

LES METAUX

L'utilisation des métaux en prothèse dentaire est basée sur la connaissance parfaite de ses diverses propriétés :

- PROPRIETES PHYSIQUES : dépendant de leur nature propre ;
- CARACTERISTIQUE MECANIQUES : façon dont ils réagissent aux efforts qui leur sont appliqués ;
- RESISTANCE à LA DESTRUCTION.

Les métaux utilisés en prothèse dentaire sont très nombreux car les fabricants se sont ingénies à créer, par mélange de plusieurs métaux, des alliages présentant les propriétés exigées par les prothèses (bridge céramo-métal ; stellites ; etc...) Légèreté ; solidité ; bonne tenue en bouche ; bio compatibilité ; avec les céramique.

LES PROPRIETES PHYSIQUES DES METAUX

En dehors de l'aspect extérieur caractérisé principalement par la couleur, qui permet souvent de reconnaître à première vue la nature d'un métal, il est indispensable de connaître les propriétés suivantes :

Masse volumique ; fusibilité ; dilatabilité ; malléabilité ; ductilité ; Conductibilité thermique ; conductibilité électrique.

LA MASSE VOLUMIQUE

La masse volumique d'un corps est la masse de l'unité de volume du corps considéré

L'unité légale de masse volumique est :

Le KILOGRAMME PAR METRE CUBE (kg/m^3)

Cependant pour faciliter les calculs on peut l'exprimer en gramme par centimètre cube (g/cm^3)

Exemple :

- 1mètre cube de cuivre pèse 8900 kilogramme
- 1 centimètre cube de cuivre pèse 8.9 grammes

Les métaux ont une masse volumique plus ou moins grande

Le tableau ci-dessous indique la masse volumique de quelques métaux.

METAUX	Kg/m ³	g/cm ³
Aluminium	2500	2.5
Nickel	8300	8.3
Argent	10500	10.5
Or	19300	19.3
Plomb	11300	11.3

Dans votre profession, des alliages équivalents peuvent, suivant leur fabrication, avoir des masses volumiques différentes. A titre indicatif, le tableau ci-dessous donne la masse volumique de quelques alliages d'or.

	En kg/m ³	En kg/dm ³	En g/cm ³		En kg/m ³	En kg/dm ³	En g/cm ³
Or pur	19 330	19,33	19,33	Ors spéciaux jaunes	De 14 600	De 14,6	De 14,6
Or à 22 carats	18 000	18	18		à 16 000	à 16	à 16
Or à 20 carats	16 400	16,4	16,4	Ors spéciaux ivoire	De 13 800	De 13,8	De 13,8
Or à 18 carats	15 300	15,3	15,3		à 15 900	à 15,9	à 15,9
Or à 18 carats platiné	15 400	15,4	15,4	Ors blancs	De 10 700	De 10,7	De 10,7
Or platiné 15 ‰	14 200	14,2	14,2		à 14 200	à 14,2	à 14,2

Les fabricants de métaux pour la prothèse ont cherché à obtenir des alliages de faible masse volumique permettant la réalisation d'appareils légers et cependant solides.

LA FUSIBILITE :

La fusibilité est la propriété qu'ont les métaux de se liquéfier sous l'action de la chaleur

A l'état liquide, ils sont plus ou moins fluides. Certains sont pâteux.

LE POINT DE FUSION :

Pour les métaux purs la température reste constante pendant toute la fusion.

Cette température constitue **le point de fusion.**

Exemple :

OR.....1063°

ARGENT.....961°

NICKEL.....1452°

CHROM.....1890°

COBALT.....1495°

TUNGSTENE.....3370°

CUIVRE.....1083°

L'INTERVALLE DE FUSION:

Pour les alliages, la température varie généralement pendant la fusion ou, inversement, pendant la solidification. A savoir un alliage c'est l'association de plusieurs métaux pure

Les alliages présentent donc, non pas un point de fusion, mais un **Intervalle de fusion.**

- la limite inférieure, appelée aussi **SOLIDUS**, indique le début de la fusion.
- La limite supérieure, appelée aussi **LIQUIDUS** indique la température à partir de laquelle l'alliage est complètement fondu.

L'intervalle de fusion d'un alliage est toujours précisé par le fabricant, il est indispensable de le connaître pour pouvoir effectuer correctement une coulée afin de ne pas surchauffer le métal, ce qui lui ferait perdre ses propriétés physiques et provoquer des retassures de surface de la pièce coulée.

