



# Incidences de la fatigue clinique sur les propriétés mécaniques et physico-chimiques des attachements en polyamide utilisés en PACSI

S. RADI  
P. DUBOT  
E. VENNAT  
N. ROUBIER  
J.-C. BEYAERT  
F. CHAMIEH  
O. FROMENTIN

**RÉSUMÉ** La stabilisation de prothèses complètes mandibulaires par un système d'attachement implanto-porté améliore grandement le bien-être psychologique et social des patients édentés complets. Néanmoins, le vieillissement mécanique et chimique des parties rétentes en polymère de certains systèmes d'attachement impacterait la rétention du dispositif. Le but de cette étude rétrospective est d'étudier les variations des forces de rétention ainsi que des propriétés mécaniques et chimiques des pièces en polyamide d'attachements ayant été utilisés cliniquement pendant une durée moyenne de 21 mois.

**MOTS CLÉS :** • prothèse complète • attachements cylindriques • usure • force de rétention • propriétés mécaniques

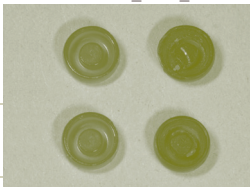
**SUMMARY** *Impact of clinical wear on the mechanical and physicochemical properties of polyamid attachments for implant overdenture*

*Stabilizing complete overdenture with implant attachment systems leads to an improvement in the patients' psychological and social well-being. However, mechanical and chemical wear of polymer retention parts of cylindrical attachments could be involved in reduced retention properties. The aim of this retrospective study was to assess chemical and mechanical properties of polyamid attachment parts after an average of 21 months of clinical wear.*

**KEYWORDS :** • overdenture • prefabricated attachments • retention force • mechanical properties • wear

La prothèse amovible complète supra-implantaire (PACSI) est une option de traitement fiable et prédictible pour les patients atteints d'un édentement complet mandibulaire<sup>[1]</sup>. La mise en place d'attachements implanto-portés augmente la stabilité des prothèses et améliore la mastication, le confort et la satisfaction des patients<sup>[2, 3]</sup>.

Néanmoins, l'usure fonctionnelle constatée lors du port de ce type de prothèse entraîne une modification des composants du système d'attachement pouvant impacter les capacités de rétention de la prothèse. La maintenance des pièces prothétiques est indispensable à la conservation du confort et de la satisfaction des patients dans le temps<sup>[4-7]</sup>.



**Incidences de la fatigue clinique sur les propriétés mécaniques et physico-chimiques des attachements en polyamide utilisés en PACSI – S. RADI, P. DUBOT, E. VENNAT, N. ROUBIER, J.-C. BEYAERT, F. CHAMIEH, O. FROMENTIN**

Parmi les différents systèmes, l'attachement cylindrique Locator® est composé d'une matrice en titane nitruré et d'une patrice en polyamide (Nylon, DuPont Zytel 101L NC-10).

Les modifications physico-chimiques et mécaniques de cette patrice en polymère liées au vieillissement clinique contribuent à l'usure et à la perte de rétention.

Le but de cette étude rétrospective est d'évaluer l'impact du vieillissement des patrices en polyamide sur la force de rétention de l'attachement ainsi que sur les propriétés mécaniques et chimiques de ces composants, après une période moyenne d'usage clinique de 21 mois.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

Cette étude rétrospective menée au sein d'une structure de pratique privée (JCB) a reçu l'approbation de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) pour l'utilisation de données personnelles (agrément n° 1549699).

### MATÉRIEL

Parmi les patients édentés complets traités dans ce cabinet, un échantillon de 16 personnes a été sélectionné rétrospectivement. Ces patients ont bénéficié d'un traitement à la mandibule par une prothèse amovible complète stabilisée sur implants. Après ostéo-intégration, des attachements cylindriques Locator® (Zest Anchors) ont permis la connexion des prothèses amovibles aux implants. Ce système d'attachement offre la possibilité de moduler la rétention de la prothèse grâce à différentes patrices en Nylon, identifiées par un code couleur. Dans cette étude, seules des patrices bleues, dont la rétention

est la plus faible (6,6 N, données du fabricant) ont été étudiées.

