



IJL
Institut Jean Lamour
UMR 7198

Nancy-Université

Université
Henri Poincaré

Comportement électrochimique d'alliages et brasures dentaires utilisés en prothèse fixée dans une salive artificielle Fusayama

Pascal DE MARCH^{1,2}, Patrice BERTHOD¹, Birsena DERVISEVIC², Aude VALLATA²

*¹Institut Jean Lamour, Département CP2S, Faculté des Sciences et Techniques,
Nancy – Université, B.P. 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy – France*

*²U.F.R. d'Odontologie de Nancy, Département de Prothèses, Nancy-Université,
96 avenue De Lattre de Tassigny, B.P. 50208, 54004 Nancy Cedex – France*

PROTHESES FIXEES ou « bridges » :

armature métallique recouverte
de **céramique « cosmétique »**

Alliage principal : « parent »

joint par des brasures « primaires »
ou « secondaires »



Constitution des éléments individuels :

brasage des pièces d'alliage parent
 1135°C (T_{liq} Supersolder) $< T < 1255^{\circ}\text{C}$ (T_{sol} Pisces Plus)

« brasures primaires »
(recouvertes de céramique)



Assemblage des éléments :

brasage élément-élément

775°C ($T_{\text{liq}} .615$) $< T < 820^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{cuisson céram}} - 50^{\circ}\text{C}$)


« brasures secondaires »

(parties découvertes)



Associations :

brasure primaire ← alliage parent → brasure secondaire

Alliages	Class. Identallooy®	Brasure primaire	Brasure secondaire
IPS d.SIGN 98		HGPKF 1015 Y	.585
IPS d.SIGN 91		SHFWC	.615
Aquarius Hard		HGPKF 1015 Y	.650
Lodestar		HFWC	.615
W		HFWC	LFWG
IPS d.SIGN 59		SHFWC	.615
Pisces Plus		Super Solder	LFWG
4all		Super Solder	LFWG

HN = Au, Pt, Pd > 60 % ; Au > 40 %

N = Au, Pt, Pd > 25 %

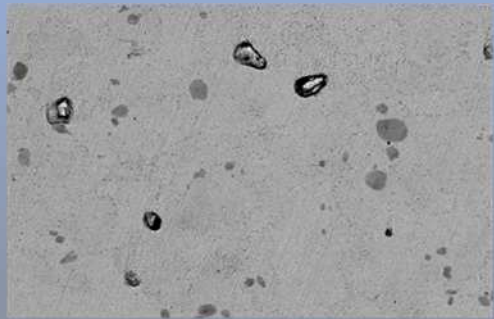
PB = Au, Pt, Pd < 25 %

Compositions chimiques des alliages parents

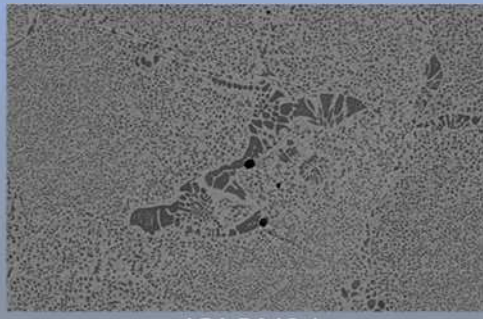
éléments	Au	Pt	Pd	Ag	Ga	In	Re	Ru	Sn	Zn	autres
Alliages "High Noble" (Au+Pt+Pd > 60% massique)											
IPS dSIGN98	85.9	12.1	-	-	-	<1.0	-	-	-	2.0	In<1 Ir<1 Fe<1 Mn<1 Ta<1
IPS dSIGN91	60.0	-	30.6	-	1.0	8.4	<1.0	<1.0	-	-	-
Aquarius Hard	86.1	8.5	2.6	-	-	1.4	-	<1.0	-	-	Fe<1 Li<1 Ta<1
Lodestar	51.5	-	38.5	-	1.5	8.5	<1.0	<1.0	-	-	-
W	54.0	-	26.4	15.5	-	1.5	<1.0	<1.0	2.5	-	Li<1
Alliage "Noble" (Au+Pt+Pd > 25% massique)											
IPS dSIGN59	-	<1.0	59.2	27.9	-	2.7	<1.0	<1.0	8.2	1.3	Li<1

éléments	Ni	Cr	Mo	Al	Si	W	autres
Alliages "Predominantly Base" (Au+Pt+Pd < 25% massique)*							
Pisces Plus	61.5	22.0	-	2.3	2.6	11.2	Mischmetal<1
4all	61.4	25.7	11.0	<1	1.5		Mn<1