Exemple :

Alliage : Nickel ; Chrome

Intervalle de fusion solidus1290-1330°
 Liquidus.....1370-1420°

OR à 22 carats (8.34% de cuivre) 1050° 1070°

Température de coulée (°C)

Lorsque la température atteint le liquidus, la totalité de l'alliage se trouve à l'état liquide. Un arrêt du chauffage de l'alliage à ce moment précis conduit à un processus de solidification immédiat de certaines particules. Par conséquent, il est essentiel que la température de coulée dépasse d'environ 50 °C à 150°C la température liquidus de l'alliage, permettant ainsi au métal encore liquide de remplir le cylindre dans sa totalité.



LA DILATABILITE :

La dilatabilité est la propriété que possèdent les métaux d'accroître leurs dimensions sous l'effet de la chaleur.

Pour réaliser correctement une coulée, on doit tenir compte de la dilatation qui se produira au moment de la coulée et surtout de la contraction qui se produira pendant le refroidissement. On utilise pour cela des revêtements compensateurs

Voir le cours sur les revêtements.

LA MALLEABILITE

La malléabilité est la propriété que possèdent certains métaux, de se laisser réduire en feuilles minces par une machine appelé laminoir.

LA DUCTILITE :

La ductilité est la propriété que possèdent certains métaux de se laisser étirer en fils.

Pour la prothèse la ductilité est appliquée pour la fabrication des fils acier inoxydable sous forme de jonc demi-joncs pour la réalisation des crochets.

LA CONDUCTIBILITE THERMIQUE

La conductibilité thermique est la propriété que possèdent tous les métaux de transmettre la chaleur.

Les métaux sont plus ou moins bons conducteur de la chaleur notamment dans la construction des fours de chauffe pour les cylindres.

LA CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE

La conductibilité électrique est la propriété que possèdent tous les métaux de transmettre le courant électrique.

Le cuivre et l'aluminium sont des très bons conducteurs de l'électricité.

En revanche, le bois ; le caoutchouc ; porcelaine sont des isolants électrique.

LES DIFFÉRENTS EFFORTS AUXQUELS PEUVENT ÊTRE SOUMIS LES MÉTAUX

Les métaux entrant dans les constructions mécaniques ou dans les machines sont soumis à différents EFFORTS OU CONTRAINTES qui entraînent des déformations. Ces efforts sont la *traction*, la *compression* et le *flambage*, le *cisaillement*, la *flexion*, la *torsion*.

La traction

Quand les efforts s'exercent dans le sens de la longueur d'une pièce et tendent à en écarter les molécules, cette pièce s'allonge et s'amincit; il se produit une *striction*. On dit que la pièce subit des efforts de TRACTION (*fig. 1*).

Les *câbles de remorque* et les *câbles d'appareils de levage* travaillent à la traction.

La compression et le flambage

La compression peut être considérée comme l'inverse de la traction; sous son action, les molécules tendent à se rapprocher, la matière se contracte.

Quand la pièce est de section importante et de faible hauteur, elle subit une COMPRESSION sous la charge P (*fig. 2*).

Ainsi, théoriquement, sous chaque effort de la mastication, l'épaisseur de la *face occlusale d'une couronne* diminue; en même temps, cette face occlusale s'étale et les diamètres vestibulo-lingual et mésio-distal augmentent.

Quand la section est faible et que la pièce est longue, elle se courbe; cette déformation prend le nom de FLAMBAGE (*fig. 3*).

Les *fondations* d'un immeuble subissent des efforts de compression. Les *poteaux d'étais* de galeries de mines peuvent flamber s'ils sont trop chargés.

