

LA LIAISON MÉTAL- CÉRAMIQUE

P.Ag.M.CHEBIL

1. Introduction

- Les céramiques dentaires dédiées à la technique céramo-métallique sont de faible résistance aux contraintes de traction et de cisaillement.
- L'infrastructure métallique permet de soutenir la céramique cosmétique, ce qui permet de supporter tout type de contrainte.

- Pour cela, une liaison céramo-métallique efficace doit être mise en œuvre et permet d'obtenir un **ensemble céramo-métallique suffisamment résistant.**

Objectifs

1. Citer les critères de choix d'un alliage métallique destiné à l'emploi dans une restauration céramo-métallique.
2. Décrire la liaison de type chimique entre la céramique et l'armature métallique
3. Décrire la liaison de type mécanique entre la céramique et l'armature métallique
4. Décrire la liaison de type physique entre la céramique et l'armature métallique
5. Citer les étapes de laboratoire permettant d'obtenir la liaison Métal-céramique.

Plan

1. Introduction

2. Éléments de la liaison céramo-métallique

3. Critères de choix de l'alliage

3.1. les alliages précieux

3.2. les alliages semi-précieux

3.3. les alliages non précieux

3.4. Titane et ses alliages

4. Notions d'oxydation

5. Paramètres de la liaison céramo-métallique

5.1. les forces de liaison physique

5.2. les forces de liaison mécanique

5.3. les forces de liaison chimique

2. Éléments de la liaison céramo-métallique

2.1. La céramique cosmétique

microstructure et composition

2.2. L'alliage métallique

critères de choix de l'alliage

notions d'oxydation

2.1. La céramique cosmétique

Les céramiques destinées à l'émaillage des coiffes céramo-métalliques sont les céramiques feldspathiques

La matrice vitreuse : Feldspath ($K_2 Al_2 O_3 6SiO_2$) et feldspathoïdes (Leucite : $4 SiO_2 Al_2 O_3 K_2 O$)

La phase cristalline: Quartz

Composition chimique

- Les oxydes principaux: Oxyde de Silicium (silice), SiO_2 55 à 78%

en fonction de la température de 'fusion'
(Température de frittage), nous utilisons:

En prothèse céramo-métallique,

- Céramique Basse Fusion: 870°C à 1065°C
- Céramique Très basse Fusion 660°C à 780°C :
 - émaillage du titane,
 - émaillage d'alliage à haute teneur en or,
 - réalisation d'éléments entièrement en céramique
 - Joints céramique-dent

2.2. L'alliage métallique

Il s'agit de choisir l'alliage qui convient parmi: les alliages précieux, semi-précieux et non précieux.

3. Critères de choix de l'alliage

1. Propriétés mécaniques: le module de Young de l'alliage doit être supérieur à celui de la céramique (60 à 70 Gpa) pour donner une rigidité suffisante à l'infrastructure
2. Bonne résistance à la corrosion pour les critères de biocompatibilité

3. Point de fusion de l'alliage supérieur à la température de fusion de la céramique pour éviter toutes déformations lors des traitements successifs

(> de 150 à 200°C)

4. Un Coefficient de Dilatation Thermique (CDT) compatible avec la céramique

(CDT alliage légèrement > CDT céramique)

3.1. Les alliages précieux (à teneur élevée en or)

Avantages

- Usinage aisé lors de la préparation et de la finition des armatures
- Coulabilité excellente
- Réalisation des brasures facile
- Bonne résistance à la corrosion

Inconvénients

- Intervalle de fusion trop proche de celui de la céramique
- Module de Young (80 à 85 Gpa) parfois insuffisant lors de portées importantes

3.2. Les alliages semi-précieux (à base palladium)

Avantages

- **Propriétés mécaniques meilleures**
- Module de Young (100 à 130 Gpa) les rend plus résistants à la flexion et autorise des portées plus importantes
- **Intervalle de fusion élevé**, 1100 à 1300°C, élimine tout risque de déformation de l'infrastructure lors des différents cycles de cuisson de la céramique
- La réalisation des brasures est aisée
- Prix de revient moins élevé que les précieux

Inconvénients

- Dureté élevée (180 à 330 VHN): cela les rend moins malléables

3.3. Les alliages non précieux

Avantages

- **Propriétés mécaniques très élevées** permettant la réalisation d'infrastructures plus fines et de plus longues portées
- Le poids spécifique et la finesse des armatures donnent des infrastructures très légères
- **Intervalle de fusion élevé**, 1100 à 1400°C, permet de faire les cuissons de la céramique en toute sécurité

Inconvénients

- Difficiles à usiner
- Réalisation des brasures reste un problème

3.4. Le titane et ses alliages

- Le titane pur et les alliages Ti-Al6-V4 peuvent devenir des alliages importants dans les techniques céramo-métalliques, mais ils présentent des **difficultés dans leur mise en œuvre** : température de coulée de 1760°C à 1860°C, grande oxydabilité.
- Cependant de nouvelles techniques, comme les procédés d'usinage et d'électro-soustraction permettent d'envisager leur développement.

