

THÈME : MATÉRIAUX

Partie structure et propriétés

Introduction

Définir le terme « matériau » et proposer quelques exemples bien distincts et si possible marqués historiquement.

- métallurgie
- matières plastiques
- matériaux composites

Le principal domaine d'étude concernera les matériaux solides

I - CONDUCTEURS, ISOLANTS, SEMI-CONDUCTEURS

1) Recherches préliminaires

Définir les termes suivants :

- « Matériau » (*en plus de la définition générale, vous proposerez au moins trois exemples qui permettront un marquage historique net des progrès humains dans ce domaine*)
- « Electricité » .
- « isolant », « conducteur », « semi-conducteur », « semi-conducteur dopé », « supraconducteur » (*pour chacun des termes, associer au moins un exemple*)
- « métal » (*trouver la définition et commentez-la*)
- « diode à jonction »
- « transistor »

2) L'électricité,

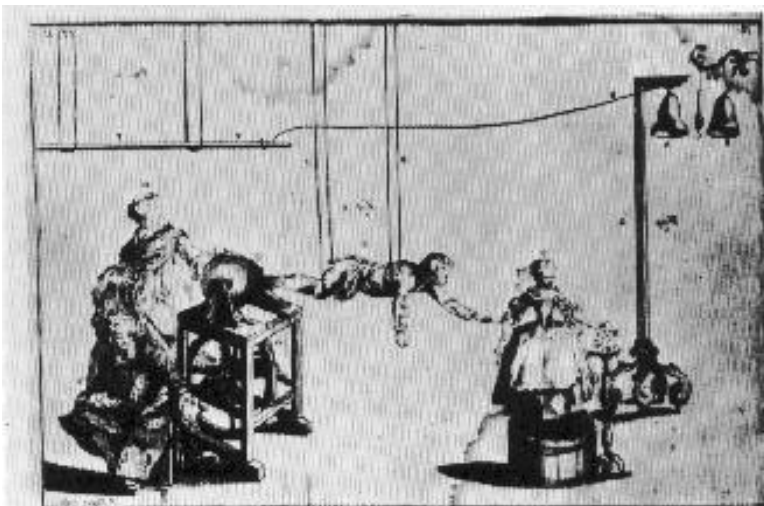
a. aspects historiques

(images + discussion + présentation/évoquant d'expériences d'influences)

Whimshurst, électroscope...

Lecture cours Berkeley

Diaporama (début)



b. Qu'est-ce qui provoque le passage du courant électrique dans un solide ?

- Courant électrique = circulation d'électrons (dans les matériaux solides)
- Circulation d'électrons sous l'action d'une tension (une différence de potentiel) électrique imposées aux bornes (entre deux points) du matériau.
- Certains matériaux sont conducteurs électriques = des électrons de ces matériaux sont assez peu liés à leurs noyaux, ou assez peu liés aux structures (molécules, empilements d'atomes) constitutives du matériau et peuvent facilement être mis en mouvement ordonné sous l'action de la tension imposée.
- Certains matériaux sont des isolants électriques : les électrons qui les constituent sont tous fortement liés aux noyaux et sont très difficiles à arracher et à mettre en mouvement ordonné, macroscopique...
- Certains matériaux sont semi-conducteurs...

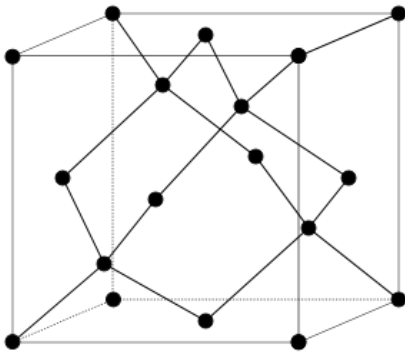
Le critère le plus immédiat est énergétique, il y a probablement des valeurs d'énergie caractéristiques qui permettent d'interpréter le caractère isolant, semi-conducteur ou conducteur d'un matériau.

Essayons toutefois dans un premier temps de reconnaître un matériau conducteur ou isolant rien qu'en analysant sa structure.