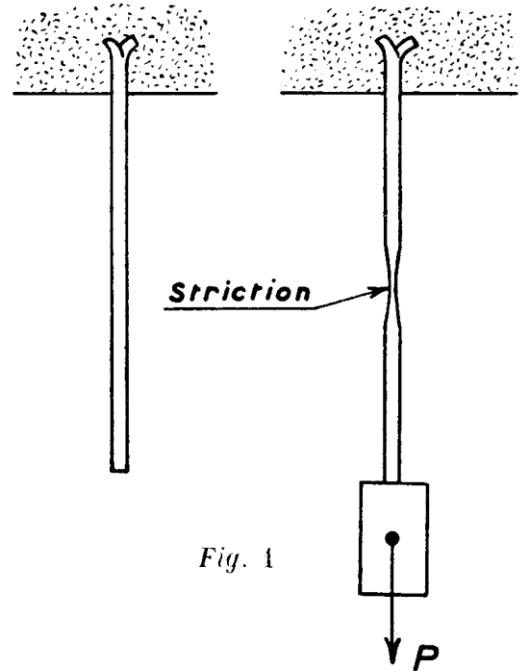


Fig. 1

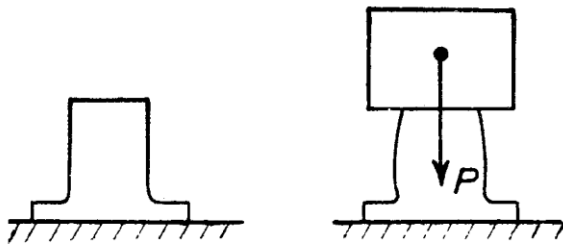


Fig. 2

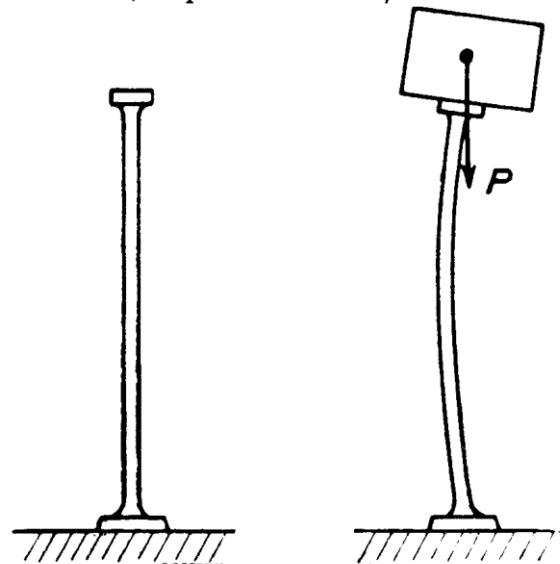


Fig. 3

Le cisaillement

Parfois, les efforts exercés sur les métaux ont pour effet de sectionner le métal; on dit que la pièce subit des efforts de **CISAILLEMENT** (fig. 4).

Certaines machines sont munies de *rupteurs de traction* qui se cisailent, si l'effort demandé à la machine est trop important. C'est ainsi que l'attelage d'une charrue à un tracteur se fait souvent par l'intermédiaire d'un rupteur de traction qui casse si le soc rencontre un obstacle important.

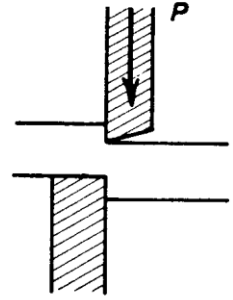


Fig. 4

La flexion

Théoriquement, sous l'effet d'efforts dirigés dans un plan perpendiculaire à sa longueur, la travée d'un pont fléchit entre les piliers. Plus généralement, la **FLEXION** tend à plier ou à courber la pièce qui la subit (fig. 5). Cette déformation que l'on essaye souvent d'éviter, est parfois utilisée en mécanique, par exemple dans la fabrication des *ressorts à lames*.

Les *bridges* subissent aussi des déformations par flexion.

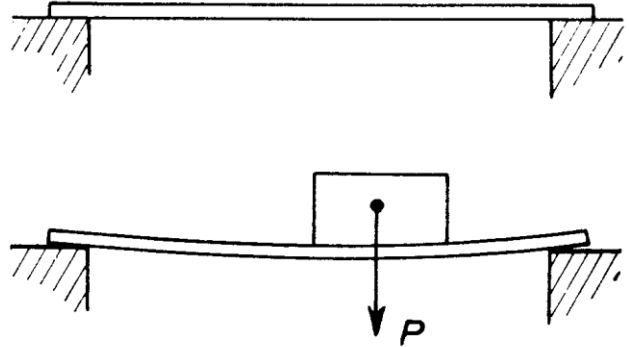


Fig. 5

La torsion

Si vous serrez un tuyau de caoutchouc entre les mors d'un étau et qu'à la main vous tournez son extrémité, vous constatez que la génératrice du tuyau se déforme suivant une hélice (fig. 6). Cette déformation est appelée **TORSION**.