4. Notions d'oxydation

- La formation d'oxydes superficiels à haute température joue un rôle déterminant dans les mécanismes de liaison entre la céramique et l'alliage (TCM), ainsi que dans les procédés de soudo brasage.



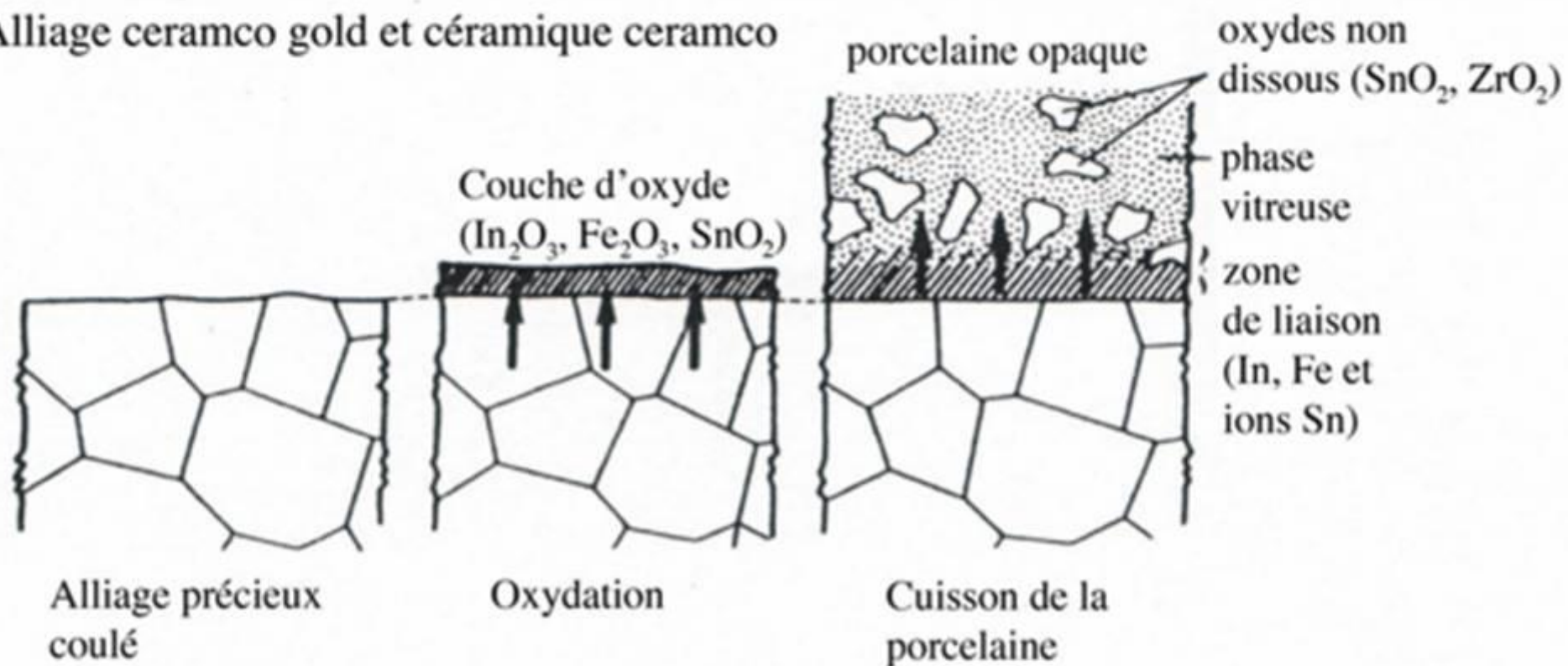
4.1. caractéristiques d'une couche d'oxydes

- Elle doit se former en surface
- Elle doit être fine, $< 1\mu$
- Elle doit être homogène et régulière sur toute la surface
- Elle doit être adhérente à la surface

4.2. Oxydation des alliages précieux

- Les alliages précieux, résistants à la corrosion, doivent être modifiés par adjonction d'éléments plus facilement oxydables (Fe, Ga, In, Sn, Zn)
- La formation de cette couche d'oxyde est alors obtenue lors du "dégazage" des armatures avant l'application de la céramique.

Alliage ceramco gold et céramique ceramco



Mise en évidence de la concentration en Au, In, Fe à travers l'interface céramique-métal après différents temps ou cycles de cuisson. La diffusion de In et Fe dans la céramique augmente avec le temps de cuisson. Diffusion

maxi = 25 μm

Oxydation des non précieux

- Les alliages non précieux contiennent des éléments comme Ni, Cr, Be qui forment très aisément des oxydes au moment du dégazage.
- Traitement thermique d'homogénéisation pour avoir une couche d'oxydes régulière.

