe une grande variation inter-individuelle. On est toujours à la recherche de la forme idéale de cette arcade. Plusieurs auteurs ont présenté différentes techniques d'individualisation.

Un nouveau logiciel (Arch Form Generator) pour générer la forme d'arcade selon la philosophie Tweed-Merrifield, a été décrit. La forme et la dimension de 169 arcades mandibulaires ont été étudiées en fonction de la classification d'Angle et de la typologie faciale. De plus, la fiabilité de la charte pentamorphe de Ricketts a été mise en question et une nouvelle charte guide a été développée dans une tentative de standardisation.

Les cas de classe III présentent une arcade plus large et une profondeur canine plus petite que celles de classes I et II.

Les cas de type hypodivergent présentent une arcade plus large que celles de type normodivergent et hyperdivergent.

Il n'y a pas une forme caractéristique de la forme d'arcade.

**ABSTRACT** – A literature review reveals that changes from the initial arch form lead to a proportionate amount of subsequent relapse and that there is great variation among human arch forms. A persistent search for the ideal arch form is still going on. Many authors presented different techniques for its individualization. A new software (Arch form generator) was developed to create the arch form following the Tweed-Merrifield concepts. The form and dimensions of 169 mandibular arches were evaluated along with Angle classification and facial type as variables. The reliability of the Ricketts pentamorphic arch forms was questioned and a new arch guide was developed as part of a trial for standardization.

The Class III cases showed greater width and smaller cuspid depth when compared to the Class I and Class II cases.

The hypodivergent cases showed greater width when compared to the hyperdivergent and normodivergent cases.

There is no characteristic form for the human dental arch.

**MOTS CLÉS** – Forme d'arcade / Récurrence / Individualisation / Standardisation.

**KEYWORDS** – Arch form / Relapse / Individualization / Standardization.

## 1. Introduction

Dans le temps, la forme d'arcade était adaptée à chaque cas avec une configuration approchée, mais une forme typique était habituellement réalisée en accord avec la forme que le praticien avait pour habitude de préférer<sup>24</sup>.

La revue de la littérature montre que la forme d'arcade a été discutée à travers les publications dentaires et orthodontiques pendant plus d'un siècle<sup>21</sup>. Trois thèmes contradictoires dominent les différentes recherches et observations cliniques :

- 1 – une recherche continue de la forme idéale de l'arcade dentaire humaine,
- 2 – les changements de la forme initiale de l'arcade dentaire entraînent une quantité proportionnelle de récédive,
- 3 – l'importance de la grande variation inter-individuelle de la forme d'arcade.

Selon la Fondation Tweed, le respect des limites de la denture est primordial pour aboutir à une occlusion fonctionnelle et stable. Dans le sens sagittal, la position des dents antérieures est représentée par le triangle diagnostique de Tweed ; alors que dans la dimension transversale, les dents se trouvent dans une position d'équilibre neuromusculaire représentée par la position initiale des dents, qu'il faut à tout prix respecter. Pour cette raison, la construction de la charte de la forme d'arcade (FIG. 1) se fait par reproduction des différents diamètres transversaux, de sorte que l'arc orthodontique formé à partir de cette charte respecte les diamètres initiaux, sans aucune expansion; Une contraction est tolérable et considérée comme une sorte de surcorrection<sup>7</sup>.

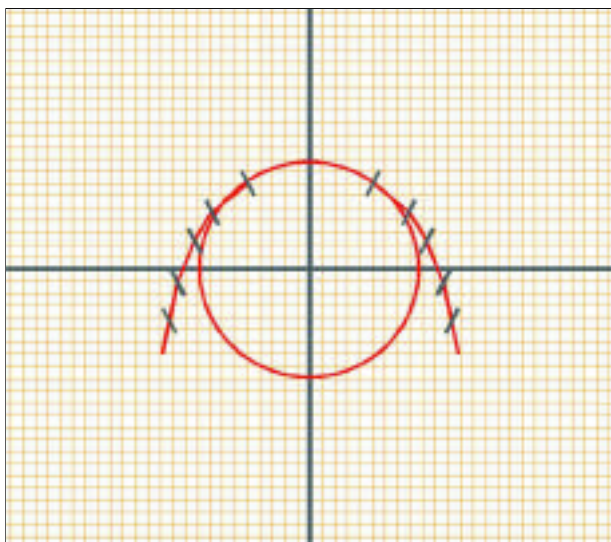


Figure 1  
Construction de Tweed-Merrifield.

À l'exception de la «*cubic spline*»<sup>\* 8,1,2</sup>, toutes les formes<sup>3,11,14,15,17,18,21,23-25,27,28</sup> citées jusqu'à présent supposent une extrapolation de la position de certaines dents.

Avec la construction de Tweed-Merrifield, une reproduction exacte de la position des dents sur l'arcade est considérée comme étant comparable à la *cubic spline* mais présentant une forme symétrique, ce qui permet de corriger les asymétries. Pour la zone antérieure, on a adopté un arc de cercle ayant pour diamètre la distance entre les deuxièmes prémolaires. De par sa grande dimension, ce diamètre donne une forme antérieure relativement aplatie. L'aplatissement antérieur garantit la stabilité. Ainsi, la construction de la forme d'arcade selon l'école de Tweed-Merrifield ne suit pas une forme géométrique particulière (sauf pour la partie antérieure), mais plutôt une reproduction de la position initiale des dents tout en respectant la symétrie.

Le concept d'individualisation de la forme d'arcade pour chaque patient reste d'une rigueur absolue, et une standardisation représentative reste une nécessité pratique que tous les orthodontistes désirent, conscients qu'ils sont du problème de la récédive.

Devant la grande variabilité inter-individuelle<sup>20</sup> et l'importance du respect de la forme d'arcade<sup>22</sup>, la nécessité d'individualisation de cette arcade en forme et en taille s'impose.

En pratique quotidienne, tout praticien cherche à gagner sur le temps et à standardiser sa pratique. L'individualisation de la forme d'arcade reste une étape laborieuse et consommatrice de temps : on voit souvent les praticiens utiliser des arcs préformés.

Pour Ricketts, en 1978<sup>16</sup>, parallèlement aux méthodes diagnostiques actuelles et aux plans de traitement de plus en plus exigeants, il est nécessaire d'avoir pour la confection des arcs une méthode qui soit à la fois rigoureuse, rapide et pratique. Les arcs préformés sur le marché sont rapides et pratiques, mais sont-ils aussi rigoureux que l'individualisation ? Peut-on standardiser la forme et la taille de l'arcade dentaire, tout en respectant l'individualité de chaque cas ?

Dans la présente étude, on va décrire un nouveau logiciel pour l'individualisation de la forme d'arcade selon la philosophie Tweed-Merrifield

\* *spline* : courbe lissée. La *cubic spline* est réalisée par l'ordinateur. On choisit sur le moulage des points de référence sur toutes les dents, appelés noeuds de la courbe. Une équation polynomique est réalisée entre les noeuds consécutifs deux à deux, puis la courbe totale est lissée.

(logiciel personnalisé : Arch Form Generator, ou AFG), et étudier la forme et les mensurations de 169 arcades mandibulaires et l'influence éventuelle de la classification d'Angle ainsi que celle de la typologie faciale, afin d'aboutir à une standardisation aussi représentative que possible. De plus, la fiabilité de la charte pentamorphique de Ricketts a été testée.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Échantillon

169 modèles en plâtre ont été choisis parmi les patients du département d'orthodontie à la Faculté de Médecine Dentaire à l'Université Saint-Joseph de Beyrouth et ceci, selon les critères suivants :

- l'arcade *cible* est l'arcade mandibulaire avant traitement ;
- la denture permanente est complète de la deuxième molaire permanente d'un côté à l'autre ;
- l'encombrement antérieur est inférieur ou égal à 3 mm ;
- il n'y a pas d'encombrement moyen ;
- il n'y a pas de dents ectopiques ;
- il n'y a pas d'asymétrie détectable visuellement ;
- la courbe de Spee est aplatie, à modérée.

Les modèles ont été groupés une fois selon la classification d'Angle, et une autre fois, selon la typologie faciale.