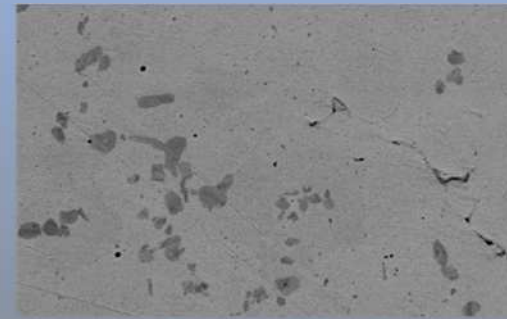
Microstructures des alliages parents



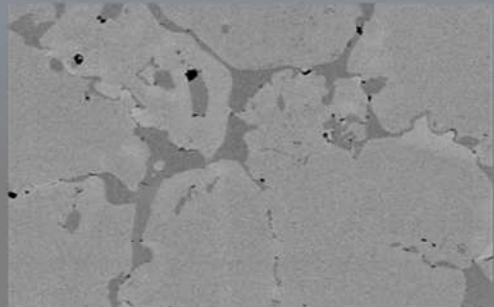
dSIGN98



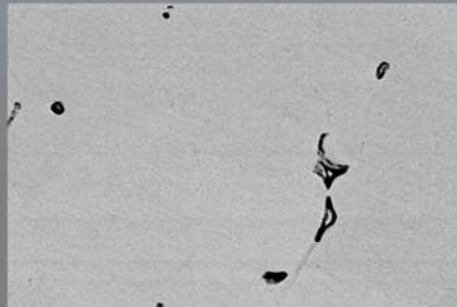
dSIGN91



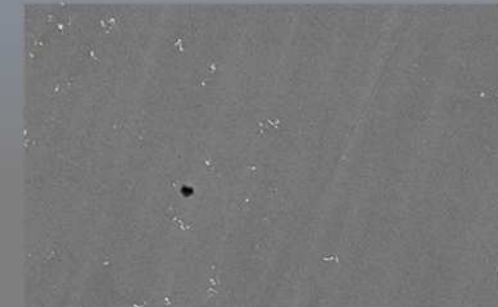
Aquarius Hard



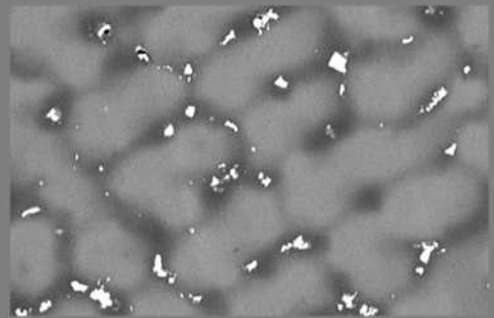
Lodestar



W



dSIGN59



Pisces Plus

Echelle valable pour toutes les images



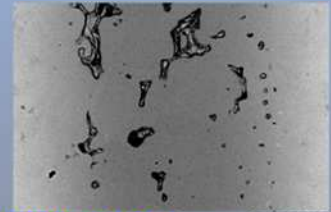
50µm
4ALL

Compositions chimiques des brasures

primaires	Au	Pd	Ag	In	Ni	autres
HGPKF 1015 Y	60.0	-	36.5	<1.0	-	Pt<2.1 Ir<1 Sn<1 Zn<1
SHFWC	47.0	10.3	41.0	1.4	-	Ru<1
HFWC	45.0	12.4	41.5	1.0	-	Ru<1 Li<1
Super Solder	-	53.5	7.0	-	35.6	Sn=3.8 Li<1

secondaires	Au	Ag	Cu	Ga	In	Sn	Zn
.650 Gold Solder	65.0	13	19.6	2.0	-	-	<1.0
.615 Fine Solder	61.3	13.1	17.4	-	7.6	-	<1.0
.585 Fine solder	58.5	16.0	18.0	7.2	-	-	<1.0
LFWG	56.1	27.4	-	-	<1.0	<1.0	15.8

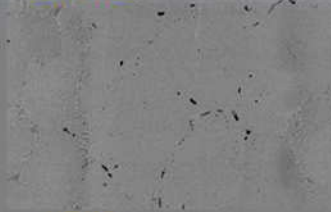
Microstructures des brasures



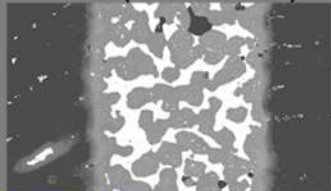
HGPKF 1015 Y (avec dSIGN98)



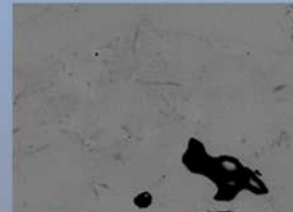
SHFWC (avec dSIGN91)