Elle est appliquée aux *ressorts à boudin* et aux *barres de torsion* des suspensions automobiles.

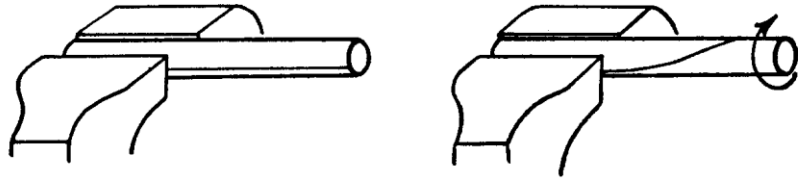


Fig. 6

LA TÉNACITÉ

La ténacité est la propriété des métaux qui leur permet de résister plus ou moins aux contraintes auxquelles ils sont soumis.

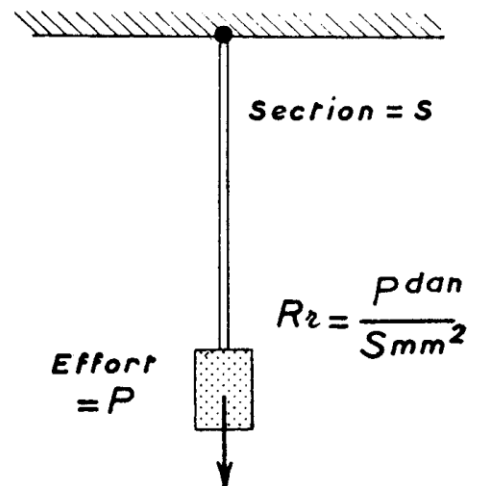
Ces contraintes peuvent être :

- **SIMPLES** lorsqu'un seul effort agit;
- **COMPOSÉES** lorsque plusieurs efforts agissent en même temps; par exemple, dans le cas d'un arbre de transmission subissant à la fois des efforts de traction et de flexion.

La ténacité est la **RÉSISTANCE R_r** à LA RUPTURE. C'est l'effort de traction nécessaire pour rompre un fil de métal dont la section est un millimètre carré (fig. 7).

Si P décanewtons (1) est l'effort de traction et S millimètres carrés la section du fil, on a, pour le métal considéré :

$$R_r = \frac{P \text{ (décanewtons)}}{S \text{ (millimètres carrés)}}$$



$$R_r = \frac{P \text{ dan}}{S \text{ mm}^2}$$

Fig. 7

L'ÉLASTICITÉ

L'élasticité est la propriété des métaux qui leur permet de reprendre leur forme initiale, quand on supprime l'effort qui les déformait.

Sous l'action d'un effort ne dépassant pas certaines limites, malgré sa ténacité, une pièce de métal se déforme; elle s'allonge ou se courbe. Si elle est élastique, la pièce revient à sa forme initiale quand on supprime l'effort.

Les déformations constatées sont dites DÉFORMATIONS ÉLASTIQUES, puisqu'elles ne sont que passagères et ne se manifestent que pendant l'action de l'effort.

Les expériences présentées schématiquement ci-dessous (fig. 8) sont faciles à comprendre. Elles vous montrent que les métaux sont élastiques.