Ainsi, on a eu :

- 50 modèles en classe I,
- 89 modèles en classe II,
- 30 modèles en classe III,

et :

- 66 modèles de type normodivergent ( $22^\circ < \text{FMA} < 28^\circ$ ),
- 65 modèles de type hypodivergent ( $\text{FMA} < 22^\circ$ ),
- 38 modèles de type hyperdivergent ( $28^\circ < \text{FMA}$ ).

### 2.2. Évaluation des modèles

Pour une meilleure précision<sup>9,23,29</sup>, on a marqué avec un crayon automatique 0.5 HB, les points et les lignes de référence anatomiques et reproductibles suivants (FIG. 2) :

- le bord libre des 4 incisives, de la face mésiale à la face distale jusqu'au point de contact quand la forme des incisives le permet (FIG. 2) ;

- la pointe canine, localisée à l'intersection de deux lignes : le bord libre et la ligne joignant le milieu du cingulum à la ligne de brillance sur la face vestibulaire ;

- le milieu de la face vestibulaire de la deuxième prémolaire localisé à l'intersection de 2 lignes : ligne joignant la pointe de la cuspidé vestibulaire au milieu du collet gingival de la face vestibulaire et une ligne horizontale dessinée avec une jauge de type Boone avec une pointe en mine (ORMCO 801) à la hauteur de l'emplacement du boîtier. Ce point correspond au centre du boîtier de la deuxième prémolaire inférieure (sans tenir compte de l'épaisseur de la base du boîtier) ;

- le point qui correspond à l'entrée du boîtier de la première molaire, soit le milieu de la cuspidé mésio-vestibulaire de la première molaire inférieure ;

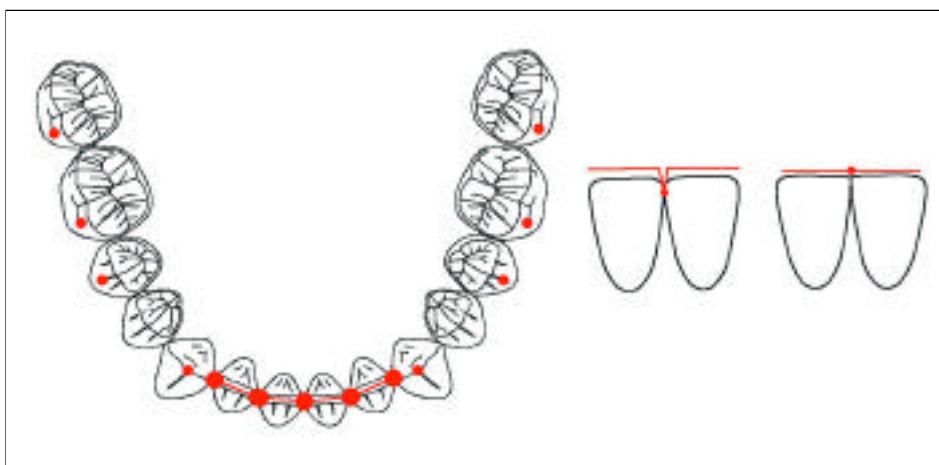


Figure 2  
Points et lignes de référence.

– le point qui correspond à l'entrée du boîtier de la deuxième molaire, soit le milieu de la cuspide mésio-vestibulaire de la deuxième molaire inférieure.

Pour les dents abrasées, une estimation de la pointe cuspidienne a été faite<sup>9</sup>. Donc, sur chaque modèle, quatre lignes et huit points de référence ont été marqués.

Ensuite, on a assimilé pour chaque modèle une forme d'arcade selon la charte de Ricketts (*Pentamorphic arches*, référence RMO i-509, 1985).

### 2.3. La prise des photographies (FIG. 3)

Chaque arcade inférieure a été photographiée à l'aide d'un appareil numérique (Sony DSC-770) muni d'un flash annulaire.

L'appareil photographique a été fixé sur un support (Kaiser-RS3-Germany) à une hauteur constante de 65 cm.

Pour une meilleure stabilité du système durant la prise des photographies, un déclencheur sans fil (*cordless remote control*) a été utilisé.

Chaque arcade inférieure a été photographiée, avec une règle millimétrée positionnée au niveau du plan d'occlusion à la hauteur des molaires et ceci, pour diminuer le risque d'agrandissement et de parallaxe (FIG. 4).



Figure 3  
Le matériel

Les photos ont été introduites sur l'ordinateur (IBM compatible, windows 98) avec les propriétés suivantes :

- Format : JPEG,
- Couleurs : True color,
- Hauteur x Largeur : 640 x 480,
- Résolution : 200 ppi.

### 2.4. L'arch form generator

Pour effectuer les mesures de l'arcade dentaire, un logiciel personnalisé (AFG) a été développé avec le langage *Visual Basic 6 SP5* (*Microsoft Corporation*). La base de donnée est sous *Access 2000* (*Microsoft Corporation*).

Ce logiciel donne pour chaque modèle une forme d'arcade individuelle selon les critères actuels adoptés par la Fondation Tweed.

### 2.5. La digitalisation des points de référence

Une fois la photo de l'arcade inférieure chargée sur l'écran, la première étape est de fixer l'échelle ; 2 points de référence sur la règle sont choisis, ensuite la distance correspondante est marquée.

La courbure antérieure est constituée par un cercle ayant comme diamètre la distance entre les

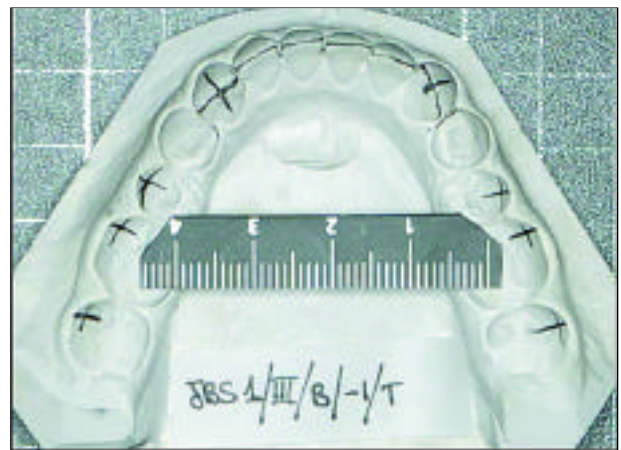


Figure 4  
Arcade mandibulaire  
et règlette en place.

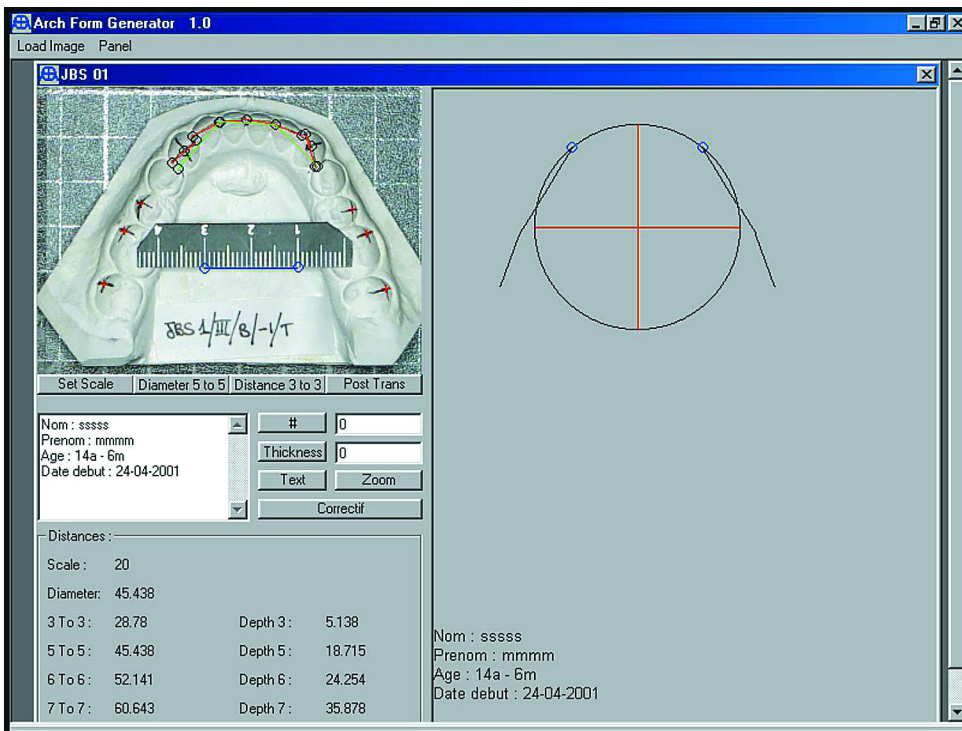


Figure 5  
Vue générale de la fenêtre une fois la forme d'arcade générée.

deuxièmes prémolaires. On marque avec le curseur les points de référence sur la face vestibulaire des deuxièmes prémolaires.