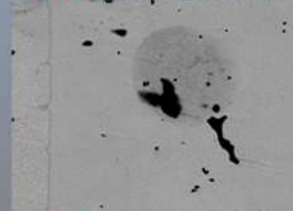
HFWC (avec Lodestar)



Super Solder (avec Pisces Plus)



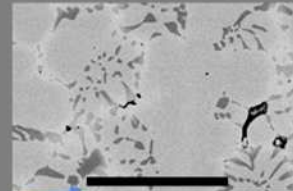
.585 (avec dSIGN98)



.615 (avec dSIGN91)



.650 (avec Aquarius Hard)



100µm
LFWG (avec W)

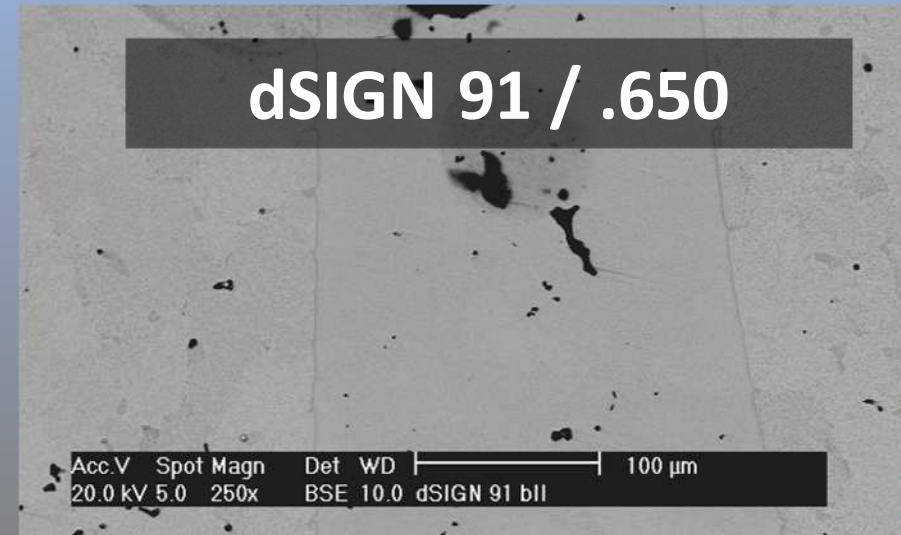
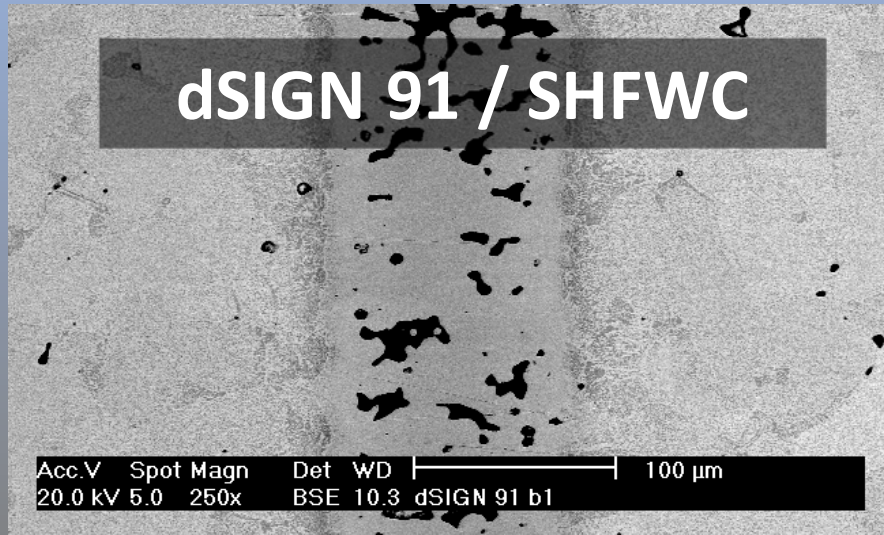
Echelle valable pour toutes les images