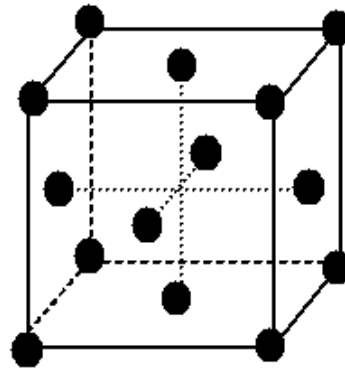
c. Structures cristallines, première approche

Cristaux : structures en réseau consistant en la répétition à l'identique d'un assemblage d'un petit nombre d'atomes

Cristal covalent de silicium ($Z_{\text{Si}} = 14$) :



Cristal métallique de cuivre ($Z_{\text{Cu}} = 29$) :



Toutefois, le cuivre est conducteur alors que le silicium ne l'est quasiment pas... Explication ?

d. Expérimentalement comment savoir si un matériau est conducteur ?

On disposera d'un dipôle : un objet constitué de deux pôles, un par lequel on envisage l'entrée du courant, l'autre sa sortie. Entre les deux pôles : le matériau dont nous aimerions savoir s'il est conducteur ou pas.

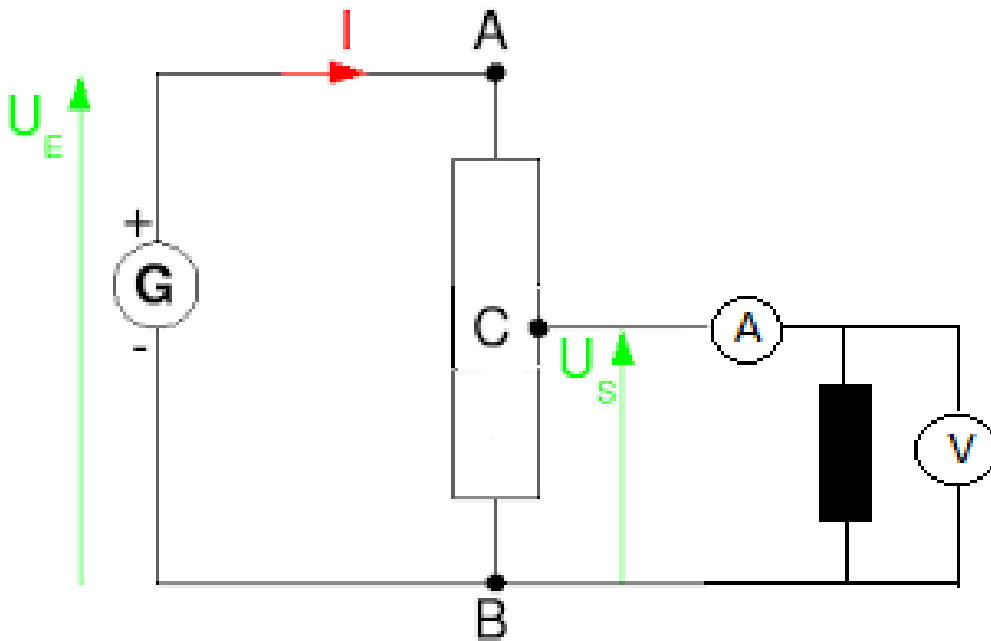
Proposer au professeur une expérience qui permette d'indiquer si le matériau testé est conducteur.

Une fois vos idées validées, développer l'expérience en traçant une courbe $U = f(I)$ afin d'attribuer au dipôle un comportement ainsi qu'une valeur caractéristique.

Conclure.

Recommencer avec un autre dipôle.

Le montage ci-dessous, appelé « diviseur de tension » (voir description et explications pendant la séance) pourra aider...



- Le rectangle noir à droite est le dipôle étudié.
- Le point C est mobile et permet de faire varier la valeur de la tension U_S .

Suppléments :

- Justifier que U_S peut prendre n'importe quelle valeur entre 0 et U_E (répondre suppose que vous avez compris ce qu'est une tension électrique).
- Les dipôles étudiés sont appelés conducteurs ohmiques car ils vérifient la loi d'Ohm. Terminez votre compte-rendu en proposant une expression (une relation entre grandeurs physiques) traduisant cette loi.