La distance inter-canine est constituée par la somme des diamètres mésio-distaux des quatre incisives ajoutée à la distance de la pointe canine jusqu'à la face mésiale de celle-ci.

De la même manière qu'on a marqué le diamètre du cercle, on marque les distances deuxièmes prémolaires, premières molaires et deuxièmes molaires.

Puisque les points de référence antérieurs ont été choisis sur le bord libre (pour une meilleure reproduction et une meilleure visualisation sur l'écran) et non pas sur la face vestibulaire, une option supplémentaire a été développée afin de remédier à ce problème en ajoutant 2 mm au diamètre du cercle, les canines vont suivre proportionnellement.

De cette manière, le logiciel va générer une forme d'arcade individuelle pour chaque modèle, selon les critères de la Fondation Tweed (FIG. 5).

## 2.6. Options supplémentaires

En plus de la forme d'arcade, le logiciel nous donne un tableau des mesures transversales et sagittales de chaque forme d'arcade.

Pour une meilleure utilisation pratique de ce logiciel, on a développé les fonctions suivantes :

- agrandissement de la photo pour une meilleure visualisation des points de référence ;

- calcul de la dysharmonie dento-maxillaire ;
- grille graduée en millimètre et réglable selon les besoins ;
- épaisseur réglable des lignes ;
- possibilité d'impression ;
- case pour écrire des notes particulières (nom et prénom du patient, âge, date...).

## 2.7. Variables étudiées (FIG. 6)

Quatre distances transversales et quatre distances sagittales ont été étudiées pour chaque arcade dentaire :

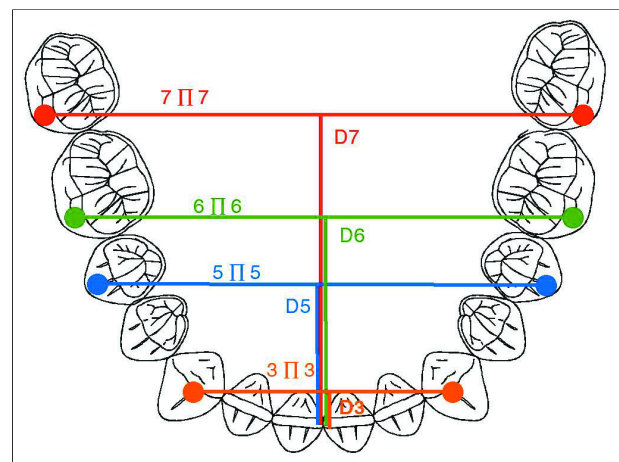


Figure 6  
Les paramètres de la forme d'arcade.

- la distance inter-canine (3/3) : distance entre les pointes canines des côtés droit et gauche ;
- la distance inter-deuxième prémolaire (5/5) : distance entre les faces vestibulaires des deuxièmes prémolaires des côtés droit et gauche, au niveau de l'emplacement du boîtier ;
- la distance inter-première molaire (6/6) : distance entre les faces vestibulaires des cuspides mésio-vestibulaires des premières molaires droite et gauche, au niveau de l'entrée du boîtier ;
- la distance inter-deuxième molaire (7/7) : distance entre les faces vestibulaires des cuspides mésio-vestibulaires des deuxièmes molaires droite et gauche, au niveau de l'entrée du tube ;
- la profondeur canine (D3) : la distance entre le point inter-incisif et la ligne inter-canine ;
- profondeur deuxième prémolaire (D5) : la distance entre le point inter-incisif et la ligne inter-deuxième prémolaire ;
- profondeur première molaire (D6) : la distance entre le point inter-incisif et la ligne inter-première molaire ;
- profondeur deuxième molaire (D7) : la distance entre le point inter-incisif et la ligne inter-deuxième molaire.

## 2.8. Essai de standardisation

Dans une tentative de standardisation de la forme d'arcade, on a groupé toutes les formes d'arcade en s'inspirant du concept de forme d'arcade segmentée de Robnett<sup>26</sup>.

Trois paramètres ont été choisis dans un intervalle de 3 mm (1,5 mm de chaque côté) :

- la distance inter-deuxième prémolaire pour la courbure antérieure ;
- la distance inter-canine ;
- le segment molaire constitué par la distance

inter-première molaire et la distance inter-deuxième molaire.

## 2.9. Tests statistiques

On a testé les 8 variables quantitatives suivantes :

- les profondeurs de l'arcade en mm, au niveau de différents points (D3-D5-D6-D7),
- la largeur de l'arcade en mm au niveau de différents points (3/3, 5/5, 6/6, 7/7).

On a étudié l'influence éventuelle respective de deux facteurs, sur les 8 variables définies ci-dessus. Ces 2 facteurs sont :

- la classification d'Angle,
- la typologie faciale.

Par le test de Lilliefors, on a vérifié la normalité des 8 variables. Par le test de Bartlett, on a vérifié l'égalité des variances.

La normalité des variables et l'égalité des variances sont deux conditions indispensables pour l'application de l'analyse de variance (ANOVA).

Dans les cas où l'on a obtenu une différence significative dans l'ensemble des groupes, on a effectué la comparaison deux à deux. Pour ceci, on a utilisé les tests de la loi de Student et de la loi normale.

Dans toute l'étude statistique, on a adopté un risque  $\alpha$  de 0,05.

## 3. Résultats

Les résultats des mesures des 8 variables dans l'échantillon figurent dans le tableau I.

### 3.1. Les distances transversales

Les résultats sont rapportés dans les tableaux II à IX.

	Dimensions	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
transversales	3 → 3	27.42	1.38	23.29	31.58
	5 → 5	44.87	2.19	39.75	50.8
	6 → 6	49.83	2.58	42.89	57.22
	7 → 7	55.36	2.77	49.16	62.7
sagittales	D3	4.7	0.46	3.09	5.96
	D5	17.2	1.87	12.24	21.5
	D6	23.64	2	18.96	28.85
	D7	34.71	2.36	28.98	41.04

Tableau I  
Dimensions (en mm) de l'arcade mandibulaire de tout l'échantillon (n = 169).

3 → 3	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	27.37	1.38	24.13	31.58
Classe II	89	27.55	1.29	23.7	31.1
Classe III	30	27.19	1.63	23.29	31.47

Tableau II  
Distance inter-canine 3 → 3 (en mm) selon la classification d'Angle.

5 → 5	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	44.71	1.84	41.15	48.96
Classe II	89	44.6	2.1	39.75	49.83
Classe III	30	45.96	2.64	40.64	50.8

Tableau III  
Distance inter-deuxième prémolaire 5 → 5 (en mm) selon la classification d'Angle.

6 → 6	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	49.31	2.18	44.71	54.02
Classe II	89	49.6	2.47	42.89	55.82
Classe III	30	51.36	3.03	45.86	57.22

Tableau IV  
Distance inter-première molaire 6 → 6 (en mm) selon la classification d'Angle.

7 → 7	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	54.89	2.5	49.79	61.52
Classe II	89	55.12	2.73	49.16	62.7
Classe III	30	56.93	2.9	49.91	61.41

Tableau V  
Distance inter-deuxième molaire 7 → 7 (en mm) selon la classification d'Angle.