brasures primaires

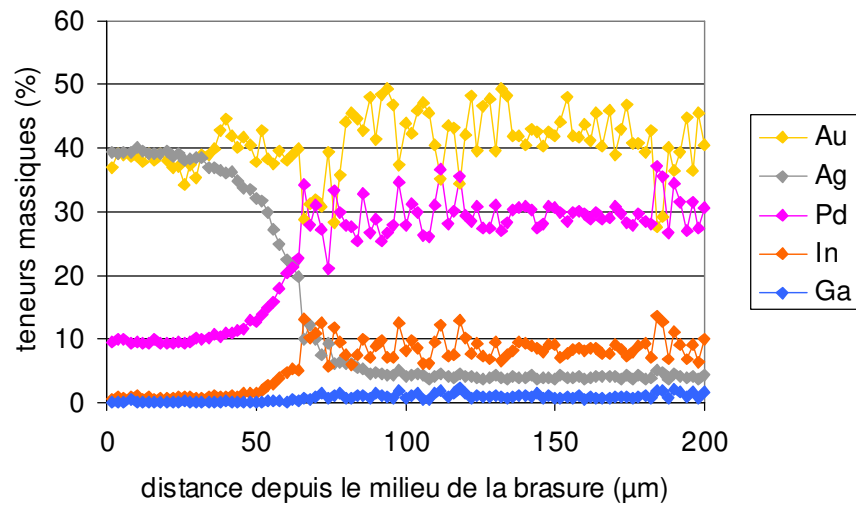
brasures secondaires



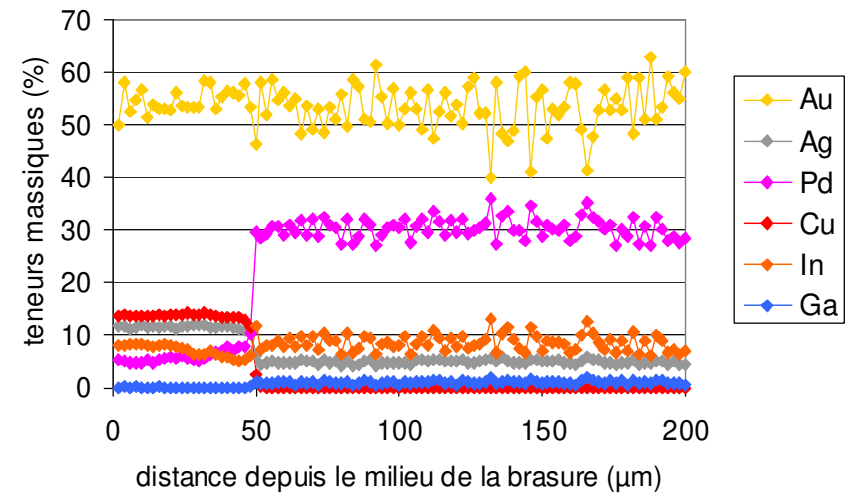
Après brasage, matériaux bien distincts



dSIGN91 - brasure I SHFWC



dSIGN91 - brasure II 615



Risques de corrosion localisée pour l'armature métallique

Bras. primaire :	protégée (sous céramique)
Bras. secondaire :	nécessairement exposée au milieu buccal (réalisée après dépôt céramique)
Alliage parent :	soit entièrement sous céramique soit débordant légèrement

comportement électrochimique de la brasure secondaire ?
comportement électrochimique de l'alliage parent ?
comportement des deux en couplage galvanique ?

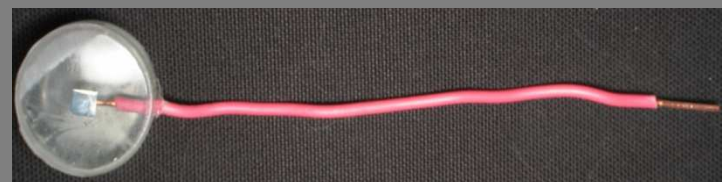
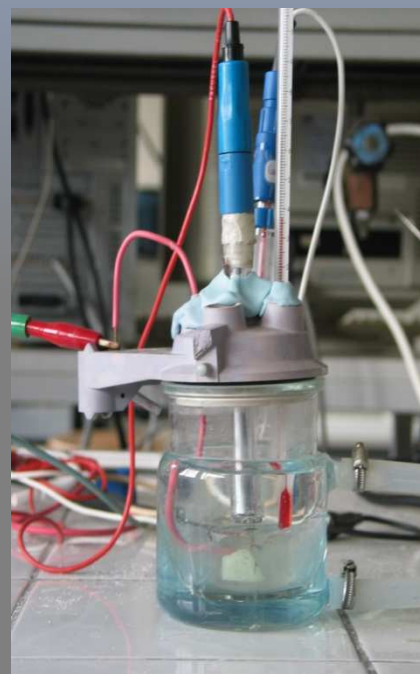
Mesures électrochimiques (1/6)

Sur alliage parent et brasure secondaire

Cellule double paroi, à 3 électrodes

Salive artificielle Fusayama
(acidifiée à pH=2,3 par ajout
d'acide lactique ; T=37°C)

