

Comparaison de la résistance mécanique en flexion 3 points et en compression de 3 biomatériaux dentaires CVI de haute viscosité

C. Gouedard^a, L. Pino^b, E. Pietri^c, TS. Nguyen^c,
S. Calloch^d, R. Arbab-Chirani^e, S. Arbab-Chirani^b, V. Chevalier^a

^aIRDL-UBO/CHRU Brest ; charlotte.gouedard@gmail.com

^bIRDL-ENIB Brest

^cUBO/CHRU Brest

^dIRDL-ENSTA Bretagne Brest

^eLaTIM-UBO/CHRU Brest

Résumé :

Les ciments verres ionomères (CVI) sont des matériaux d'obturation coronaires utilisés par les chirurgiens-dentistes lors de soins conservateurs sur des dents permanentes ou temporaires. Ils se composent de particules de verre enrobées dans une matrice de polyacrylate de calcium et d'aluminium (Ca²⁺ et Al³⁺). Ces matériaux sont simples d'utilisation mais leur point faible est longtemps resté leurs propriétés mécaniques. Depuis quelques années, sont proposés sur le marché des ciments ionomères de haute viscosité, avec une amélioration du rapport poudre/liquide et de la taille des particules, permettant, à priori, une amélioration des propriétés mécaniques et un élargissement des leurs indications. Le but de notre étude est d'estimer les propriétés mécaniques de 3 CVI de haute viscosité, plus ou moins récents, en évaluant leur résistance à la flexion 3 points et à la compression.

Abstract :

Glass ionomer cements (GICs) are tooth filling materials used by dental surgeons for permanent or temporary teeth. They consist of glass particles included in a matrix of calcium and aluminum polyacrylate (Ca²⁺ and Al³⁺). These materials are simple to use, but their weak point remain their mechanical properties. For some years, high viscosity ionomer cements have been on the market, with an improvement in the powder/liquid ratio and particle size, allowing, in principle, an improvement of the mechanical properties and a widening of their indications. The purpose of our study is to assess precisely, the mechanical properties of 3 high viscosity GICs, more or less recent, by evaluating their resistance to bending 3 points and to compression.

Mots clefs : Ciments verres ionomères de haute viscosité ; VOCO Ionostar plus® ; Fuji IX GP Fast® ; Equia Forte® ; Essais de compression ; Essais de flexion 3 points.

1 Introduction

La nécessité de parvenir à trouver un matériau de restauration convenable (mécaniquement résistant, biocompatible, esthétique et avec un coût raisonnable) a toujours été un enjeu important en odontologie. Le matériau idéal de restauration des pertes de substance dentaire liées à la carie ou à des pathologies non carieuses n'existe pas encore.

Actuellement le composite est beaucoup utilisé. Néanmoins, il présente de nombreux inconvénients (protocole exigeant, restauration chronophage, reprise carieuse fréquente, libération de bisphénol A) malgré des avantages certains (propriétés mécaniques assez proches de la dent, esthétique).

Les CVI et leurs dérivés sont plus simples d'utilisation (adhésion naturelle à la dent, mise en place en un bloc d'où l'utilisation adaptée sur les enfants et les personnes âgées) et ont un avantage important dans la stabilisation du risque carieux, du fait de la libération de fluor [1]. Leur utilisation est largement répandue en dentisterie compte tenu de leurs nombreux avantages tels que la biocompatibilité [2], la liaison chimique aux tissus durs dentaires et le coefficient de dilatation thermique linéaire favorable.

Cependant, la faiblesse de leurs propriétés mécaniques leur a été reprochée [3]. Ils montrent également un haut niveau de porosité, une mauvaise aptitude au polissage de la surface et une sensibilité à l'humidité aux premiers stades de la prise.

L'apparition, dans les années 90, de nouveaux CVI de haute viscosité (CVI-HV) sur le marché nous permet d'espérer qu'il y ait une augmentation de leurs indications et de leur propriétés mécaniques [4 ;5 ;6]. Notre objectif est donc d'étudier les propriétés mécaniques de ces nouveaux CVI et dérivés, afin de répondre aux questions suivantes: les nouveaux CVI et dérivés sont-ils capables d'être mécaniquement résistants pour les restaurations postérieures? Y a-t-il une réelle amélioration de leurs propriétés mécaniques leur permettant d'être une bonne alternative chez les patients à haut risque carieux?

Le but de nos essais était d'évaluer la résistance à la flexion et à la compression de trois CVI-HV disponibles dans le commerce : le VOCO Ionostar plus®, le Fuji IX GP FAST® et l'Equia Forte®, recouverts d'une couche de vernis, afin d'évaluer si elles peuvent être utilisées dans des zones avec des fortes forces de mastication. En flexion et en compression, des mesures ont été réalisées 4 temps de stockage différents.