3 → 3	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	27.37	1.23	23.29	30.04
Hypodivergent	65	27.69	1.53	23.7	31.58
Hyperdivergent	38	27.07	1.3	24.13	29.87

Tableau VI  
Distance inter-canine 3 → 3 (en mm) selon la typologie faciale.

5 → 5	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	44.71	1.82	39.75	48.47
Hypodivergent	65	45.33	2.34	40.85	50.2
Hyperdivergent	38	44.41	2.4	40.64	50.8

Tableau VII  
Distance inter-deuxième prémolaire 5 → 5 (en mm) selon la typologie faciale.

6 → 6	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	49.54	2.27	42.89	55.05
Hypodivergent	65	50.48	2.74	44.45	57.22
Hyperdivergent	38	49.19	2.6	44.71	54.92

Tableau VIII  
Distance inter-première molaire 6 → 6 (en mm) selon la typologie faciale.

7 → 7	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	54.96	2.38	49.16	62.7
Hypodivergent	65	56.26	2.96	50.76	62.45
Hyperdivergent	38	54.27	2.72	49.79	58.96

Tableau IX  
Distance inter-deuxième molaire 7 → 7 (en mm) selon la typologie faciale.

– La distance inter-canine (3/3) varie dans un intervalle de 10 mm.

– La distance inter-canine (3/3) ne varie pas avec la classification d'Angle.

– Le groupe de classe III présente des distances inter-deuxième prémolaire, première molaire et deuxième molaire (5/5 ; 6/6 ; 7/7) statistiquement plus grandes que celles des groupes de classe I et de classe II.

– La distance inter-deuxième prémolaire (5/5) ne varie pas avec la typologie faciale.

– Le groupe de type hypodivergent présente des distances inter-canines, premières molaires et deuxièmes molaires (3/3 ; 6/6 ; 7/7) statistiquement plus grandes que celles des groupes normodivergent et hyperdivergent.

### 3.2. Les distances sagittales

Les résultats figurent dans les tableaux X à XVII.

– Le groupe de classe III présente une profondeur canine (D3) statistiquement plus petite que celle des groupes de classe I et de classe II.

– On n'a pas trouvé une différence statistiquement significative entre la profondeur canine (D3) du groupe de classe I et celle du groupe de classe II ; pourtant celle du groupe de classe II est légèrement plus grande.

– La profondeur canine (D3) ne varie pas avec la typologie faciale.

– Les autres profondeurs (D5-D6-D7) ne varient ni avec la classification d'Angle, ni avec la typologie faciale.



D3	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	4.69	0.46	3.67	5.96
Classe II	89	4.77	0.42	3.75	5.95
Classe III	30	4.48	0.54	3.09	5.61

Tableau X  
Profondeur canine D3 (en mm) selon la classification d'Angle.

D5	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	17.22	1.79	13.19	21.07
Classe II	89	17.41	1.87	12.24	21.5
Classe III	30	16.54	1.9	13.35	20.63

Tableau XI  
Profondeur deuxième prémolaire D5 (en mm) selon la classification d'Angle.

D6	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	23.71	2.02	19.24	28.85
Classe II	89	23.82	1.97	19.29	28.29
Classe III	30	22.97	1.98	18.96	28.39

Tableau XII  
Profondeur première molaire D6 (en mm) selon la classification d'Angle.

D7	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Classe I	50	34.76	2.43	29.05	41.04
Classe II	89	34.87	2.35	28.98	39.81
Classe III	30	34.14	2.26	30.32	40.9

Tableau XIII  
Profondeur deuxième molaire D7 (en mm) selon la classification d'Angle.

D3	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	4.69	0.44	3.09	5.73
Hypodivergent	65	4.73	0.49	3.63	5.96
Hyperdivergent	38	4.65	0.46	3.67	5.57

Tableau XIV  
Profondeur canine D3 (en mm) selon la typologie faciale.

D5	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	17.15	1.74	13.37	21.37
Hypodivergent	65	17.35	2.05	12.24	21.5
Hyperdivergent	38	17	1.78	13.19	20.44

Tableau XV  
Profondeur deuxième prémolaire D5 (en mm) selon la typologie faciale.

D6	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	23.61	1.8	19.36	27.69
Hypodivergent	65	23.78	2.24	18.96	28.85
Hyperdivergent	38	23.44	1.93	19.24	28.09

Tableau XVI  
Profondeur première molaire D6 (en mm) selon la typologie faciale.

D7	n	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale
Normodivergent	66	34.67	2.01	30.19	39.03
Hypodivergent	65	34.98	2.68	29.06	41.04
Hyperdivergent	38	34.3	2.35	28.98	39.81

Tableau XVII  
Profondeur deuxième molaire D7 (en mm) selon la typologie faciale.

	n	Normal		Tapered		Ovoid		Narrow tapered		Narrow ovoid	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Classe I	50	5	10	5	10	0	1	27	54	13	26
Classe II	89	14	16	9	10	1	1	50	56	15	17
Classe III	30	8	27	7	23	4	13	5	17	6	20

Tableau XVIII  
Distribution des formes pentamorphiques de Ricketts selon la classification d'Angle.

	n	Normal		Tapered		Ovoid		Narrow tapered		Narrow ovoid	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Normodivergent	66	16	24	7	11	0	0	37	56	6	9
Hypodivergent	65	4	6	9	14	5	7.5	29	44.5	18	28
Hyperdivergent	38	7	18.5	5	13	0	0	16	42	10	26.5

Tableau XIX  
Distribution des formes pentamorphiques de Ricketts selon la typologie faciale.

Forme	Dimension	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale	Intervalle
Normal (n = 27)	3 → 3	27.16	1.52	23.29	29.43	6.14
	5 → 5	46.63	1.63	44.25	50.8	6.55
	6 → 6	52	1.52	49.31	54.92	5.61
	7 → 7	56.86	1.44	53.28	58.77	5.49
Tapered (n = 21)	3 → 3	27.92	1.22	26.03	31.47	5.44
	5 → 5	46.54	1.69	42.56	49.83	7.27
	6 → 6	52.31	1.84	48.87	55.38	6.51
	7 → 7	58.42	2.69	53.18	62.70	9.52
Ovoid (n = 5)	3 → 3	27.35	1.34	25.06	28.32	3.26
	5 → 5	48.29	0.94	46.86	49.35	2.49
	6 → 6	55.08	1.41	53.99	57.22	3.23
	7 → 7	60.48	1.6	58.06	62.45	4.39
Narrow tapered (n = 82)	3 → 3	27.34	1.25	24.48	31.1	6.62
	5 → 5	43.76	1.68	39.75	47.09	7.34
	6 → 6	48.36	1.81	42.89	51.87	8.98
	7 → 7	53.88	1.9	49.16	57.41	8.25
Narrow ovoid (n = 34)	3 → 3	27.57	1.63	23.7	31.58	7.88
	5 → 5	44.62	2.05	40.83	48.96	8.13
	6 → 6	49.31	2.11	44.71	54.02	9.31
	7 → 7	55.17	2.61	49.79	59.72	9.93

Tableau XX  
Dimensions transversales (en mm) de l'arcade mandibulaire selon les formes pentamorphiques de Ricketts.

Forme	Dimension	$\bar{X}$	$\sigma$	Valeur minimale	Valeur maximale	Intervalle
Normal (n = 27)	D3	4.39	0.48	3.09	5.14	2.05
	D5	16.19	1.95	13.19	20.44	7.25
	D6	22.85	2.1	19.24	27.69	8.45
	D7	34.03	2.51	28.98	39.03	10.05
Tapered (n = 21)	D3	4.63	0.38	3.89	5.61	1.72
	D5	17.22	1.38	15.11	20.63	5.52
	D6	23.58	1.59	21.64	28.39	6.75
	D7	34.91	2.12	31.6	40.9	9.3
Ovoid (n = 5)	D3	4.22	0.35	3.63	4.56	0.93
	D5	14.97	1.95	13.35	18.27	4.92
	D6	21.17	2.03	18.96	23.74	4.78
	D7	32.28	2.09	30.32	35.4	5.08
Narrow tapered (n = 82)	D3	4.81	0.42	3.74	5.95	2.21
	D5	17.66	1.64	13.68	21.39	7.71
	D6	24.05	1.72	19.68	28.29	8.61
	D7	34.96	2.09	30.46	39.81	9.35
Narrow ovoid (n = 34)	D3	4.78	0.48	3.67	5.96	2.29
	D5	17.19	2.11	12.24	21.5	9.26
	D6	23.67	2.39	19.29	28.85	9.56
	D7	34.87	2.83	29.06	41.04	11.98

Tableau XXI  
Dimensions sagittales (en mm) de l'arcade mandibulaire selon les formes pentamorphiques de Ricketts.