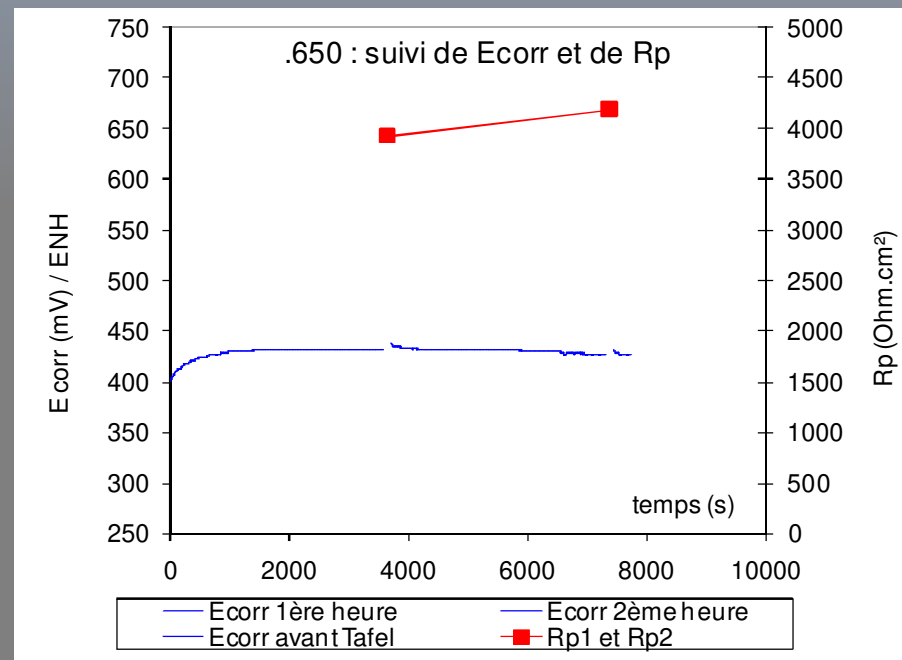
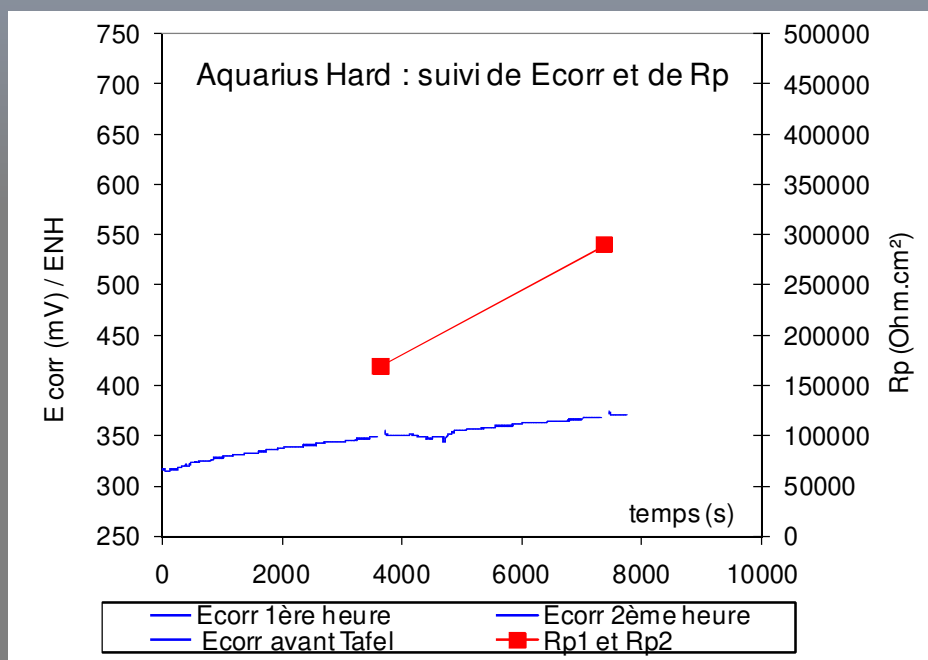
Composition	Concentration (g/L)
KCl	0,4
NaCl	0,4
CaCl ₂ , 2H ₂ O	0.906
NaH ₂ PO ₄ , 2H ₂ O	0.690
Na ₂ S, 9H ₂ O	0,005
Urée	1



Mesures électrochimiques (2/6)

Évolutions du potentiel de corrosion et de la résistance de polarisation

(exemple de l'alliage **Aquarius Hard** et de sa brasure **.650**)



Mesures électrochimiques (3/6)