Les critères de sélection des attachements sont les suivants:

- attachements mis en place sur 2 implants (TSV, Zimmer Dental) interforaminaux;
- patrices en Nylon de couleur bleue n'ayant pas été changées depuis la pose de la prothèse;
- prothèse amovible complète antagoniste;
- patients déjà porteurs d'une prothèse amovible complète.

Afin d'évaluer l'impact du vieillissement des pièces en polymère du groupe test, un groupe contrôle était composé des mêmes types d'attachements neufs, sortis de l'emballage.

### VARIABLES MESURÉES ET EXPÉRIMENTATION

Avant la dépose des attachements, les patients inclus ont été invités à compléter un questionnaire de satisfaction à 3 items à l'aide d'une échelle visuelle analogique (TABLEAU 1). Un score important reflète la satisfaction des patients.

Afin de procéder aux évaluations *in vitro*, les attachements déposés (patrices et matrices correspondantes) ont été nettoyés séparément pendant 3 minutes dans des bains ultrasoniques d'eau distillée. Puis chaque échantillon a été séché pendant 10 minutes à température ambiante, identifié puis stocké dans des tubes en plastique individuels.

### Force de rétention

La force de rétention a été analysée en enregistrant la force axiale maximale obtenue lors du désassemblage provoqué entre la patrice et la matrice correspondante à l'aide d'une machine de traction verticale

**TABLEAU 1 / Satisfaction des patients avant remplacement des attachements usés.**

Item*	Moyenne (mm)	Écart type	Écart mini-maxi	Médiane
1. Êtes-vous satisfait de la tenue de votre prothèse mandibulaire ?	26,1	21,7	2-62	20
2. Trouvez-vous que votre prothèse bouge facilement quand vous mastiquez ?	26,5	24,7	1-81	19
3. Décrochez-vous facilement votre prothèse inférieure avec votre langue ?	24,3	28,0	1-84	14

\* EVA de 100 mm. Item 1 : de pas du tout satisfait à extrêmement satisfait ; item 2 et 3 : de toujours à jamais.

universelle (JJ Lloyd R, Lloyd Instruments), équipée d'une cellule de traction de 50 N. Les enregistrements des forces de rétention du groupe test ( $n = 32$ ) et contrôle ( $n = 15$ ) ont été réalisés dans les mêmes conditions de laboratoire (vitesse de traction: 50 mm/min) et répétés 10 fois pour chaque échantillon.

### Usure liée à la fatigue mécanique

L'usure mécanique a été définie par la perte de matériel d'une surface causée par une action mécanique seule ou une combinaison d'actions mécaniques et chimiques [8]. Elle a été étudiée en comparant la masse, la dureté et le module d'élasticité entre les pièces neuves et les pièces usées cliniquement.

La masse des patrices des groupes test et contrôle a été mesurée à l'aide d'une balance de précision (Sartorius 1712, Sartorius GmbH). Cette mesure a été répétée 5 fois pour chaque échantillon.

Le module d'élasticité et la microdureté ont été évalués sur 10 échantillons tests et 5 contrôles, à l'aide d'un nano-indenteur (MTS Nano Indenter XP, Nano Instruments Inc.). La méthode de nano-indentation repose sur l'hypothèse que la déformation élastique puis plastique entraînée par la contrainte de charge est immédiatement réversible après arrêt de la contrainte uniquement dans sa composante élastique. C'est dans l'analyse de cette dernière qu'il est possible de déterminer le module d'élasticité et la microdureté du matériau testé. Une charge maximale de 20 mN pendant 30 secondes a été utilisée et 50 mesures ont été effectuées sur chacun des échantillons testés.

Les comparaisons statistiques des séries de données concernant la masse, la force de rétention, le module d'élasticité et la microdureté ont été réalisées grâce à une analyse non paramétrique (test de Mann-Whitney avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ ).