Selon la charte pentamorphique de Ricketts, on a eu :

- 27 cas de forme normale, soit 16 % ;
- 21 cas de forme ogivale («tapered»), soit 12,5 % ;
- 5 cas de forme («ovoid»), soit 3 % ;
- 82 cas de forme ogivale étroite («narrow tapered»), soit 48,5 % ;
- 34 cas de forme ovoïde étroite («narrow ovoid»), soit 20 %.

On a fait de plus une correspondance des mêmes chartes de Ricketts avec chaque groupe de la classification d'Angle et de la typologie faciale ; les résultats figurent dans les tableaux XVIII et XIX.

Les cas de forme ovoïde correspondent aux cas de classe III et/ou de type hypodivergent ; pourtant, on a trouvé un cas ovoïde de classe II.

Toutes les autres formes peuvent être rencontrées dans les différentes classes d'Angle et les types faciaux, avec une prédominance de la forme ogivale étroite («narrow tapered»), à l'exception du groupe de classe III dont la prédominance est pour la forme normale.

Pour chaque groupe, selon la charte pentamorphique de Ricketts, on a mesuré les 8 variables déjà définies (D3, D5, D6, D7, 3/3, 5/5, 6/6, 7/7). Les résultats figurent dans les tableaux XX et XXI.

### 3.3. Essai de standardisation

Dans une tentative de standardisation représentative de l'échantillon, on a groupé les formes d'arcades, tout d'abord selon les distances inter-deuxièmes prémolaires :

- petite (small) : 41-42-43 mm,
- moyenne (medium) : 44-45-46 mm,
- grande (large) : 47-48-49 mm.

Ensuite, selon les distances inter-canines :

- petite (small) 1 : 24-25-26 mm,
- petite (small) 2 : 27-28-29 mm,
- moyenne (medium) 1 : 25-26-27 mm,
- moyenne (medium) 2 : 28-29-30 mm,
- grande (large) 1 : 23-24-25 mm,
- grande (large) 2 : 26-27-28 mm,
- grande (large) 3 : 29-30-31 mm.

Enfin, pour chaque forme, trois segments molaires sont choisis, selon les distances inter-premières et inter-deuxièmes molaires :

- le plus petit est représenté en vert,
- le moyen est représenté en rouge,
- le plus grand est représenté en bleu.

La jonction entre le segment molaire et le segment prémolaire est un angle obtus afin de visualiser l'angle formé entre ces 2 segments (FIG. 7). Une autre charte a été développée avec une jonction courbe, pour avoir une forme d'arcade plus «lissée» (FIG. 8).

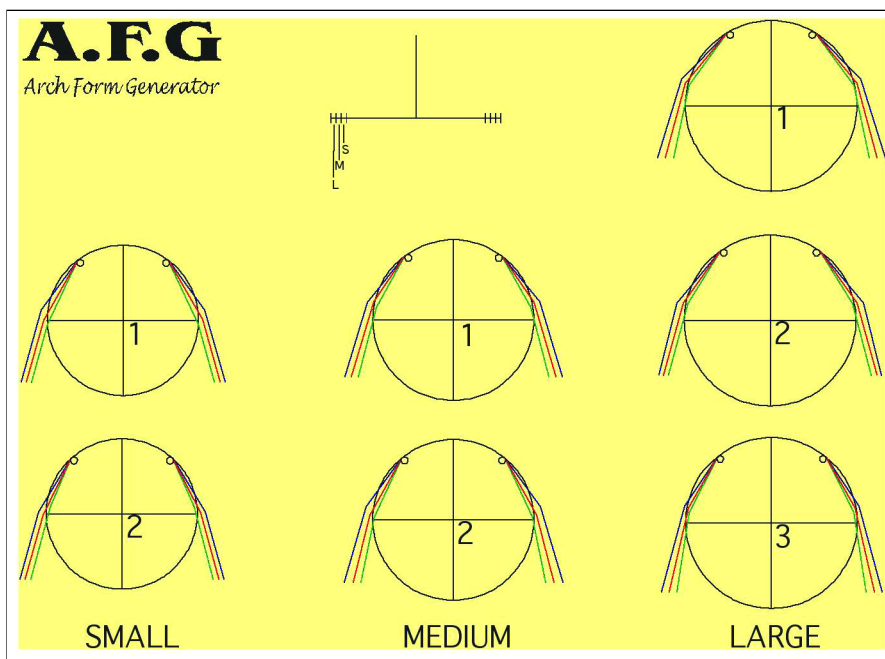


Figure 7

Essai de standardisation avec une jonction angulaire entre le segment prémolaire et le segment molaire.

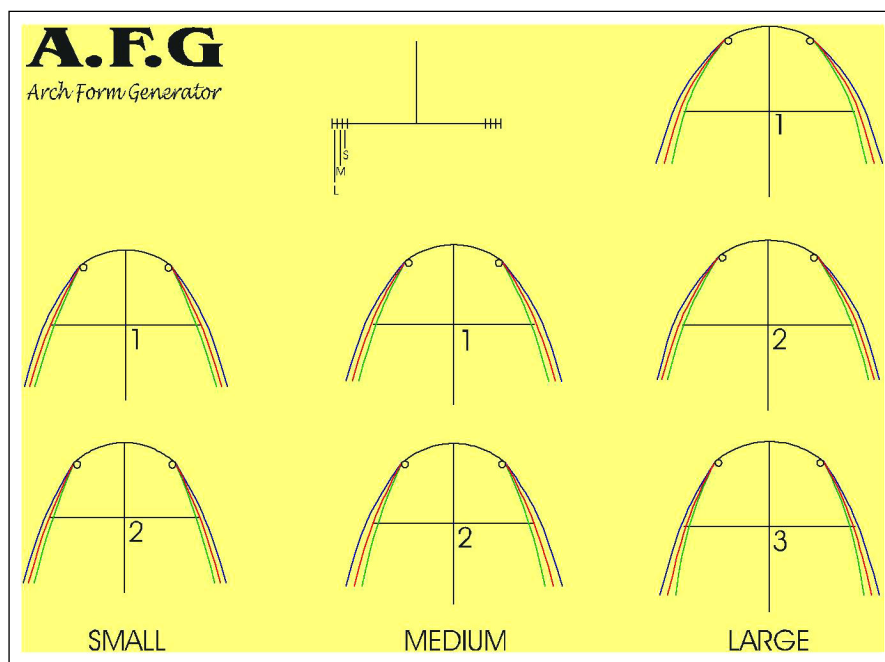


Figure 8

Essai de standardisation avec une jonction courbe entre le segment prémolaire et le segment molaire.

La distance inter-canine est représentée par deux cercles, qui correspondent à l'emplacement de la pointe canine, jonction entre la courbure antérieure et le segment prémolaire.

#### 4. Discussion

Dans la plupart des études similaires à la nôtre<sup>8,9,12,19,23,26</sup>, les auteurs ont utilisé pour l'évaluation des moulages un appareil de photocopie, ou un scanner à plat. De La Cruz et al.<sup>9</sup> en 1995, bien avant l'évolution des appareils photométriques, ont utilisé la photocopieuse pour digitaliser les photos des moulages, mais ils ont souhaité l'utilisation d'une méthode photographique pour diminuer l'effet de distorsion. Avec un appareil photographique, la distance focale est beaucoup plus grande qu'avec la photocopieuse ou le scanner à plat, de même que la distance objet-lentille, ce qui permet de diminuer la distorsion, et d'améliorer la reproductibilité et la validité des données.