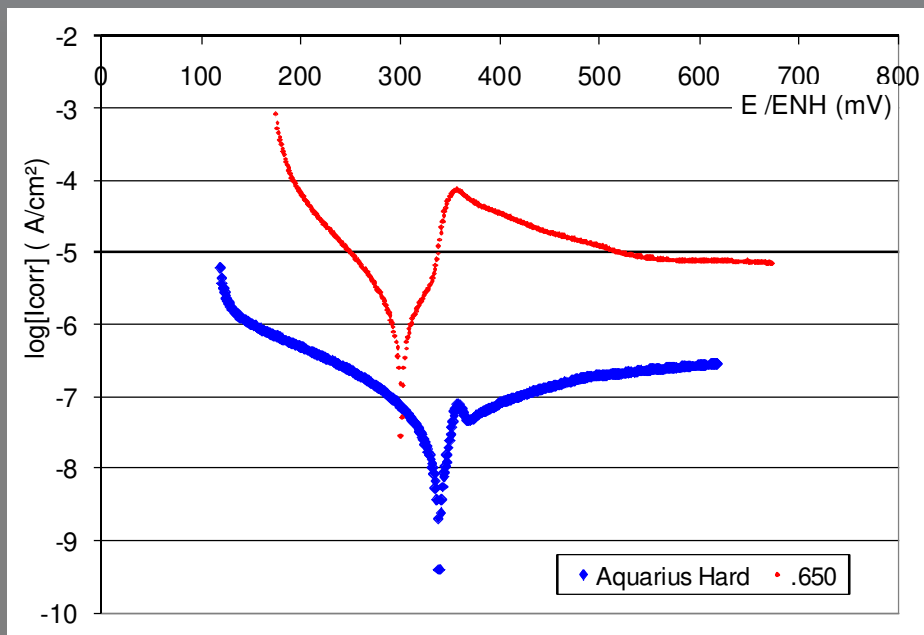
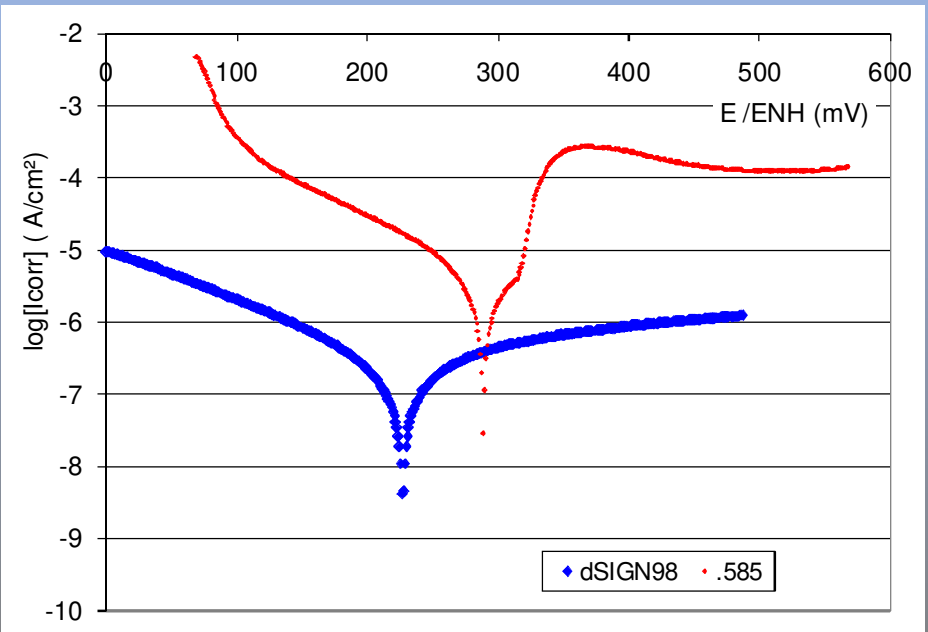
valeurs de E_{corr} et de R_p obtenues