2 Matériel et méthode

2.1 Choix des matériaux testés et préparation des éprouvettes

Nous avons choisi de tester 3 matériaux :

- le Fuji IX GP Fast® de GC (Japon) utilisé depuis de nombreuses années, CVI de référence,
- l'Equia Forte® de GC (Japon) récemment commercialisé,
- le Voco Ionostar plus® de Voco (Allemagne) également récemment commercialisé.

Il est nécessaire d'appliquer une résine de protection appropriée sur les échantillons de ces 3 CVI-HV.

Pour la réalisation des éprouvettes, nous avons procédé ainsi :

-pour les essais de compression, 20 échantillons cylindriques (6mm x 4mm de diamètre) de chaque CVI ont été réalisés selon la norme ISO 9917-1. Ils ont été coulés dans un moule cylindrique où le CVI est injecté en excès puis comprimé entre 2 plaques de plexiglas. L'ensemble des échantillons est directement placé dans un bain-marie à 37°C pendant 1 heure. Ils sont ensuite

démoulés, vérifiés et mesurés au pied à coulisse ; ils sont alors recouverts de vernis (G-Coat Plus®, GC) et photopolymérisés.

-pour les essais de flexion, 20 échantillons rectangulaires (25mm x 2mm x 2mm) ont été coulés pour chaque matériau, selon le même protocole et la norme ISO 9917-2.

L'ensemble des échantillons, cylindriques et rectangulaires, a ensuite été conservé dans un bain-marie à 37°C, pendant plusieurs jours à plusieurs mois, avant la réalisation des essais.

2.2 Essais

2.2.1 Essais de flexion 3 points

Les essais sont réalisés à l'aide d'une machine universelle d'essai Instron (Electropulse E 1000, 1000 N, Instron, Canton, MA, USA) avec une vitesse de traverse de 1mm/min. L'échantillon est positionné sur les mors de flexion (figure 1).

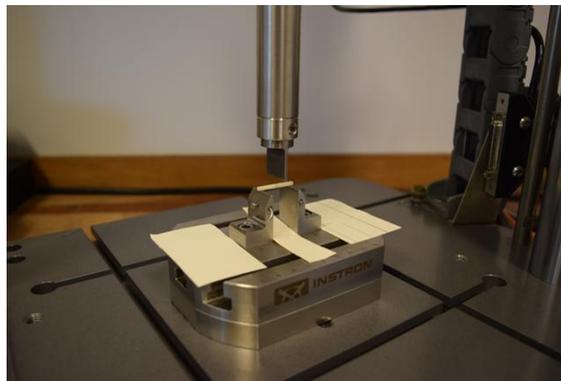


Figure 1 : Montage de l'essai de flexion 3 points

L'essai est mené jusqu'à la rupture et la résistance en flexion calculée.

Des essais sont menés à différents temps de stockage.

- à 7 jours de coulée (J7)
- à 28 jours de coulée (J28)
- à 3 mois de coulée (M3)
- à 6 mois de coulée (M6),

Les résistances des matériaux sont alors calculées et enregistrées à chaque essai, afin d'obtenir des résistances moyennes pour chaque temps de stockage.

2.2.2 Essais de compression

Les essais sont réalisés à l'aide d'une machine universelle d'essai Instron (Electropulse E 10 000, 10 kN, Instron, Canton, MA, USA) avec une vitesse de traverse de 1mm/min. L'échantillon est positionné entre les presses (figure 2) et l'essai mené jusqu'à la rupture de l'échantillon.

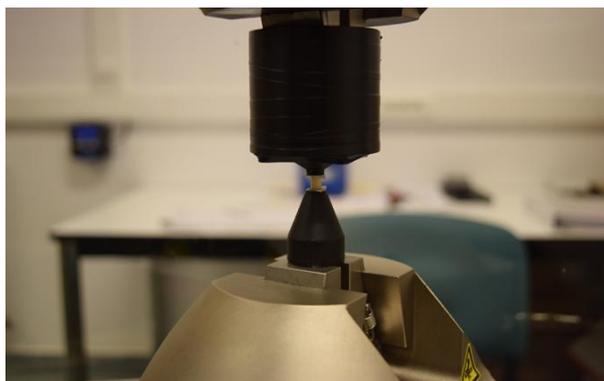


Figure 2 : Montage de l'essai de compression

Des essais sont menés à différents temps de stockage.

- à 7 jours de coulée (J7)
- à 50 jours de coulée (J50)
- à 3 mois de coulée (M3)
- à 6 mois de coulée (M6),

Les résistances des matériaux sont alors calculées et enregistrées à chaque essai, afin d'obtenir des résistances moyennes pour chaque temps de stockage.