Pour mieux respecter toutes les dimensions transversales de la forme d'arcade, on a choisi des points de référence sur toutes les dents (3/3, 5/5, 6/6, 7/7), sauf au niveau de la première prémolaire parce que nous pensons avec Robnett 1980<sup>26</sup>, ainsi que Burris et Harris 2000<sup>6</sup>, que le segment prémolaire est approximativement une ligne droite. De

plus, dans 50 à 60 %<sup>18</sup> des cas (où on envisage des extractions de prémolaire), ce segment est constitué par deux dents (la canine et la première prémolaire ou bien la canine et la deuxième prémolaire).

Notre échantillon est formé d'arcades mandibulaires nécessitant un traitement orthodontique ; nous croyons que cet échantillon représente une population de patients qui se présentent au cabinet orthodontique. L'étude aurait été plus généralisée si on avait pu disposer d'un groupe supplémentaire d'arcades avec une occlusion normale (groupe témoin).

Les moyennes des huit variables étudiées dans tout notre échantillon sont comparables à celles des études de Raberin et al. en 1993<sup>23</sup>, Felton et al. en 1987<sup>10</sup>, ainsi que Davis et BeGole en 1998<sup>8</sup>. Les différences, lorsqu'elles sont significatives, sont dues à l'emplacement des points de référence, choisis avant la digitalisation. Au niveau des prémolaires et molaires, nous avons choisi comme points de référence l'emplacement des boîtiers, alors que d'autres ont choisi la pointe de la cuspidé mésio-vestibulaire.

Braun et al. en 1998<sup>4</sup>, ont mené une étude comparative de la forme d'arcade en fonction de la classification d'Angle. Il y a eu une différence significative entre les valeurs de Braun et les nôtres pour toutes les classes étudiées. Pourtant,

les résultats statistiques sont similaires. Cela est probablement dû au choix des points de référence et à la différence entre les effectifs des échantillons : ils ont étudié 15 cas de classe I, 16 cas de classe II et 9 cas de classe III. Une étude supplémentaire est nécessaire pour la comparaison entre les différentes recherches, nous nous sommes contentés d'une constatation directe.

Le groupe de classe III présente une profondeur canine plus petite que celle des cas de classes I et II. Les autres profondeurs (D5-D6-D7) sont aussi plus petites, mais d'une différence non significative statistiquement. Cela est dû à la différence entre la profondeur canine et les autres profondeurs qui sont plus grandes, de telle sorte qu'un même écart significatif au niveau canin, ne l'est pas au niveau molaire.

La diminution de la profondeur de l'arcade associée à la classe III, peut être reliée à une augmentation de la pression labiale au niveau incisif, et il n'est pas rare de voir des incisives inférieures linguoversées chez les patients de classe III.

À partir de la région prémolaire, les cas de classe III sont plus larges que ceux de classe I et de classe II. Une explication possible de l'augmentation de la largeur d'arcade chez les cas de classe III est la suivante. Les unités dentaires ont une somme de leurs diamètres mésio-distaux, spécifique tout au long de l'arcade, alors quand la profondeur de l'arcade diminue, trois cas de figure se présentent :

- augmentation de la courbe de Spee (très rare chez les cas de classe III) ;
- dents ectopiques, évoluant en dehors de l'arcade ;
- augmentation de la largeur de l'arcade.

Mais cela peut être un raisonnement biaisé car les arcades, présentant des dents ectopiques, ont été exclues de l'étude.

Une autre explication possible est la réadaptation de la langue face à la diminution de la profondeur de l'arcade, qui se manifeste par une augmentation latérale de la pression linguale.

De même, le groupe de classe II présente une profondeur canine légèrement plus grande que celle du groupe de classe I. Cela peut être dû aux phénomènes de compensation naturelle, et il n'est pas rare de voir des incisives vestibulo-versées associées aux patients présentant une classe II.

À l'exception de la distance inter-deuxième prémolaire (5/5), le groupe de type hypodivergent présente des arcades plus larges que celles des groupes normo- ou hyperdivergent. Étant donné que tous les cas de notre échantillon présentent une fermeture de la divergence de l'arcade au

niveau molaire (schématisée par l'angle formé entre les segments prémolaires et molaires), une augmentation de la largeur en avant et en arrière de la deuxième prémolaire donne un aspect de forme d'arcade carrée chez les cas de type hypodivergent. Cette constatation rappelle la forme elliptico-parabolique de Genone<sup>11</sup>.

La largeur de l'arcade chez les cas de type hyperdivergent est plus petite comparée à celle des autres groupes, mais la différence n'est pas statistiquement significative. Probablement, ceci est dû à l'échantillon choisi : on a eu dans l'échantillon des cas d'hypodivergence plus sévère que les cas d'hyperdivergence.

La distribution selon la charte pentamorphique de Ricketts en fonction de la classification d'Angle et en fonction de la typologie faciale figure dans les tableaux XVIII et XIX.

Ces résultats indiquent qu'il n'y a pas une forme d'arcade caractéristique pour chaque groupe, résultats qui confirment ceux de Felton en 1987<sup>10</sup> qui a comparé des groupes de classe I et de classe II.

Cependant, on remarque une prédominance de la forme ogivale étroite dans les cas de classe I et une absence de la forme ovoïde.

De même dans les cas de classe II, on note la prédominance de la forme ogivale étroite («narrow tapered»), alors que pour le groupe de classe III, ce sont les formes normale («normal») et ogivale («tapered») qui prédominent. Pourtant on doit souligner que la plupart des formes «ovoid» se trouvent dans ce groupe (classe III) et que ces trois formes sont les plus larges dans la zone postérieure.

Par ailleurs, la forme «narrow tapered» prédomine dans les trois types faciaux, cependant, on ne trouve pas de forme «ovoid» ni dans les cas hyperdivergents ni dans les cas normodivergents. Les arcades les plus larges («ovoid») se trouvent uniquement dans le groupe de type hypodivergent, résultat qui confirme les tests statistiques des mesures des huit variables étudiées.

Quand tout l'échantillon fut classé selon la charte pentamorphique de Ricketts, on a obtenu :

- 16 % «normal»,
- 12,5 % «tapered»,
- 3 % «ovoid»,
- 48,5 % «narrow tapered»,
- 20 % «narrow ovoid».

Cependant, Ricketts lui-même avait obtenu<sup>24</sup> :

- 57 % «normal»,
- 15 % «tapered»,
- 25 % «ovoid»,

- 10 % «narrow tapered»,
  - 12,5 % «narrow ovoid»,
- alors que Hansen et al. en 1997<sup>13</sup> avaient obtenu :
- 12,9 % «normal»,
  - 9,7 % «tapered»,
  - 54,8 % «ovoid»,
  - 22,6 % «narrow tapered»,
  - 0 % «narrow ovoid».
- Felton et al. en 1987<sup>10</sup> avaient obtenu :
- 13 % «normal»,
  - 0 % «tapered»,
  - 0 % «ovoid»,
  - 3 % «narrow tapered»,
  - 0 % «narrow ovoid».

Il est à noter que Felton et al. ont étudié d'autres formes d'arcades que celles de Ricketts, qui sont les suivantes : Brader (*American Orthodontics*), Pararchform (*Ormco*), Bonwill-Hawley (*Hawley, 1905*), Varisimplex (*Ormco*), Tru arch («A» Company).

Cette variation, dans les différents résultats, est probablement due à :

- la différence dans les effectifs de chaque étude : Ricketts a étudié 40 cas, Felton et al. 30 cas et Hansen et al. 94 cas ;

- la subjectivité dans la correspondance de chaque arcade à une forme de la charte de Ricketts ;

- la population étudiée (facteur ethnique, occlusion normale...) ;

- la présence de deux chartes pentamorphiques : une datée en 1979 et une autre en 1985. Celle de 1979 présente des formes d'arcades plus petites, de telle sorte que la forme «normal» de 1979 est plus proche de la forme «narrow tapered» de 1985.