### Usure liée à la fatigue chimique

Les modifications chimiques de la surface des attachements en polyamide ont été analysées par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF). Des lames de  $1 \times 1$  mm ont été réalisées au niveau de la partie centrale des patrices neuves

et usées en polymère puis analysées à l'aide d'un spectromètre (ThermoNicolet) avec un spectre variant de  $4\ 000$  à  $650\text{ cm}^{-1}$ .

## RÉSULTATS

Un total de 16 patients avec 32 attachements a été inclus dans l'étude. La durée moyenne de port des prothèses est de 21 mois (extrêmes: 18-26 mois). Pour le groupe test, 32 attachements cylindriques (patrices et matrices) ont été démontés pour être étudiés. Le groupe contrôle était composé de 15 échantillons neufs (patrices et matrices) du même type d'attachement.

Avant dépose des attachements usés, le niveau de satisfaction moyen en rapport avec la rétention des prothèses est inférieur à 30 sur une échelle visuelle analogique de 100 mm (TABLEAU 1).

Pour tous les échantillons, l'observation visuelle des pièces montre une décoloration considérable ainsi qu'une déformation évidente (FIG. 1).

Les tests statistiques montrent que la masse moyenne et la force de rétention des attachements usés cliniquement sont significativement différentes de celles des pièces neuves ( $p < 0,001$ ). La diminution de la masse des patrices usées était de l'ordre de 14% par rapport à celle du groupe contrôle (TABLEAU 2). La force de rétention moyenne des pièces usées en polyamide, testées dans un environnement sec et à la

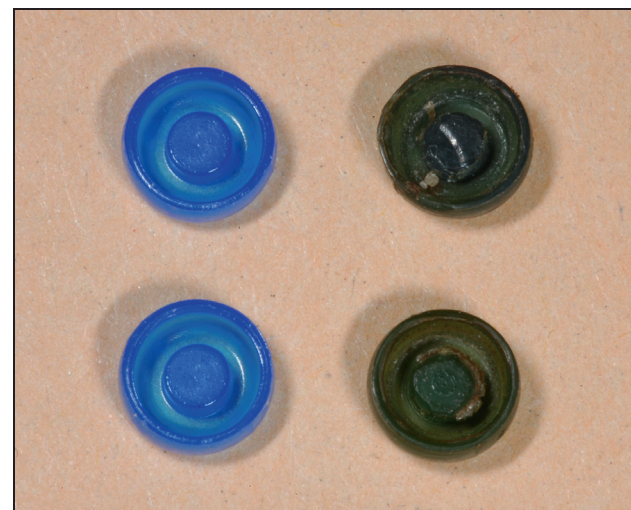
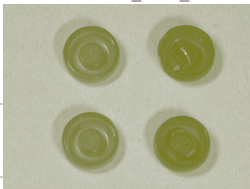


FIG. 1 / Patrices en polyamide (Nylon) neuves et après 21 mois de fatigue clinique.



Incidences de la fatigue clinique sur les propriétés mécaniques et physico-chimiques des attachements en polyamide utilisés en PACSI – S. RADI, P. DUBOT, E. VENNAT, N. ROUBIER, J.-C. BEYAERT, F. CHAMIEH, O. FROMENTIN

TABLEAU 2 / Comparaison de la masse entre les échantillons neufs et après fatigue clinique.

	Groupe	Masse (g)	Écart type	Écart mini-maxi	Médiane
Contrôle	N = 15	0,020 5	0,000 2	0,020 2-0,020 7	0,020 4
Test	N = 32	0,017 6*	0,000 6	0,016 0-0,018 5	0,017 8

\* Test U de Mann-Whitney,  $p < 0,001$ .

TABLEAU 3 / Variation des forces de rétention des échantillons neufs et usés.