3 Résultats

3.1 Flexion

Vingt essais (au moins) ont été réalisés pour chaque CVI pour les 4 différents temps de stockage.

	Résistance moyenne en flexion à J7 (MPa)	Résistance moyenne en flexion J28 (MPa)	Résistance moyenne en flexion M3 (MPa)	Résistance moyenne en flexion M6 (MPa)
Equia Forte®	19,53 +/-5,83	33,25 +/- 5,35	39,53 +/- 4,95	34,7 +/- 7,67
Voco Ionostar Plus®	Essais en cours	27,56 +/- 7,98	24,91 +/-4,72	23,23 +/-6,93
Fuji IX GP Fast®	27,29 +/- 8,45	37,19 +/-6,37	42,17 +/-6,82	38,34 +/-6,41

Tabl. 2.1: Synthèse des résultats de résistance à la flexion en fonction du temps de stockage

Nous observons tout d'abord que l'Equia Forte® ainsi que le Fuji IX GP Fast® ont une résistance à la flexion qui augmente notablement lors du 1er mois (entre J7 et J28), et qui évolue moins ensuite.

Nous pouvons également, grâce à ce tableau, établir un classement préliminaire de la résistance des CVI, à chaque période testée. Ainsi, à J7, le Fuji IX GP Fast® aurait une résistance plus importante que l'Equia Forte®; les essais sur le Voco Ionostar Plus® étant en cours de réalisation, il ne rentre pas encore dans ce classement préliminaire, à J7.

À J28, 3 mois et 6 mois, le Fuji IX GP Fast® aurait une résistance plus importante que l'Equia Forte®, lui même plus résistant que le Voco Ionostar Plus®.

3.2 Compression

Vingt essais (au moins) ont été réalisés pour chaque CVI pour les 4 différents temps de stockage.

	Résistance moyenne en compression à J7 (MPa)	Résistance moyenne en compression à J50 (MPa)	Résistance moyenne en compression à M3 (MPa)	Résistance moyenne en compression à M6 (MPa)
Equia Forte®	101,79 +/- 20,62	119,8 +/-12,8	Essais en cours	125,92 +/- 32,45
Voco Ionostar Plus®	90,73 +/- 23,32	Essais en cours	124,85 +/- 24,01	125,55 +/- 29,03
Fuji IX GP Fast®	130,67 +/- 31,52	134 +/-21	131,04 +/- 39,61	132,74 +/- 29,20

Tabl. 2.2: Synthèse des résultats de résistance en compression en fonction du temps de stockage

Grâce à la synthèse des résistances moyennes à la compression de ce tableau, nous pouvons là encore, faire ressortir un classement préliminaire.

A J7, nous observons que le Fuji IX GP Fast® est plus résistant en compression que l'Equia Forte®, lui même plus résistant que le Voco Ionostar Plus®.

A J50, le Fuji IX GP Fast® reste toujours plus résistant que l'Equia Forte®; nous pouvons pour l'instant inclure le Voco Ionostar Plus® dans le classement à cette date, les tests mécaniques n'étant pas encore terminés.

A M3, le Fuji IX GP Fast® devance toujours le Voco Ionostar Plus®; les tests de résistance sur l'Equia Forte à cette période sont en cours de réalisation.

Enfin à M6, le Voco Ionostar Plus®, l'Equia Forte® ainsi que le Fuji IX GP Fast® montrent une résistance quasi équivalente en compression, avec tout de même une légère avance pour le Fuji IX GP Fast®.

4 Discussion

4.1 Flexion

Même si nos résultats ne sont pas tout à fait complets, nous pouvons pourtant déjà observer que le CVI Equia Forte®, qui a des propriétés mécaniques théoriquement améliorées par rapport au CVI Fuji IX GP Fast®, présente des valeurs de résistance à la flexion inférieures à celle du Fuji IX GP Fast®. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le fabricant ait surtout essayé d'améliorer la résistance à l'abrasion de son CVI-HV.

Nos résultats sont compris dans une fourchette correspondant aux données de la littérature pour le Fuji IX GP Fast® [7 ;8 ;9] ce qui est plutôt encourageant. Les écarts de résistance à la flexion pour ce matériau sont cependant très importants dans les données publiées. Nous n'avons pas trouvé de données mécaniques relatives à l'Equia Forte® ni au Voco Ionostar Plus®.

4.2 Compression

Les fractures de fatigue en compression après plusieurs années d'utilisation clinique sont une des raisons principales d'échec des restaurations [10]. C'est pour cette raison que nous souhaitons tester la fatigue de ces matériaux en compression.