En comparant directement les mesures des quatre variables transversales évaluées dans cette étude, et pour chaque forme d'arcade de la charte pentamorphique de Ricketts, on remarque la grande variabilité de chaque mesure. Si toutes les arcades étudiées correspondaient fortement à toutes les formes de la charte de Ricketts, les variations auraient été beaucoup plus petites (FIG. 9) : ceci met en question la fiabilité de cette charte, et implique la nécessité d'avoir différentes tailles pour chaque forme. De plus, chaque arcade qui ne correspond à aucune de ces cinq formes a été assimilée à celle qui s'en rapprochait le plus. Ce problème a été rencontré surtout avec les «narrow tapered» et «narrow ovoid» (présentant la

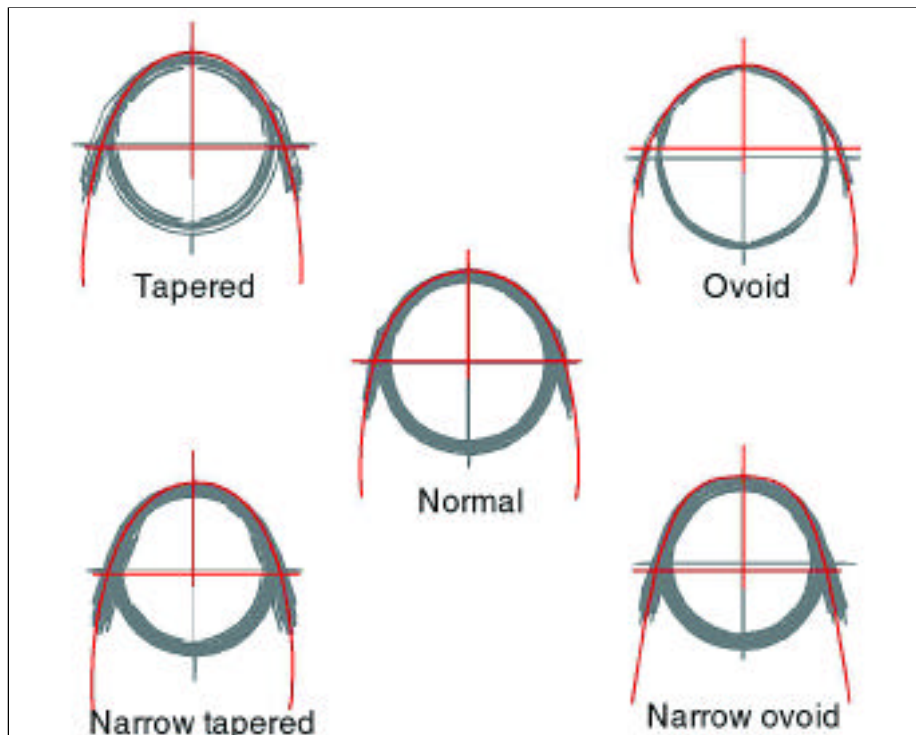


Figure 9

Superposition avec les différentes formes d'arcades pentamorphiques de Ricketts.

plus grande variabilité des mesures), ce qui explique en partie la prédominance de ces deux formes dans notre échantillon, et ce qui indique le besoin d'avoir des formes d'arcades encore plus diversifiées. Notre échantillon est constitué de formes d'arcades à prédominance étroite, comme celui de Raberin et al. en 1993<sup>23</sup>, choisi parmi une population française.

On note que la plus petite variabilité se trouve dans les formes ovoïdes, cela peut être dû au petit nombre de forme ovoïde trouvé dans notre échantillon. De plus, avec la charte de Ricketts, on a remarqué que la meilleure correspondance s'est faite avec cette même forme.

White en 1978<sup>30</sup>, a comparé la fiabilité de différents systèmes de standardisation sur 24 individus avec une occlusion «idéale».

– La forme standard de Bonwill-Hawley présente une forte correspondance dans 8 % des cas.

– Les formes de Brader présentent une forte correspondance dans 12 % des cas.

– La courbe caténaire présente une forte correspondance dans 27 % des cas.

– La «*Rocky Mountain data computer derived arch design*» basée sur les distances inter-canine, inter-molaire et sur la profondeur de l'arcade, présente une forte correspondance dans 8 % des cas seulement.

Felton et al. en 1987<sup>10</sup>, ont étudié la fiabilité de 17 arcs préformés, les plus utilisés sur le marché. Ils ont trouvé qu'aucun de ces 17 arcs préformés ne correspondait à toutes les formes d'arcades dans leur échantillon, et qu'une individualisation est toujours nécessaire pour obtenir une stabilité optimale.

De même Braun et al. en 1999<sup>5</sup> ont évalué la forme de certains arcs préformés en nickel titane et ont trouvé que tous ces arcs sont plus larges que la forme d'arcade correspondante.

La forme de Brader n'a pas été évaluée dans notre étude ; le résultat d'une telle évaluation est prévisible, puisque la charte de Brader consiste en une seule forme d'arcade mais de tailles différentes.

Bennett et Mc Laughlin en 1999<sup>21</sup>, trouvent que la distance inter-canine varie dans un intervalle de 6 mm, ce qui leur permet d'utiliser seulement trois formes d'arcade pour tous les cas. On a trouvé que la distance inter-canine varie dans un intervalle de 10 mm.

Tout ceci montre qu'il n'existe pas un système de standardisation suffisamment représentatif et que l'utilisation d'arcs préformés (surtout les arcs en NiTi) est dangereux au risque d'une expansion et par la suite d'une récurrence.

Donc la nécessité d'individualisation s'impose.

La méthode de «*cubic spline*» paraît être la meilleure représentation graphique de la forme d'arcade, mais est-elle la meilleure pour la fabrication des arcs orthodontiques ?

La construction de la forme d'arcade selon la technique Tweed-Merrifield nous paraît la meilleure pour construire les arcs orthodontiques. De par sa symétrie, elle respecte les dimensions de l'arcade de telle sorte qu'on reste toujours dans les limites de la denture.

Le dilemme reste la courbure antérieure. Cette courbure a été décrite comme une ellipse, une parabole, une ellipse trifocale, une courbe caténaire, une fonction polynômique... Chaque auteur peut évidemment démontrer pourquoi sa description est la meilleure.

À la Fondation Tweed, on a adopté l'arc d'un cercle pour représenter la courbure antérieure et ceci pour des raisons de simplicité, de reproductibilité et de stabilité.

Notre tentative de standardisation présente différentes formes et différentes tailles d'arcades ; elle nous paraît représentative, facile et rapide.

## 5. Mode d'emploi de la nouvelle charte

La charte est imprimée sur une plaque transparente.

– Avec la réglette spéciale, on évalue tout d'abord la distance entre les deuxièmes prémolaires. Trois possibilités se présentent : small, medium, ou large (FIG. 10).

– Ensuite, on évalue la distance inter-canine dans la catégorie choisie. Il existe deux possibilités pour les tailles small et medium (small 1 ou small 2 - medium 1 ou medium 2) et trois pour la taille large (large 1 ou large 2 ou large 3) (FIG. 11).

– Enfin, on évalue le segment molaire. Trois possibilités existent pour chaque forme : bleu, rouge ou vert (FIG. 12).

La forme finale choisie respecte la courbure antérieure, la distance inter-canine, la distance inter-prémolaire et la distance inter-molaire.

Elle sera notée sur le dossier du patient afin de l'utiliser tout au long du traitement.

Exemple : La notation peut être du type :

S1B : Small-1-Bleu.

M2V : Medium-2-Vert.

L3R : Large-3-Rouge.

Au total, on a 21 arcades différentes confondues entre forme et taille.



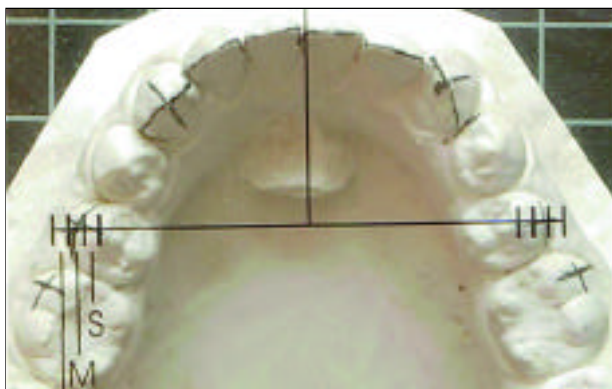


Figure 10

Détermination de la distance inter-deuxième prémolaire.