	Groupe	Force (N)	Écart type	Écart (mini-maxi)	Médiane
Contrôle	N = 15	12,2	2,1	8,5-15,6	11,7
Test	N = 32	25,7*	9,1	2,5-39,8	27,0

\* Test U de Mann-Whitney,  $p < 0,001$ .

TABLEAU 4 / Microdureté moyenne et module d'élasticité pour les échantillons neufs et usés.

	Groupe	Dureté (écart type) GPa	Écart (mini-maxi)	Médiane	Module d'élasticité (écart type) GPa	Écart (mini-maxi)	Médiane
Contrôle	N = 5	0,14 (0,03)	0,11-0,17	0,14	3,24 (0,50)	2,61-3,77	3,37
Test	N = 10	0,15 (0,03)*	0,12-0,20	0,14	3,62 (0,95)*	2,65-5,62	3,33

\* Test U de Mann-Whitney,  $p < 0,001$ .

température et à l'humidité ambiantes du laboratoire, se révèle approximativement 2 fois plus élevée que la rétention moyenne des pièces neuves (TABLEAU 3). L'analyse par spectrophotométrie montre essentiellement des modifications chimiques locales au niveau des liaisons amide ainsi que des liaisons hydrogène présentes au niveau des chaînes polymériques.

La microdureté et le module d'élasticité ont été enregistrés à charge maximale (TABLEAU 4). Les valeurs moyennes de dureté et de module d'élasticité des échantillons usés en polyamide ne sont pas statistiquement différentes de celles des échantillons neufs du groupe contrôle.

## DISCUSSION

Les études sur les prothèses complètes stabilisées sur implants ont montré qu'une maintenance prothétique était indispensable pour conserver la rétention, le confort et la satisfaction des patients.

L'usure des patrices en polyamide (ou Nylon) au bout de 21 mois a contribué à un taux de satisfaction bas en rapport avec une rétention diminuée.

La masse moyenne des échantillons en polymère usés cliniquement s'avère significativement inférieure à celle des pièces neuves, ce qui témoigne de l'usure mécanique. Néanmoins, malgré cette perte de matériau et la perte de satisfaction des patients, les tests de traction ne montrent pas d'incidence significative de l'usure des attachements sur la force de désassemblage de l'attachement. À l'inverse, une augmentation de la force de rétention a été mise en évidence après une durée de port de 21 mois. Ces résultats sont en accord avec des études *in vitro* sur les mêmes pièces en polymère [9-14]. Ces études montrent une augmentation de la rétention en simulant une période de fonction (de 2 000 à 3 000 cycles) équivalant à une période de 2 à 3 années d'usage clinique [9, 11, 13, 14]. Puis la rétention diminue considérablement à plus long terme. Les différents auteurs expliquent ce phénomène par des variations dimensionnelles des pièces en polymère liées à l'absorption hydrique, à l'expansion thermique ainsi qu'aux déformations du matériau associées aux contraintes mécaniques.

Concernant les échantillons neufs, les résultats de cette étude sont en accord avec ceux de Yang *et al.* de

2011 [15]. Les auteurs ont analysé les mêmes patrices de couleur bleue mais dans des conditions de laboratoire à sec et ils rapportent une rétention moyenne de 15,4 N (écart type = 1,4). Ces résultats diffèrent pour Alsabeeha *et al.* [16] pour qui la rétention mesurée était de 3,8 N (écart type = 0,6). Néanmoins, ces valeurs sont assez éloignées des données du fabricant concernant ces patrices de couleur bleue dont la capacité rétentrice est estimée à 6,7 N.

Ces divergences peuvent s'expliquer par les conditions d'analyse en laboratoire et, notamment, les conditions d'hydratation des échantillons, ceux-ci étant constitués de polymères thermoplastiques semi-cristallins hygroscopiques très sensibles à l'humidité.

Cette variable doit être prise en compte dans l'analyse des données de la littérature scientifique et peut expliquer la divergence de certains résultats.

