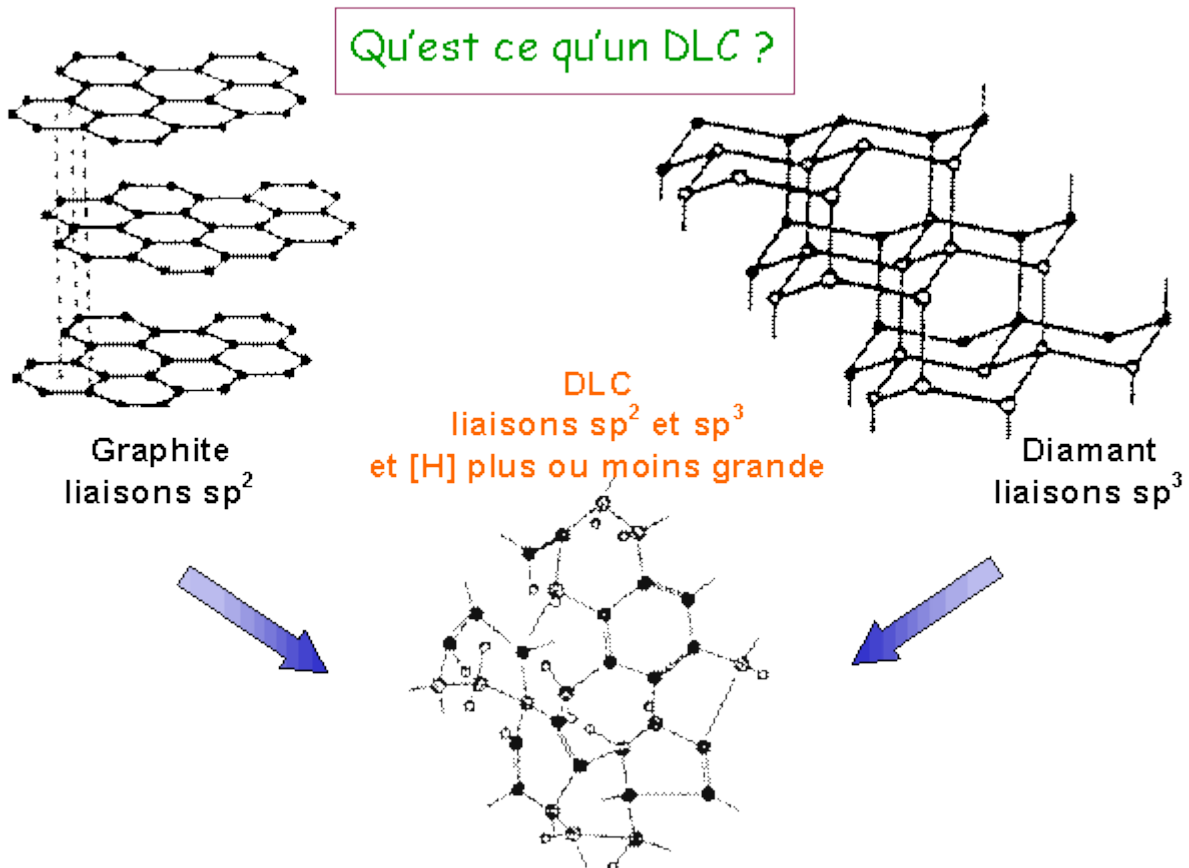


Le Carbone amorphe (DLC : Diamond Like Carbon ; aC:H, MeC:H)

Le carbone amorphe souvent appelé DLC est un matériau obtenu en couches minces (parfois moins de 1 μm) par les techniques de dépôt sous vide. Sa dureté est variable mais toujours très élevée (1000 à 5000 Vickers et plus). Sa particularité est de présenter un coefficient de frottement en général très bas avec de très nombreux antagonistes (coefficient de frottement souvent inférieur à 0,1). Cette propriété alliée avec une inertie chimique remarquable permet de l'utiliser dans des applications où l'usure et le frottement doivent être faibles.