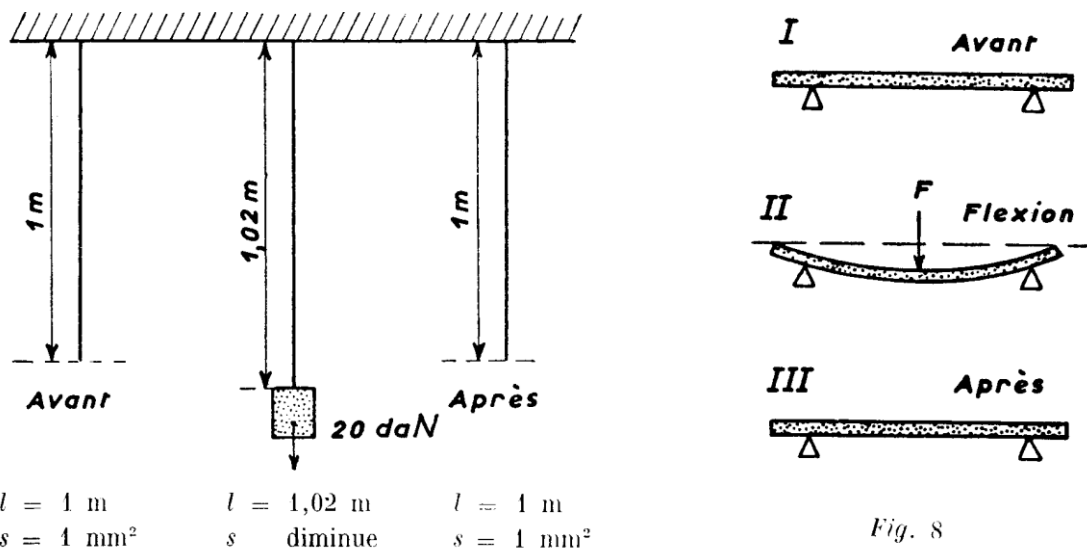


Fig. 8

Le module d'élasticité

La force qu'il faut appliquer à un fil ou à une bande de métal, pour lui donner une déformation élastique, mesure la rigidité du métal. Elle s'exprime par le **MODULE D'ÉLASTICITÉ** : c'est la force, exprimée en décanewtons, qui serait nécessaire pour allonger temporairement, de 1 millimètre, un fil de 1 mètre de longueur et de 1 millimètre carré de section.

Plus le module d'élasticité est élevé, plus le métal est rigide.

L'allongement à la rupture

D'une façon générale, l'ampleur des déformations que l'on peut faire subir à un métal est liée à son **ALLONGEMENT À LA RUPTURE**, c'est-à-dire à l'allongement maximum dont peut, sans se rompre, s'allonger par traction une éprouvette du métal considéré (morceau de métal de section déterminée). On l'exprime en pourcentage de la longueur initiale de l'éprouvette.

Plus le pourcentage d'allongement est élevé, plus le métal est ductile. Le tableau ci-dessous vous indique les allongements à la rupture de quelques alliages.

Stellite	environ 2 à 4	Acier (18/8)	35 à 45	Or à 18 carats	environ 42,5
Platine iridiée (15 %)	21	Or à 24 carats	40 à 50	Or à 22 carats	environ 43
Platine	30 à 40	Or à 20 carats	environ 42,5	Argent	48 à 50

REMARQUES :

1° Les métaux sont plus ou moins élastiques; cette propriété découle directement de la ténacité. En prothèse dentaire, il est indispensable que les métaux utilisés pour la confection des crochets possèdent une certaine élasticité, pour permettre la mise en place, le maintien et la sortie de l'appareil.

2° Il est possible d'améliorer l'élasticité d'un métal, l'acier en particulier, en incorporant du silicium. Les aciers au silicium sont utilisés pour la fabrication des ressorts.

LES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES MÉTAUX (suite)

LA DURETÉ

La dureté est la propriété qu'ont les métaux de résister plus ou moins au frottement, à l'usure.

On sait que l'acier est plus dur que l'or et l'or plus dur que le plomb. L'acier ne se laisse pas rayer ou entamer par une lame de couteau, alors que le plomb se coupe facilement au couteau et est rayé par l'ongle.

On ne mesure pas la dureté d'un métal, on la détermine par un *essai de pénétration* que l'on fait subir à la pièce ou à un échantillon du métal à essayer.

Le principe de l'essai

Une bille en acier dur de 10 millimètres de diamètre est mise en contact avec la pièce, puis soumise à un effort de 3 000 décanewtons (*fig. 1*). Il y a pénétration de la bille dans le métal.

On conçoit que cette pénétration est d'autant plus importante que le métal à essayer est moins dur; c'est donc la grandeur de l'empreinte laissée par la bille sur la surface de la pièce à essayer qui renseigne sur la dureté cherchée. IL SUFFIT DE MESURER LE DIAMÈTRE DE L'EMPREINTE, pour en calculer la surface en millimètre carré.

On détermine la dureté par la formule :

$$\Delta = \frac{P \text{ (3 000 décanewtons)}}{S \text{ (millimètres carrés)}}$$

La lettre grecque Δ (*delta*) désigne la dureté. Sa valeur est obtenue en divisant l'effort P (*en général 3 000 décanewtons*) par la surface S de l'empreinte exprimée en millimètres carrés. Cette méthode porte le nom de BRINELL, physicien qui l'a imaginée.

Plus le chiffre de Brinell est élevé, plus le métal est dur. Le tableau ci-dessous vous indique quelques duretés Brinell.