Oxydation des base titane

- Céramique basse fusion pour rester sous la température de transformation allotropique du titane (882,5°C)
- CDT: 9×10^{-6} (on accorde la céramique)
- Forte oxydation avec l'oxygène: TiO, Ti₂O₃, TiO₂

5. Paramètres de la liaison CM

4.1. les forces de liaison physique

4.2. les forces de liaison mécanique

4.3. les forces de liaison chimique

4.1. Forces de liaison physique

Elles sont de 2 types:

- Forces de Van der Vals
- Phénomène de mouillabilité

4.1.1. Forces de Van der Vals

- Ce sont les forces qui interviennent lorsque 2 ou plusieurs molécules se lient entre elles sans qu'une réaction chimique ne se produise.
- Elles sont dues à l'attraction électrostatique intermoléculaire.

4.1.2. Phénomène de mouillabilité



- Un bon mouillage du métal par la céramique est un facteur essentiel de réussite car il favorise un collage intime entre la pâte visqueuse et l'infrastructure.
- Ceci facilite la pénétration dans les micro rétentions de surface de l'alliage, la réduction des bulles dans l'interface et une optimisation de l'adhérence chimique
- Le mouillage de l'alliage est amélioré par la couche d'oxydes qui se forme à sa surface.

4.2. Forces de liaison mécanique

Ces forces sont de 2 types:

- Ancrage de la céramique
- Mise en compression de la céramique à l'interface

4.2.1. Ancrage de la céramique

Après refroidissement, la céramique est ancrée dans les rugosités de surface de l'alliage.

- L'observation des interfaces céramo métalliques révèle deux formes de rugosités bien distinctes: microscopiques et macroscopiques

Rugosités microscopiques

Les rugosités microscopiques se créent lors de la cuisson par dissolution sélective de certaines phases de l'alliage.

Rugosités macroscopiques

Proviennent d'un traitement de surface de l'alliage avant la cuisson, exemple: grattage suivi de sablage aux grains d'alumine de 100 micromètre.

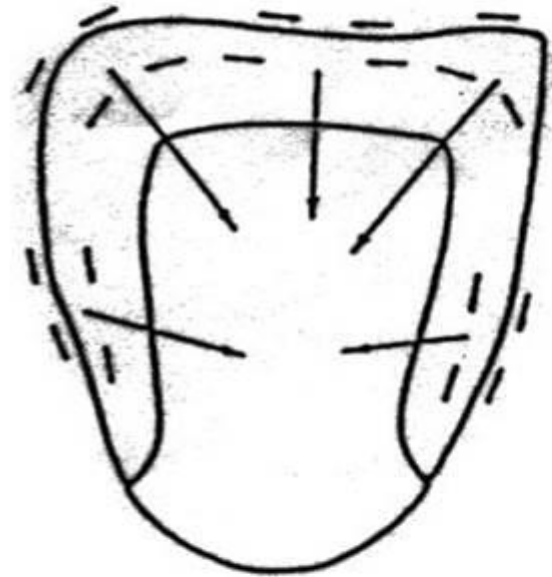
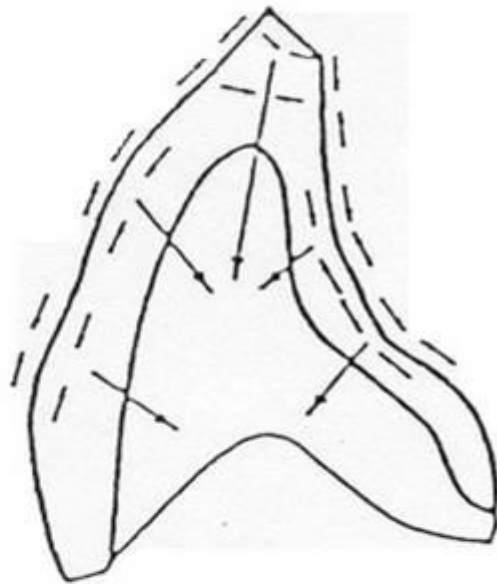
Remarque

- Le sablage permet de réaliser une texture de surface légèrement rugueuse et régulière qui augmente la surface de liaison et améliore la rétention.
- (grains de sable d'alumine 100 microm. À 3 bars)

4.2.2. Mise en compression de la céramique à l'interface

- La différence de C.D.T. entre l'alliage et la céramique (CDT alliage > CDT céramique) donne une mise en compression de la céramique et une augmentation du phénomène d'adhérence (CDT: $14 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)
- Cette compression de la céramique (frettage) est mécaniquement favorable, puisqu'elle permet de s'opposer à l'initiation ou la propagation des fissures.

Schéma des contraintes compressives.