Propriétés générales des revêtements

- Résistants à l'usure – Dur mais flexible
- Résistants à la corrosion - insensible aux acides, bases et solvant
- Lubrifiants – coefficient de friction < 0.1
- Adhérent – Chimiquement lié au substrat
- Biocompatible – L'intégrité de la cellule est conservée
- Haemocompatible – réduit la coagulation
- Atomiquement très dense - barrière de diffusion efficace

Mise en œuvre des revêtements

Les revêtements minces et durs de type carbone amorphe sont déposés par des techniques de dépôt sous vide faisant tous appels au plasma froid. Il s'agit pour l'essentiel de :

Exemple de procédé décrit par: C. Donnet, J. Fontaine, T. Le Mogne, M. Belin, C. Héau, J. P. Terrat, F. Vaux, G. Pont, Surface and Coatings Technology 120-121 (1999) 548-554.

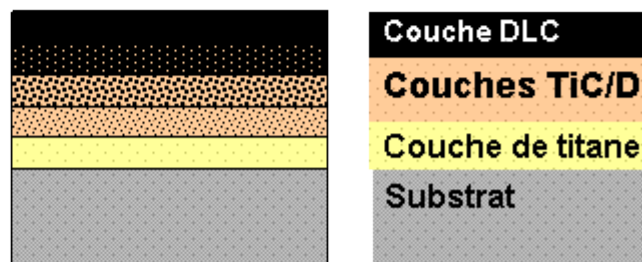
PVD (Physical Vapour Deposition) PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition)

- ❶ pulvérisation d'une fine couche de titane (200nm)
- ❷ création d'un plasma réactif en craquant de l'acétylène
- ❸ masquage de la source magnétron pour déposer la couche DLC



Enceinte de dépôt TSD400

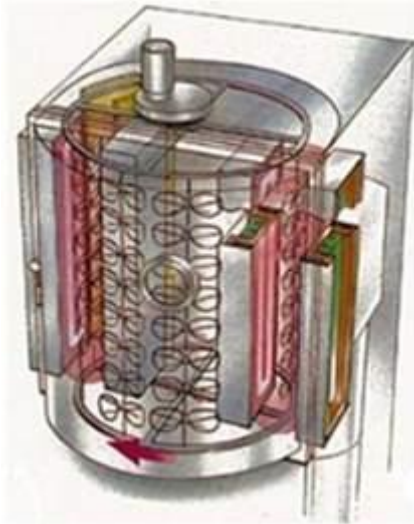
Structure des dépôts obtenus



Les couches minces ainsi obtenues sont principalement constituées de carbone et d'hydrogène, avec des teneurs en hydrogène variant selon la tension de polarisation du substrat. Ce dernier paramètre est d'importance, car il apparaît clairement que la teneur en hydrogène diminue lorsque la valeur absolue de la tension augmente, et ce de manière à peu près linéaire.

La technique PVD, dépôt physique en phase vapeur, détails techniques et explications

Le procédé PVD (dépôt physique en phase vapeur, en français) est un procédé de dépôt dans lequel les atomes ou molécules d'un matériau qui peut être un métal, un alliage, etc. vont former des couches minces avec des propriétés particulières sur les pièces à recouvrir.



Généralités.

Cette méthode de dépôt est une technique en voie sèche qui évite les rejets polluants. Les dépôts sous vide sont encore en plein essor et font l'objet de nombreuses recherches.

Pulvérisation cathodique

En 1852, Grove, puis en 1858, Plucker, constatent qu'une décharge électrique entre deux électrodes séparées par un gaz sous très basse pression entraîne la formation d'un film mince à l'anode constitué du même matériau que la cathode. C'est la découverte de la pulvérisation cathodique mais ce n'est finalement qu'à partir des années 1950 que la pulvérisation cathodique commence son expansion, en particulier en 1972 avec l'invention de la cathode magnétron.