Alliages parents	$E_{\text{corr}} / \text{ENH}$ (mV)			R_p (kOhm \times cm ²)	
	0h	1h	2h	R_p (1h)	R_p (2h)
dSIGN98	+240	+242	+242	109	115
	Au ⁰ Pt ⁰ Zn ⁺⁺				
Aquarius Hard	+317	+349	+369	169	290
	Au ⁰ Pt ⁰ Pd ⁰ In ⁺⁺⁺				
dSIGN91	+406	+455	/	61	72
	Au ⁰ Pd ⁰ In ⁺⁺⁺ Ga ₂ O ₃				
Lodestar	+394	+396	+395	112	119
	Au ⁰ Pd ⁰ In ⁺⁺⁺ Ga ₂ O ₃				
W	+299	+208	+173	51	51
	Au ⁰ Pd ⁰ Ag ⁰ In ⁺⁺⁺ Sn(OH) ₄				
dSIGN59	+31	+18	+11	3,5	3,9
	Pd ⁰ Ag ⁰ In ⁺⁺⁺ Sn(OH) ₂ /Sn(OH) ₄ Zn ⁺⁺				
4ALL	+101	+42	+24	83	88
	Ni ⁺⁺ Cr(OH) ₃ MoO ₂				
Pisces Plus	+14	+215	+217	64	89
	Ni ⁺⁺ Cr(OH) ₃ WO ₃				
Brasures secondaires	$E_{\text{corr}} / \text{ENH}$ (mV)			R_p (kOhm \times cm ²)	
	0h	1h	2h	R_p (1h)	R_p (2h)
.585	+333	+321	+321	1,6	1,7
	Au ⁰ Ag ⁰ Ga ₂ O ₃ Cu ⁰ /Cu ⁺⁺				
.615	+349	+335	+326	3,2	1,9
	Au ⁰ Ag ⁰ In ⁺⁺⁺ Cu ⁰ /Cu ⁺⁺				
.650	+401	+433	+427	3,9	4,2
	Au ⁰ Ag ⁰ Ga ₂ O ₃ Cu ⁰ /Cu ⁺⁺				
LFWG	+267	+101	+109	17	20
	Au ⁰ Ag ⁰ Zn ⁺⁺				

Mesures électrochimiques (4/6)

Tafel

sur alliage parent et brasure secondaire



Mesures électrochimiques (5/6)

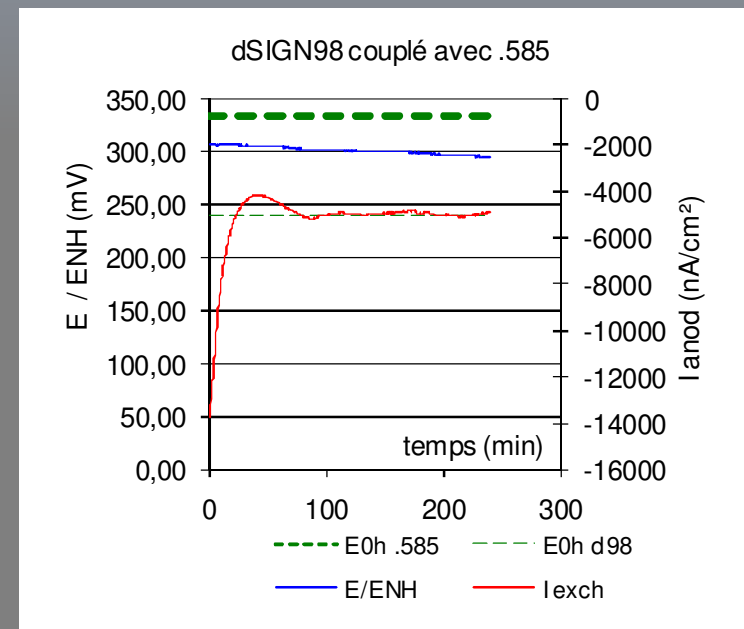
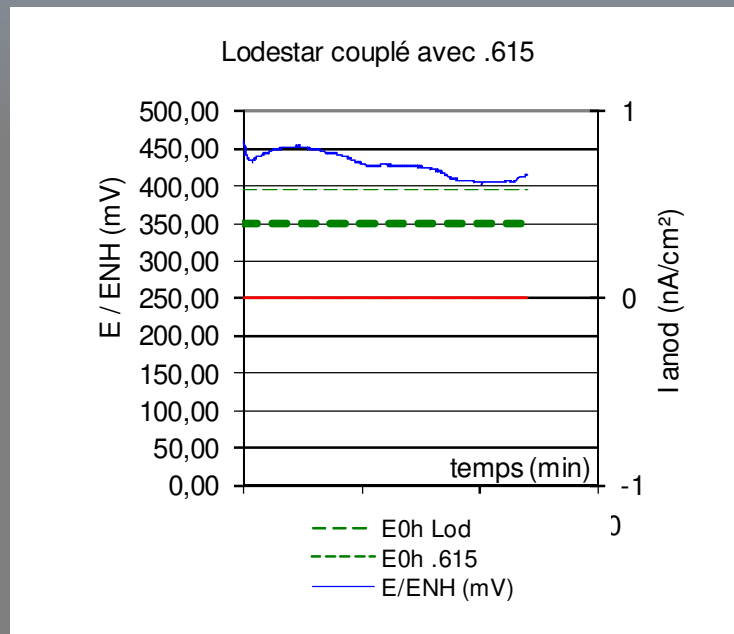
valeurs de E_{corr} et de I_{corr} obtenues