3) Principe de la conduction électrique dans les matériaux : approfondissons

a. Présentation (à l'aide de la suite du diaporama)

Les valeurs de l'énergie des électrons d'un atome sont quantifiées et sont présentées sous la forme d'un ensemble de niveaux d'énergie. Cela se présente en général sous la forme d'une graduation verticale (en eV ou en J) le long de laquelle des lignes horizontales indiquent les niveaux, les valeurs d'énergies possibles (1ère S).

Ce modèle énergétique de l'atome isolé devient un modèle à **bandes d'énergie** si nous considérons maintenant un ensemble ordonnés d'atomes entassés les uns sur les autres dans un matériau solide.

On distingue particulièrement deux bandes :

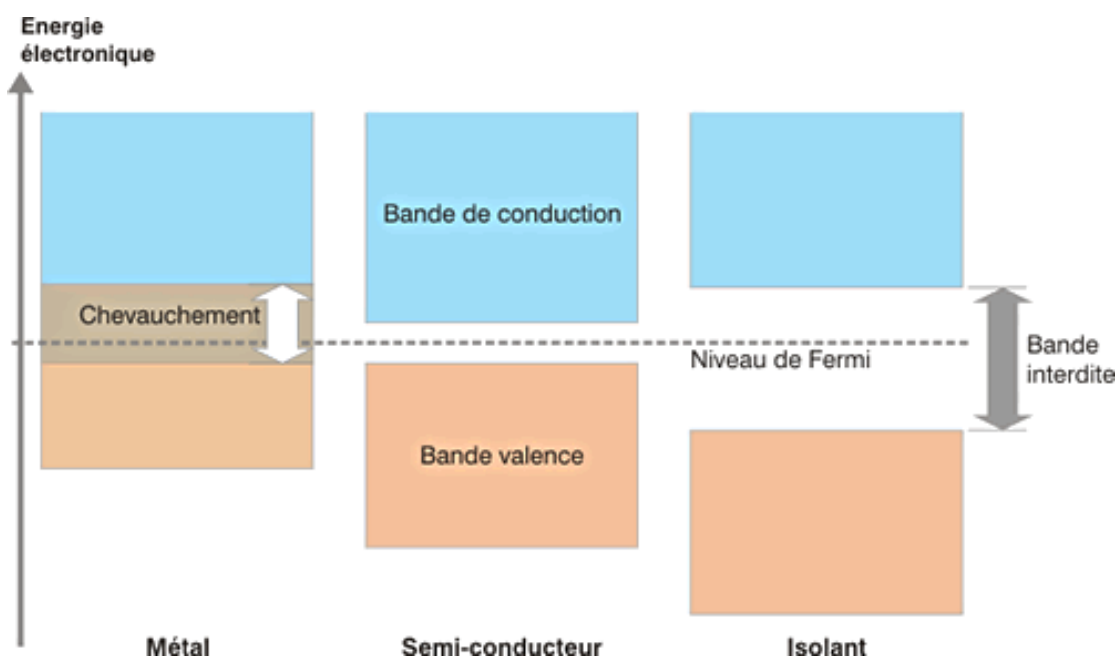
- La bande de valence, constituée des niveaux occupés par les électrons externes des atomes, par exemple ceux qui sont utilisés pour réaliser des liaisons entre atomes voisins.
- La bande de conduction, correspondant à des valeurs d'énergies permises relativement élevées, signifiant que l'attraction du noyau est moindre et telles que, sous l'action d'un champ électrique, un électron se trouvant dans cette bande pourra se mettre en mouvement et circuler librement (mais dans la direction imposée par la ddp, ou le champ) parmi l'ensemble des atomes constituant le matériau.