La pulvérisation cathodique magnétron :

Une cathode magnétron est pourvue d'un aimant placé derrière celle-ci permettant d'augmenter les probabilités de collision des électrons avec les atomes d'argon et d'avoir un plasma plus dense. Cette technique permet de réaliser des dépôts sous atmosphère réactive (ajout d'un gaz) ainsi que d'alliages. Le confinement magnétique permet une vitesse de dépôt élevée et il est possible de revêtir des pièces avec des géométries relativement complexes.

Principe de la pulvérisation cathodique magnétron

Une différence de potentiel est établie entre la cathode et l'anode en présence d'un gaz plasmagène (argon en général). Sous l'effet du champ électrique les électrons libres présents dans le gaz (présent du fait des radiations ou des rayons cosmiques) vont rentrer en collision avec les atomes d'argon et si leur énergie est suffisante, vont pouvoir ioniser ces atomes qui vont à leur tour libérer un électron :



L'émission électronique va provoquer une réaction en chaîne et générer un plasma d'argon électriquement neutre constitué d'atomes d'argon, d'électrons et d'ions argon. Le plasma est alors auto-entretenu par les électrons libérés lors des collisions avec les atomes de gaz et ceux émis par la cathode, ce tant que le champ électrique est présent. Les ions chargés positivement (Ar^{+}) vont venir frapper la surface de la cible (cathode) polarisée négativement. Ces collisions vont provoquer des transferts de quantité de mouvement qui se traduiront par l'expulsion d'atomes de la cible qui vont former une vapeur métallique. Celle-ci va se condenser sur les pièces à traiter. Les atomes vont former des îlots sur le substrat puis vont diffuser pour former une structure colonnaire (contrairement aux revêtements galvaniques qui sont plutôt lamellaires).

On peut résumer la pulvérisation cathodique comme un phénomène mécanique de transfert de quantités de mouvement, celles-ci étant obtenues par accélération d'électrons puis d'ions gazeux sous l'effet d'un champ électrique.

Les phénomènes mis en jeu lors du traitement, imposent des conditions de résistance des substrats à certains paramètres tels que la température, la pression (10^{-6} mbar sans dégazer) ou encore le bombardement ionique et imposent que les pièces à recouvrir soient conductrices, faute de quoi on aura l'apparition d'arcs électriques pouvant conduire à la destruction de la pièce. De plus, les pièces doivent résister au dégraissage lessiviel sans s'oxyder et ne doivent pas comporter de trop grosses zones de rétention d'eau (étuvage sous vide obligatoire lorsque il reste de l'eau après séchage en fin de cycle de dégraissage).