Alliages parents	E_{corr} / ENH (mV)	I_{corr} (nA/cm ²)
dSIGN98	+262	318
	Au ⁰ Pt ⁰ Zn ⁺⁺	
Aquarius Hard	+361	118
	Au ⁰ Pt ⁰ Pd ⁰ In ⁺⁺⁺	
dSIGN91	+300	542
	Au ⁰ Pd ⁰ In ⁺⁺⁺ Ga ₂ O ₃	
Lodestar	+345	381
	Au ⁰ Pd ⁰ In ⁺⁺⁺ Ga ₂ O ₃	
W	+169	1046
	Au ⁰ Pd ⁰ Ag ⁰ In ⁺⁺⁺ Sn(OH) ₄	
dSIGN59	+33	<i>Tafel pas possible</i>
	Pd ⁰ Ag ⁰ In ⁺⁺⁺ Sn(OH) ₂ /Sn(OH) ₄ Zn ⁺⁺	
4ALL	-10	458
	Ni ⁺⁺ Cr(OH) ₃ MoO ₂	
Pisces Plus	+98	<i>Tafel pas possible</i>
	Ni ⁺⁺ Cr(OH) ₃ WO ₃	
Brasures secondaires	E_{corr} / ENH (mV)	I_{corr} (nA/cm ²)
.585	+303	11776
	Au ⁰ Ag ⁰ Ga ₂ O ₃ Cu ⁰ /Cu ⁺⁺	
.615	+301	6610
	Au ⁰ Ag ⁰ In ⁺⁺⁺ Cu ⁰ /Cu ⁺⁺	
.650	+316	9528
	Au ⁰ Ag ⁰ Ga ₂ O ₃ Cu ⁰ /Cu ⁺⁺	
LFWG	+77	1700
	Au ⁰ Ag ⁰ Zn ⁺⁺	

Mesures électrochimiques (6/6)

couplages galvaniques

entre alliage parent et brasure secondaire



Commentaires sur les résultats (1/3)

Evolution du potentiel libre :

- 1^{ère} heure : peut augmenter (AH, .650, ...), décroître (W, LFWG, ...) ou rester constant (Lodestar, .585, ...)
- 2^{ème} heure : globalement stabilisé
- en général élevé : entre +10 (PB et N) et +460 (HN) mV / ENH
- domaines d'immunité de Au, Pt, Pd, Ag
- domaines de passivation de Cr, Ga, Sn, Mo, W
- mais domaines de corrosion de Ni, Zn, In, voire Cu

Résistances de polarisation :

- toutes élevées, mais des valeurs très différentes (1 -> 300 k Ω cm²)
- les plus hautes : alliages Nobles en général

Commentaires sur les résultats (2/3)

Méthode de Tafel : application souvent difficile

E_{corr} (Tafel) :

- en général proches du potentiel stabilisé pendant la 2^{ème} heure
- mêmes correspondances (immunité, passivation, corrosion)

I_{corr} (Tafel) :

- généralement très basses pour les alliages ($< 1 \mu\text{A} / \text{cm}^2$)
- un peu plus fortes pour les brasures ($1 - 10 \mu\text{A} / \text{cm}^2$)

Commentaires sur les résultats (3/3)

Comparaison potentiels E_{corr} alliages / brasures :

- parfois alliage > brasure (AH > .650, ...)
- parfois l'inverse (.585 > dSIGN98, ...)

Couplages galvaniques :

- généralement potentiel commun situé entre les deux E_{corr} individuels
- ou alors en dessous des E_{corr} de l'alliage seul et de la brasure seule
- souvent : alliages parents -> cathodiques et brasures -> anodiques
sauf Lodestar / .615 (courant nul) et dSIGN98 (anod.) / .585 (cathod.)
- pas toujours en accord avec l'ordre des E_{corr} individuels alliage/brasure

Conclusions

En général très grande résistance à la corrosion de tous les alliages et brasures

Effet des hautes teneurs en éléments nobles et de la passivation (Cr, ...)

Différences de E_{corr} alliage/brasures et de courants galvaniques (ordre variable)

Si la brasure secondaire est exposée seule au milieu buccal :

-> corrosion très faible

Si l'alliage parent émerge aussi (légèrement) :

-> corrosion galvanique possible mais très limitées

Vu la qualité des alliages et brasures, peu de risque d'affaiblissement mécanique localisé pour les armatures.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements

à la société **IVOCLAR VIVADENT**

pour la fourniture gracieuse des alliages pour cette étude.

Merci beaucoup pour votre attention.