4.3. les forces de liaison chimique

- Nous admettons l'Hypothèse de l'oxydation

Une couche d'oxydes formée à la surface du métal est dissoute dans la céramique en fusion permettant la jonction métal-céramique. Elle joue le rôle de promoteur d'adhérence.

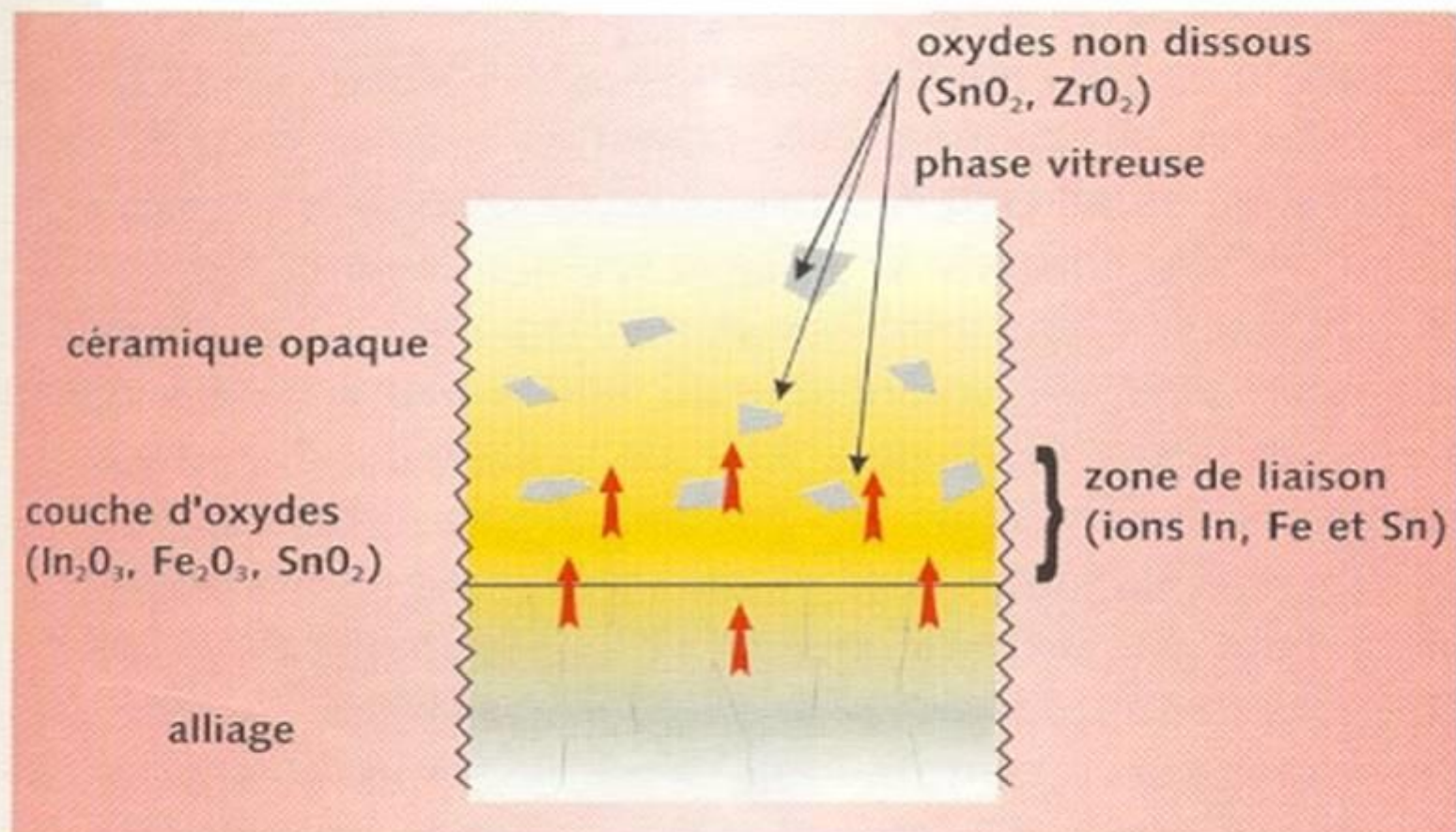


Fig. 20 : la liaison chimique s'explique par la migration des éléments non nobles vers la surface de l'alliage, puis leur diffusion dans la phase vitreuse de la céramique. (D'après Meyer)

En pratique

- ✓ Après avoir débarrassé l'armature de son revêtement;
- ✓ Grattage avec fraise en Tungstène
- ✓ Sablage 100 micom. À 3/4bars
- ✓ Oxydation/dégazage à 980°C pdt 10 min
- ✓ Sablage (régulariser la couche d'oxydes)
- ✓ Nettoyage à la vapeur d'eau
- ✓ Application du lait d'opaque