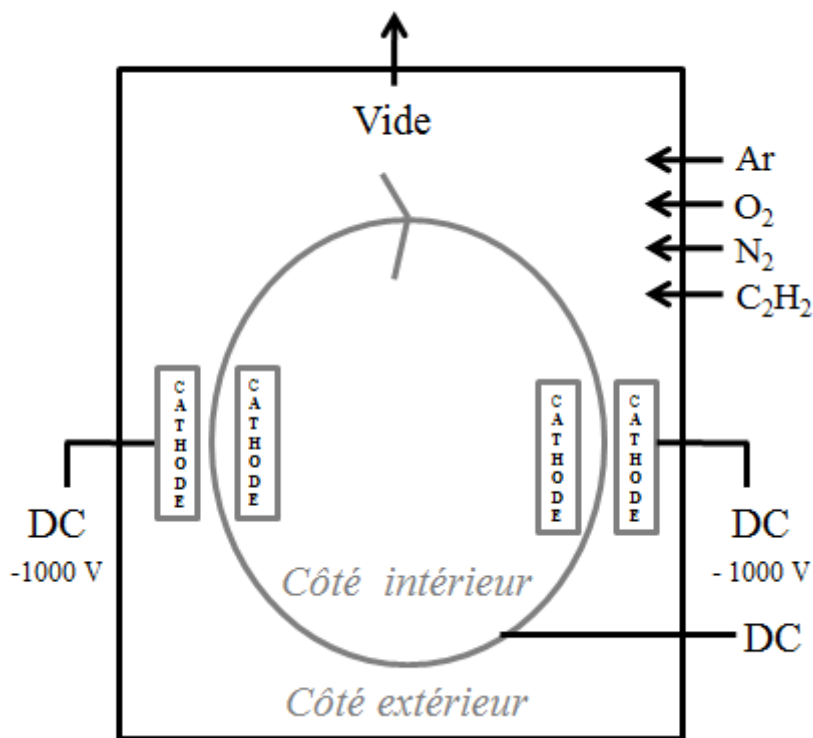
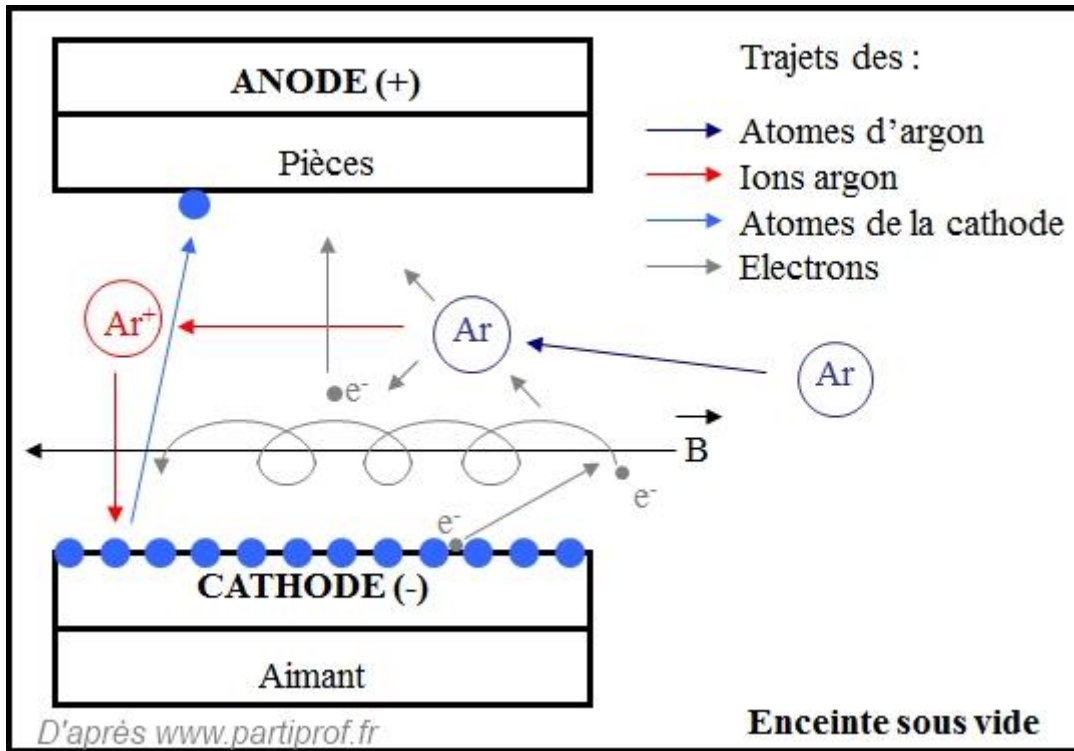


Schéma de principe de la pulvérisation cathodique magnétron et schéma d'une machine de traitement PVD

Le principe de la pulvérisation cathodique magnétron est résumé sur le schéma ci-dessus. Les électrons qui dans la même logique que les ions argons devraient être attirés par l'anode, vont suivre un parcours en spirale qui va maximiser leurs probabilité de collision et donc les chances d'ionisation grâce à l'utilisation de la cathode magnétron. En effet le champ magnétique va engendrer une force d'accélération inversement proportionnelle à la masse qui affectera de ce fait uniquement les électrons et pas les ions argons.