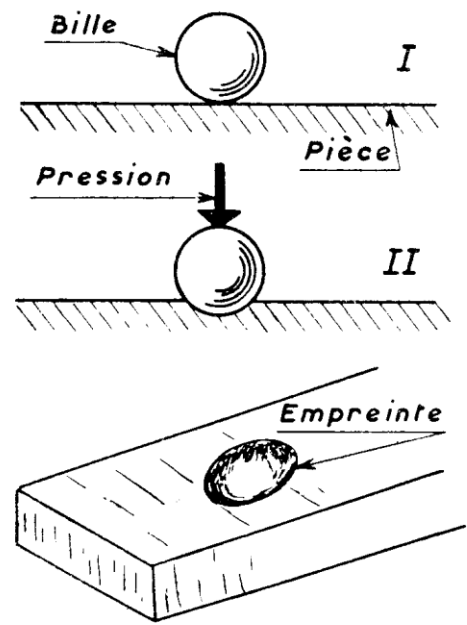


Fig. 1

LA RÉSISTANCE DES MÉTAUX À LA DESTRUCTION

Pour assurer la conservation des pièces fabriquées, il faut s'opposer aux processus de destruction à longue échéance : l'*usure* et la *corrosion*.

L'USURE

L'usure est une perte de matière qui résulte du frottement de deux surfaces l'une sur l'autre.

C'est un phénomène très complexe qui dépend de la nature des surfaces frottantes et des produits interposés, abrasifs ou lubrifiants.

En général, un corps dur use le corps moins dur; mais cette règle n'est cependant pas absolue. L'étude des phénomènes d'usure n'a pas encore fait l'objet de recherches très approfondies.

LA CORROSION

La corrosion est une destruction par action chimique due à l'action des agents extérieurs, des milieux dans lesquels les pièces devront séjourner ou fonctionner : eau, air, acide.

En outre, la corrosion est souvent favorisée par des phénomènes électrolytiques.

L'action de l'eau, de l'air et de la salive

L'eau, l'air et la salive produisent l'OXYDATION des pièces. Suivant les métaux, cette oxydation est plus ou moins importante et rapide; elle produit la *rouille* destructive des métaux ferreux et le dangereux *vert de gris* des métaux cuivreux.

REMARQUE :

Certains métaux, tels le chrome et ses alliages sont très altérables par l'oxygène de l'air. A la température ambiante, ils se recouvrent rapidement d'une couche d'oxyde infiniment mince et transparente, aux molécules si serrées que toute pénétration ultérieure de l'oxygène devient impossible. De ce fait, ces métaux jouissent d'une résistance remarquable à la corrosion. A ce groupe appartiennent le nickel-chrome et le chrome-cobalt.

L'action des acides

Si l'on verse quelques gouttes d'acide sur une tôle d'acier mince, il se produit d'abord un bouillonnement dû à la *réaction chimique* de l'acide sur l'acier. Puis, au bout d'un certain temps, un trou apparaît dans la plaque, à l'endroit où avait été déposé l'acide. Cet acide a *rongé* le métal. Il peut donc être dangereux de laisser en contact de l'acide et des pièces métalliques.

Les acides attaquent presque tous les métaux. Toutefois, le plomb n'est pas attaqué par l'acide sulfurique. Cette propriété est d'ailleurs utilisée pour la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé dit *des chambres de plomb*. C'est pour la même raison que les plaques des accumulateurs contenant de l'acide sont en plomb.

L'attaque des métaux par les acides est aussi utilisée dans la gravure.

Le dérochage

Dans votre profession, l'action des acides sur les métaux est utilisée pour nettoyer certaines pièces métalliques par l'opération appelée DÉROCHAGE ou *déroché* qui consiste simplement à tremper la pièce dans un bain approprié.

- Pour l'or, le bain est constitué par de l'acide chlorhydrique dilué.
- Pour l'acier, le bain est un mélange, dans des proportions bien définies, d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique.
- Pour les alliages spéciaux, des bains appropriés sont préparés et fournis par les fabricants.

La corrosion électrolytique

Si, dans le milieu buccal, on met en contact ou au voisinage l'un de l'autre, deux alliages très différents, par exemple un or riche et une obturation faite d'un amalgame pauvre en argent, *il est possible qu'une minuscule pile électrique se trouve ainsi formée*. Il en résulte une destruction de l'amalgame qui se dissout peu à peu et donne un dépôt noir sur l'or.