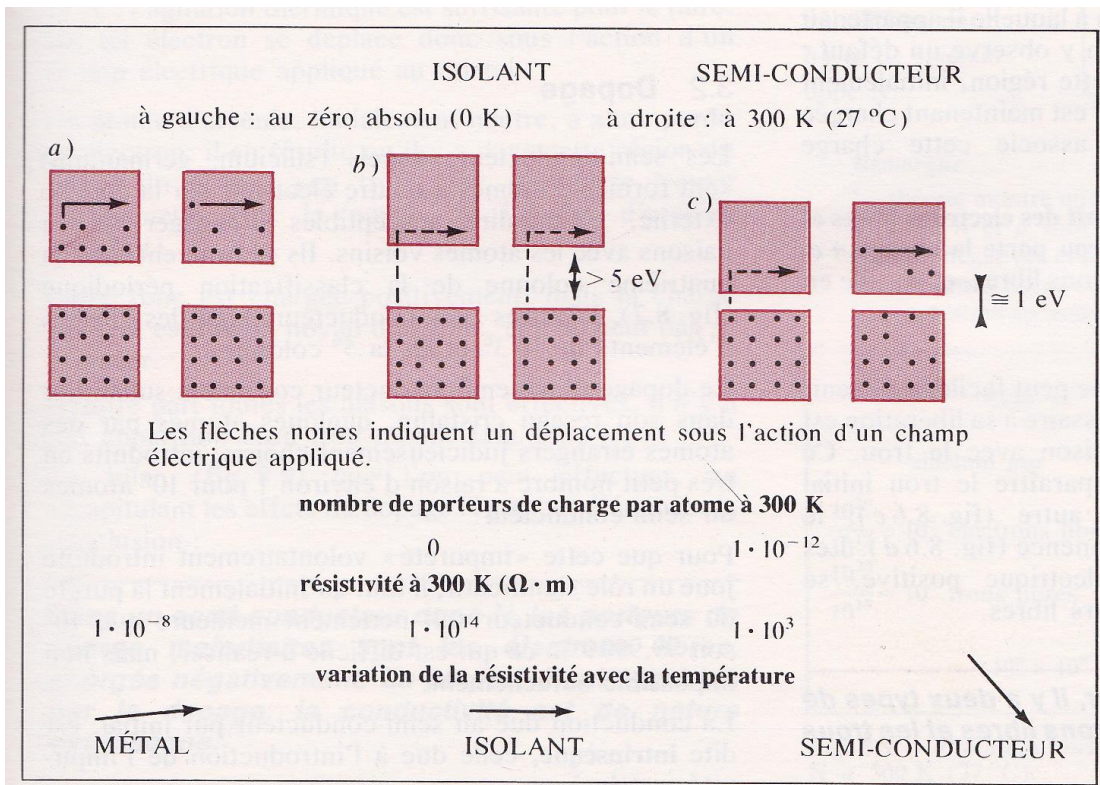
b. Isolants conducteurs semi-conducteurs

Dans les conducteurs, il y a des électrons de valence qui occupent aussi les niveaux d'énergies de la bande de conduction.

Dans les isolants, il n'y a pas d'électrons qui occupent la bande de conduction et l'énergie qu'il faut fournir pour exciter les électrons les plus externes afin de les faire passer dans la bande de conduction est très élevée, largement supérieure à l'énergie dite d'agitation thermique. Il y a une zone de valeurs d'énergie non permises (une « bande interdite ») qui a une largeur supérieure à 5 eV.

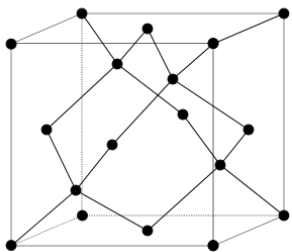
Pour les semi-conducteurs, la bande interdite est d'environ 1 eV et il est possible que certains électrons de valence acquièrent l'énergie suffisante pour accéder à un état correspondant à la bande de conduction.





Parentèse $E_c = kT$... faire faire le calcul : 0,02 eV pour un électron à température ambiante.

Le semi-conducteur le plus célèbre est le silicium (Si) : même colonne que C, ligne du dessous. Il y a 4 électrons externes. A l'état solide, il peut prendre la forme d'une structure tétraédrique qui se répète, chaque atome de silicium devant se lier 4 fois (par covalence, en partageant ses 4 électrons externes) de manière à réaliser son octet externe. Tous les électrons externes sont donc impliqués dans les liaisons.