L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier des pièces utilisées cliniquement met en évidence une dégradation physico-chimique associée à une hydratation des polymères et une modification de la fonction amide. Ces modifications perturbent la liaison hydrogène interchaîne et génèrent une augmentation de la mobilité des chaînes de polymères [17-18] qui altère les propriétés mécaniques des composants. Néanmoins, dans cette étude, la microdureté et le module d'élasticité ne semblent pas être affectés de manière significative par l'usure clinique. Jia et Kagan [19], en revanche, montrent des résultats différents et mettent en évidence une diminution de la rigidité avec une réduction du module d'élasticité. Cela confirme une fois de plus l'impact des conditions hygrométriques, thermiques et mécaniques lors des essais en laboratoire [20].

Dans cette étude rétrospective, la rétention testée dans des conditions à sec, après 21 mois d'usage clinique, varie de 10 à 20 N, valeurs qui peuvent être considérées comme cliniquement adéquates.

Contrairement aux nombreuses études *in vitro* de fatigue, les patrices analysées ont subi une usure clinique associée à des contraintes fonctionnelles et des cycles non standardisés d'insertion/désinsertion,

ainsi qu'à une immersion partielle dans la salive à température buccale avec une incidence probable de l'hygiène et du régime alimentaire des patients, ce qui représente autant de facteurs influant sur les variables étudiées.

Par ailleurs, une limite de cette étude réside dans l'évaluation extra-orale de la force de rétention des attachements, dans des conditions hygrométriques et de température pouvant entraîner une surestimation des forces de rétention de ces dispositifs.

#### Implication clinique

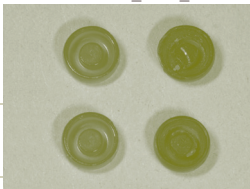
Les patients édentés complets traités par prothèse amovible complète stabilisée sur implants doivent être informés de l'importance de la maintenance prothétique et de son coût. Pour augmenter la durée de vie clinique des attachements, des recommandations en termes de conditions de stockage et d'entretien des prothèses en relation avec le comportement des polymères face à la dégradation physico-chimique doivent être systématiquement données à ces patients.

## CONCLUSION

En tenant compte des limites de cette étude rétrospective, les conclusions concernant le vieillissement des patrices en polyamide des attachements cylindriques Locator® sont les suivantes:

- après 21 mois d'usure clinique, les attachements en polymère présentent une perte de masse par rapport aux pièces neuves;
- dans les conditions expérimentales de cette étude, la rétention moyenne des pièces usées est supérieure à celles des pièces neuves;
- la rigidité et la dureté des composants n'apparaissent pas avoir été affectées durant la période moyenne de 21 mois bien que des modifications physico-chimiques dues notamment aux conditions d'hydratation en milieu oral soient observées. †





**Incidences de la fatigue clinique sur les propriétés mécaniques et physico-chimiques des attachements en polyamide utilisés en PACSI – S. RADI, P. DUBOT, E. VENNAT, N. ROUBIER, J.-C. BEYAERT, F. CHAMIEH, O. FROMENTIN**