Figure 11

Détermination de la distance inter-canine.

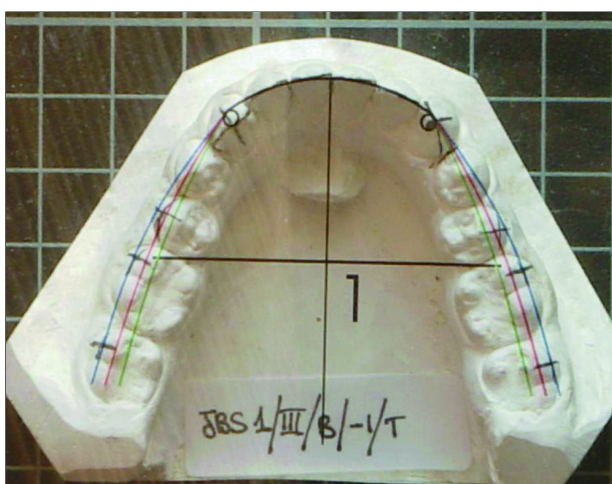


Figure 12

Choix de la forme d'arcade correspondante.

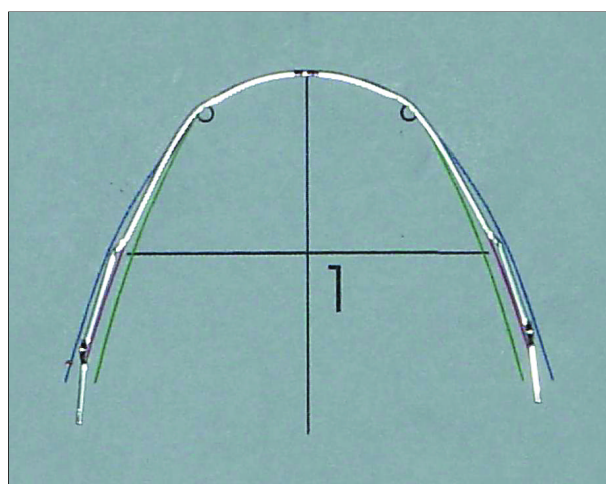


Figure 13

Arc mandibulaire sur la forme d'arcade correspondante.

L'arc mandibulaire est confectionné sur la charte (FIG. 13), l'arc maxillaire sera coordonné avec celui-ci.

Le *toe-in* au niveau de la deuxième molaire n'est pas illustré dans la charte, car cette information est modulable avec les étapes de traitement.

## 6. Conclusions

Pendant plus d'un siècle, la forme d'arcade a été explorée, étudiée, et analysée à la recherche d'un modèle idéal reproductible et standardisé. La littérature, bien que chargée de controverses, a révélé les vérités suivantes :

– l'expansion mandibulaire est récidivante et le respect des dimensions de l'arcade est de rigueur ;

– le meilleur guide reste la position initiale de la denture mandibulaire pour la fabrication des arcs orthodontiques ;

– aucun système de standardisation n'a jusqu'à présent prouvé une fiabilité supérieure aux autres.

Dans la présente étude, on a continué cette quête à la recherche de la forme «idéale» tout en essayant de l'analyser en fonction de deux facteurs, la classe d'Angle et la typologie faciale. Ainsi, on est parvenu aux résultats suivants :

– les cas de classe III présentent une profondeur canine plus petite que les cas de classe I et de classe II ;

– les cas de classe II présentent une profondeur plus grande ;

– les cas de classe III et ceux de type hypodivergent sont plus larges que les autres ;

– il n'existe pas un modèle caractéristique de forme d'arcade pouvant s'adapter, tout en respectant les règles de stabilité, à tous les cas.

De plus, la fiabilité de la charte pentamorphique de Ricketts a été remise en question. En vue d'établir la forme d'arcade, un nouveau logiciel, l'«Arch Form Generator» a été développé, afin de la générer en se basant sur les concepts adoptés par la philosophie Tweed-Merrifield. Labouissement de cette recherche fut la mise au point d'une charte de forme d'arcade standardisée.

Remerciements : cet article est dédié à R. Garcia, en reconnaissance pour son aide inestimable fournie dans la mise en place du Diplôme d'Études Supérieures en Orthodontie (DES) dans la notre Faculté.

## Bibliographie

1. BeGole EA, Fox DL, Sadowsky C. Analysis of change in arch form with premolar expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:307-15.
2. BeGole EA, Lyew RC. A new method for analyzing changes in dental arch form. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;113(4):3394-401.
3. Brader AC. Dental arch form related with intraoral forces:  $PR=C$ . *Am J Orthod* 1972;61(6):541-61.
4. Braun S, Hnat WP, Fonder DE, Legan HL. The form of the human dental arch. *Angle Orthod* 1998;68(1):29-36.
5. Braun S, Hnat WP, Leschinsky R, Legan HL. An evaluation of the shape of some popular nickel titanium alloy preformed arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:1-12.
6. Burris BG, Harris EF. Maxillary arch size and shape in American blacks and whites. *Angle Orthod* 2000;70(4):297-302.
7. Castro M. Modification morphométrique et dimensionnelle de l'arcade sur cas traités et non traités. *Orthod Fr* 1984;55:621-38.
8. Davis LM, BeGole EA. Evaluation of orthodontic relapse using the cubic spline function. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:300-6.
9. De La Cruz A, Sampson P, Little RM, Artun J, Shapiro PA. Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:518-30.
10. Felton JM, Sinclair PM, Jones DL, Alexander RG. A computerized analysis of the shape and stability of mandibular arch form. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987;92:478-83.
11. Genone BG. Arch form related to face: Structure and function of the human dental arch, a biostructural analysis related to clinical orthodontics. *Journal of the Charles Tweed International Foundation*, 1981;9:39-53.
12. Germane N, Lindauer SJ, Rubenstein LK, Revere JH, Isaacson RJ. Increase in arch perimeter due to orthodontic expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:421-7.
13. Hansen GK, Caruso JM, West V, et al. The rotation of the maxillary first molars, mandibular first molars, and maxillary premolars in acceptable occlusions. *Aust Orthod J* 1997;14(4):242-6.
14. Hawley CA. Determination of the normal arch, and its application to orthodontia. *Dent Cosmos* 1905;47:541-52.
15. Interlandi S. New method for establishing arch form. *J Clin Orthod* 1978;12(12):843-5.
16. Joseph M. De la forme de l'arcade: Introduction - Généralités. *Orthod Fr* 1987;58:13-27.
17. Joseph M. Morphologie des arcades dentaires. *Orthod Fr* 1987;58:169-202.
18. Joseph M. Relations entre la forme d'arcade et le traitement orthodontique. *Orthod Fr* 1987;58:203-52.
19. Lee RT. Arch width and form: A review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:305-13.
20. Loreille JP. L'évolution de la forme de l'arcade. *Orthod Fr* 1987;58:29-52.
21. Mc Laughlin RP, Bennett JC. Arch form considerations for stability and esthetics. *Rev Esp Orthod* 1999;29(suppl.2):46-63.
22. Merrifield LL. Dimensions of the denture: back to basics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:535-42.
23. Raberin M, Laumon B, Martin JL, Brunner F. Dimensions of form of dental arches in subjects with normal occlusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:67-72.
24. Ricketts RM. Design of arch form and details for bracket placement. Rocky Mountain, 1979.
25. Ricketts RM. Differences between straight wire techniques and bioprogressive philosophy. Scottsdale (Arizona): American Institute for Bioprogressive Education, 1996.
26. Robnett JH. Segment concept in arch pattern design. *Am J Orthod* 1980;77(4):355-67.
27. Scott JH. The shape of the dental arches. *J Dent Res* 1957;36(6):996-1003.
28. Vielfaure G. La charte de Brader et ses applications. *Rev Orthop Dento Faciale* 1982;16:181-206.
29. Visessakasanti V. An easy method of checking arch-form and canine width. *J Clin Orthod* 1998;32(10):608-10.
30. White LW. Individualized ideal arches. *J Clin Orthod* 1978;12(11):779-87.