Le passage d'un électron dans la bande de conduction (seul état possible pour que cet électrons circule sous l'effet d'une ddp) a pour conséquence la rupture d'une liaison Si-Si, ce qui n'est pas très favorable... (Ceci nous permet de soupçonner que dans les métaux, les liaisons ne sont pas des liaisons covalentes localisées et dirigées de manière claire)

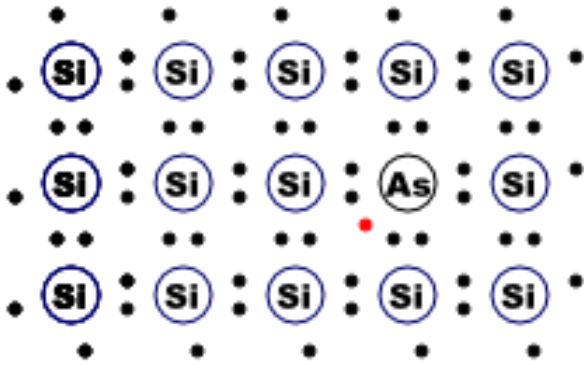
c. Des idées de génie

a) Principe

Pour augmenter la conduction dans du silicium, on décide de doper le silicium, c'est à dire à substituer dans son réseau cristallin quelques atomes de Si par des atomes étrangers bien choisis (un sur

a) Dopage N, conduction par électrons.

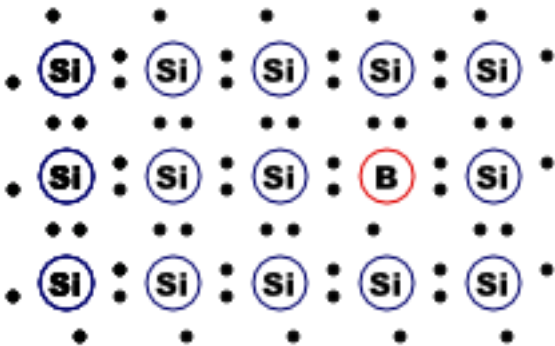
Le silicium est *dopé* en introduisant des impuretés dans le cristal. On distingue deux types de dopage suivant la nature des éléments ajoutés au silicium. On parle de semi-conducteur *de type n* lorsque le dopage est réalisé avec des éléments ayant 5 électrons de covalence comme le phosphore, l'arsenic et l'antimoine. L'atome avec 5 électrons de covalence forme 4 liaisons de covalence et garde un électron qui est alors relativement libre.



animation

b) Dopage P, conduction par trous

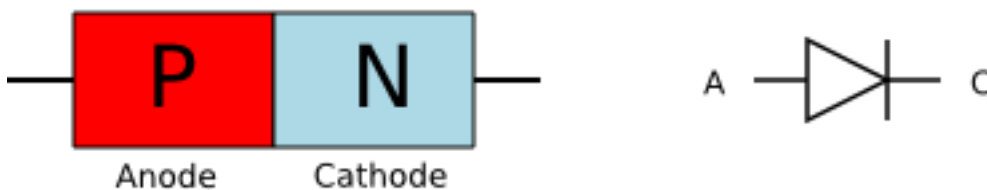
On parle de semi-conducteur *de type p* lorsque le dopage est réalisé avec des éléments ayant 3 électrons de covalence comme le bore, l'aluminium et le gallium. L'atome avec 3 électrons de covalence ne peut former que 3 liaisons de covalence. Il y en a quelque sorte un trou d'électron (cf. figure ci-dessous).



animation

c) La jonction PN !

Une jonction entre un semi-conducteur de type n et un semi-conducteur de type p est appelée une *diode*. La partie de type n est appelée *cathode* et la partie de type p est appelée *anode*. Le courant électrique ne peut passer à travers une diode que dans un seul sens comme l'évoque son symbole en forme d'entonnoir.



Diode

Le principe de fonctionnement de la diode est le suivant. Les électrons libres du semi-conducteur de type n ont tendance à aller boucher les trous du semi-conducteur de type p. Il en découle une diffusion des électrons de la région dopée n vers la région dopée p. Chaque électron qui se déplace laisse un ion positif dans la région n. Il s'ensuit donc un champ électrique de rappel vers la région n qui conduit à un équilibre. Dans cet équilibre, il y a une zone, appelée *zone de charge d'espace* qui ressemble à du silicium non dopé et où il y a en outre un champ électrique.