## BIBLIOGRAPHIE

1. Andreiottelli M, Att W, Strub JR. Prosthodontic complications with implant overdentures: a systematic literature review. *Int J Prosthodont* 2010;23:195-203.
2. Bakke M, Holm B, Gotfredsen K. Masticatory function and patient satisfaction with implant-supported mandibular overdentures: a prospective 5-year study. *Int J Prosthodont* 2002;15:575-581.
3. Awad MA, Lund JP, Dufresne E, Feine JS. Comparing the efficacy of mandibular implant-retained overdentures and conventional dentures among middle-aged edentulous patients: satisfaction and functional assessment. *Int J Prosthodont* 2003;16:117-122.
4. Chaffee NR, Felton DA, Cooper LF, Palmqvist U, Smith R. Prosthetic complications in an implant-retained mandibular overdenture population: initial analysis of a prospective study. *J Prosthet Dent* 2002;87:40-44.
5. Walton JN. A randomized clinical trial comparing two mandibular implant overdenture designs: 3-year prosthetic outcomes using a six-field protocol. *Int J Prosthodont* 2003;16:255-260.
6. Attard NJ, Zarb GA. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant overdentures: the Toronto study. *Int J Prosthodont* 2004;17:425-433.
7. MacEntee MI, Walton JN, Glick N. A clinical trial of patient satisfaction and prosthodontic needs with ball and bar attachments for implant-retained complete overdentures: three-year results. *J Prosthet Dent* 2005;93:28-37.
8. Anusavice KJ. Phillips' science of dental materials. Philadelphia: WB Saunders, 1996.
9. Rutkunas V, Mizutani H, Takahashi H. Influence of attachment wear on retention of mandibular overdenture. *J Oral Rehabil* 2007;34:41-51.
10. Rutkunas V, Mizutani H, Takahashi H, Iwasaki N. Wear simulation effects on overdenture stud attachments. *Dent Mater J* 2011;30:845-853.
11. Wolf K, Ludwig K, Hartfil H, Kern M. Analysis of retention and wear of ball attachments. *Quintessence Int* 2009;40:405-412.
12. Wichmann MG, Kuntze W. Wear behavior of precision attachments. *Int J Prosthodont* 1999;12:409-414.
13. Gamborena JI, Hazelton LR, NaBadalung D, Brudvik J. Retention of ERA direct overdenture attachments before and after fatigue loading. *Int J Prosthodont* 1997;10:123-130.
14. Branchi R, Vangi D, Virga A, Guertin G, Fazi G. Resistance to wear of four matrices with ball attachments for implant overdentures: a fatigue study. *J Prosthodont* 2010;19:614-619.
15. Yang TC, Maeda Y, Gonda T, Kotecha S. Attachment systems for implant overdenture: influence of implant inclination on retentive and lateral forces. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:1315-1319.
16. Alsabeeha N, Atieh M, Swain MV, Payne AG. Attachment systems for mandibular single-implant overdentures: an in vitro retention force investigation on different designs. *Int J Prosthodont* 2010;23:160-166.
17. Abacha N, Kubouchi M, Sakai T. Diffusion behavior of water in polyamide 6 organoclay nanocomposites. *Polymer Letters* 2009;3:245-255.

18. Iwamoto R, Murase H. Infrared spectroscopic study of the interactions of Nylon-6 with water. *J Polymer Sci* 2003;41:1722-1729.
19. Jia N, Kagan V. Mechanical performance of polyamides with influence of moisture and temperature. Accurate evaluation and better understanding. In: Joalli J (ed). *Plastics failure: analysis and prevention*. New York: Plastic Design Library, 2001: 95-104.
20. Musanje L, Darvel BW. Aspects of water sorption from the air, water and artificial saliva in resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2003;19:414-422.

### Samer Radi

UFR d'odontologie, Université Paris VII-Diderot

### Pierre Dubot

Institut de chimie et des matériaux Paris Est, UMR 7182, CNRS

### Elsa Vennat

Laboratoire MSSMat, École centrale de Paris  
Laboratoire URB21, EA 4462, Université Paris V-Descartes

### Nicolas Roubier

Laboratoire MSSMat  
École centrale de Paris

### Jean-Charles Beyaert

Cabinet dentaire  
3D, allée de la Concorde  
45000 Orléans

### Frédéric Chamieh

Cabinet dentaire  
3D, allée de la Concorde  
45000 Orléans

### Olivier Fromentin

UFR d'Odontologie, Université Paris VII-Diderot  
Laboratoire URB21, EA 4462, Université Paris V-Descartes

### Référencement bibliographique

Cet article peut être recherché ou cité sous la référence suivante: Radi S, Dubot P, Vennat E, Roubier N, Beyaert JC, Chamieh F, Fromentin O. Incidences de la fatigue clinique sur les propriétés mécaniques et physico-chimiques des attachements en polyamide utilisés en PACSI. *Implant* 2017;23:191-196.

**LIENS D'INTÉRÊTS** : les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêts concernant cet article.