Le classement ainsi que les valeurs obtenues pour l'instant, apparaissent cohérents en globalité avec la littérature [11].

Le manque d'étude sur la résistance en compression ne nous permet pas de beaucoup comparer nos résultats ; mais, la valeur que l'on obtient pour la résistance à la compression du Fuji IX GP Fast® est proche de celle répertoriée dans une autre étude [12].

Le CVI Equia Forte® présente des valeurs de résistance à la compression inférieures à celle du Fuji IX GP Fast® (notamment à J7), contrairement à ce que l'on aurait pu attendre. Cela reste à nuancer par une étude qui trouve une résistance à la compression de 131 Mpa pour l'Equia® [13]. Malheureusement, il y a très peu d'études sur la résistance mécanique d' Equia Forte® dans la littérature.

Nous n'avons pas trouvé de données mécaniques relatives au Voco Ionostar Plus® pour comparer à nos résultats.

Lors du traitement de ces premiers résultats, nous avons constaté des écarts-types en compression un peu trop importants et pouvant être expliqués par des valeurs extrêmes, peut-être dues à des bulles. Certains résultats mériteront d'être vérifiés.

5. Conclusion

Malgré sa récente mise sur le marché, le matériau Equia Forte® ne semble pas apporter de réelles avancées en terme de résistance mécanique, que ce soit pour la flexion 3 points ou pour la compression. Les valeurs enregistrées pour les 3 CVI de haute viscosité sont comparables à celles de la littérature [12 ;13] et restent inférieures à celles d'autres biomatériaux dentaires.

Références

[1] A. Wiegand, W. Buchalla, T. Attin; *Review on fluoride-releasing restorative materials – fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation*. Dent Mater 2007;23:343–62.

[2] S. Tamilselvam, M. Divyanand, P. Neelakantan; *Biocompatibility of a conventional glass ionomer, ceramic reinforced glass ionomer, giomer and resin composite to fibroblasts: in vitro study*. J Clin Pediatr Dent. 2013;37:403–6.

[3] C.C. Bonifácio, C.J. Kleverlaan, D.P. Raggio, A. Werner, R.C. de Carvalho, W.E. van Amerongen; *Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment*. Aust Dent J. 2009;54:233–7. doi: 10.1111/j.1834-7819.2009.01125. x.

[4] S. Mickenautsch; *High-viscosity glass-ionomer cements for direct posterior tooth restorations in permanent teeth: The evidence in brief*. J Dent. 2016 Dec; 55:121-123. doi: 10.1016/j.jdent.2016.10.007. Epub 2016 Oct 17.

[5] E. Dursun; *Les ciments verres ionomères à haute viscosité. Partie 1- Présentation, composition et propriétés*. Biomateriaux cliniques. Mars 2016;1:26-33.

- [6] V. Diem, M. Tyas, H. Ngo; *The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement*. Clin Oral Investig. 2014 Apr;18(3):753-9.
- [7] M.A. Faridi, A. Khabeer, S. Haroon; *Flexural strength of glass carbomer cement and conventional glass ionomer cement stored in different storage media over time*. Med Princ Pract. 2018;27(4):372-377. doi: 10.1159/000489781.
- [8] K. Gorseta, A. Borzabadi-Farahani, A. Moshaverinia, D. Glavina, E. Lynch; *Effect of different thermo-light polymerization on flexural strength of two glass ionomer cements and a glass carbomer cement*. J Prosthet Dent. 2017 Jul;118(1):102-107. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.09.019.
- [9] J. Zoergiebel, N. Ilie; *Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging and storage agents*. Clin Oral Investig. Mars 2013;17(2):619-26.
- [10] U. Lohbauer, R. Frankenberger, N. Krämer, A. Petschelt; *Time-dependent strength and fatigue resistance of dental direct restorative materials*. J Mater Sci Mater Med. déc 2003;14(12):1047-53.
- [11] C.J. Kleverlaan, R.N. van Duinen, A.J. Feilzer; *Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods*. Dent Mater. 2004 Jan;20(1):45-50.
- [12] A.H. Dowling, G.J.P. Fleming; *Is encapsulation of posterior glass-ionomer restoratives the solution to clinically induced variability introduced on mixing?* Dent Mater. Juill 2008;24(7):957-66.
- [13] D. Dionysopoulos, K. Tolidis, D. Tortopidis, P. Gerasimou, T. Sfeikos ; *Effect of a calciumchloride solution treatment on physical and mechanical properties of glass ionomer cements*. Odontology 2018 Oct; 106(4):429-438. Doi:10.1007/s10266-018-0338-5; Epub 2018 Jan 22.