Si on applique une ddp positive entre la cathode et l'anode, les électrons sont attirés vers le bord de la cathode et les trous vers le bord de l'anode. La zone de charge d'espace s'étend et la diode n'est pas conductrice. Si on contraire, on applique une ddp positive entre l'anode et la cathode qui est supérieure au champ à l'équilibre, les électrons peuvent circuler de la cathode vers l'anode et la diode est conductrice.

Animation

d. Applications : tracé de caractéristiques

i. diode à jonction

A l'aide du matériel, du logiciel d'acquisition (avec instructions) et du schéma de montage (*voir pendant la séance*), présenter la caractéristique $I_D = f(U_D)$ d'une diode à jonction PN, U_D et I_D étant respectivement la tension aux bornes de la diode étudiée et l'intensité du courant qui la traverse.

Le montage consiste en un générateur de tension continue V_{SA} dont on fait automatiquement varier la valeur entre -1V et 3V. Aux bornes de ce générateur est branchée l'association en série d'une diode et d'un conducteur ohmique.

Le dispositif d'acquisition est tel que l'on enregistre U_R , la tension aux bornes du conducteur ohmique, sur la voie d'acquisition EAD1 (paramétrée en $\pm 5V$).

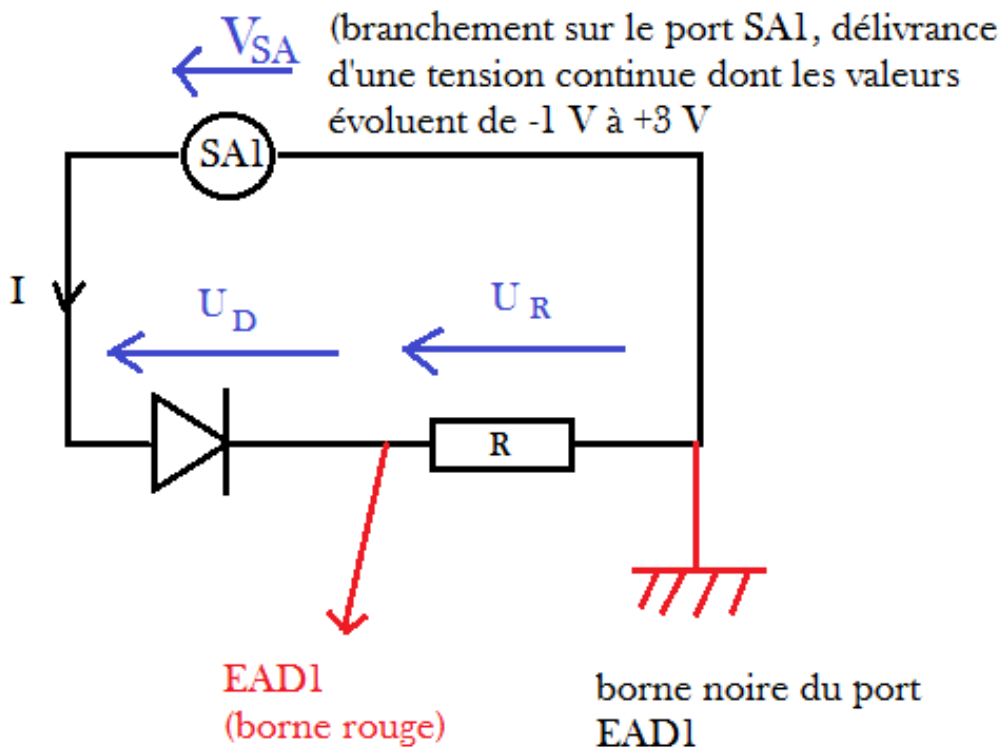
La tension d'alimentation V_{SA} est directement délivrée par la sortie analogique du boîtier d'acquisition et les paramètres concernant ses valeurs successives sont réglés. Les valeurs de V_{SA} sont aussi enregistrées

Une fois l'enregistrement réalisé, les données sont *exportées vers Regressi*.

A l'aide de Regressi, nous pouvons *créer de nouvelles grandeurs* permettant de tracer la caractéristique demandée :

- Connaissant la loi d'Ohm aux bornes d'un conducteur ohmique (confirmée suite à notre premier tracé de caractéristique – voir première séance), nous pouvons créer la grandeur I_D à partir de U_R et de la résistance du conducteur ohmique.
- Connaissant les valeurs de V_{SA} et de U_R , on obtient facilement celle de U_D .
- Nous pouvons enfin tracer la caractéristique $I_D = f(U_D)$.

Montage :



La caractéristique obtenue confirme-t-elle le fonctionnement de la jonction PN décrit précédemment ?

ii. Cellule photovoltaïque

TP du livre p 155 : réaliser les manipulations et répondre aux questions

Activité documentaire p 150 : à lire, cela pourra vous aider.

Malgré des similarités de structures, quelle différence essentielle de comportement faut-il noter entre la cellule photovoltaïque et une simple diode ?

4) Exercices, activités documentaires (2h, livre)

DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES POUR UN TOUR DU MONDE EN AVION



« Voler sans carburant, mais avec les rayons solaires comme unique source d'énergie de propulsion, jusqu'à cinq jours et cinq nuits de suite, avec un seul pilote à bord, le tout pour tenter de réaliser un tour du monde par étapes : c'est l'objectif du Solar Impulse 2 (SI2). Cet avion solaire d'une envergure plus grande que celle d'un Boeing 747, mais léger comme une grosse voiture, imaginé par l'aérostier-psychiatre suisse Bertrand Piccard et l'ingénieur-pilote militaire André Borschberg, a été dévoilé, mercredi 9 avril, sur la base militaire de Payerne, en Suisse. »

d'après un article du 9 avril 2014 édité sur Le Monde.fr

Ce défi de tour du monde est prévu pour le premier semestre 2015. Il implique l'optimisation de nouvelles technologies et une réduction drastique de la consommation d'énergie.

Vérifier que le nombre de cellules photovoltaïques sur Solar Impulse 2 et la capacité de stockage des batteries sont suffisants pour lui permettre une autonomie de 24 heures.

Vous rédigerez une réponse argumentée, en détaillant votre démarche.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat et de discuter de la validité des hypothèses formulées.

Données :

- 1 Wh (watt-heure) = 3600 J ;
- au voisinage du sol, une surface horizontale de 1 m² reçoit de la part du Soleil une puissance moyenne calculée sur 24 heures égale à 250 W.

Caractéristiques de Solar Impulse 2

Cellules solaires et batteries

Une cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en énergie électrique.

Une cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). La puissance totale est proportionnelle à la surface du module.

Le jour, les cellules solaires de Solar Impulse 2 alimentent en énergie renouvelable les quatre moteurs électriques de l'avion ainsi que les quatre batteries.

Ces quatre batteries au lithium, d'une masse totale de 633 kg et d'une densité énergétique de 260 Wh.kg^{-1} , permettent à l'appareil de voler la nuit et d'avoir ainsi une autonomie quasi illimitée.

Les cellules photovoltaïques, situées sur les ailes, le fuselage et le stabilisateur horizontal, possèdent un rendement de 23 %.

Puissance totale des quatre moteurs

Puissance moyenne, calculée sur 24 heures, comparable à celle d'une petite moto (15 CV¹) et maximale de 70 CV¹.

¹ Le cheval-vapeur est une unité de puissance ne faisant pas partie du Système international d'unités : $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$.

Vitesse

Solar Impulse 2 peut voler à la vitesse d'une voiture, entre 36 km.h^{-1} et 140 km.h^{-1} .

Fiche Technique

- Envergure des ailes : 72 mètres
- Volume du Cockpit : $3,8 \text{ m}^3$
- Épaisseur des cellules solaires : 135 micromètres (μm)
- Dimension d'une cellule : $12,5 \text{ cm} \times 12,5 \text{ cm}$
- Nombre de cellules solaires > 17000

Bac S 2015 Spécialité Amérique du nord
EXERCICE III : LE PROJET AMPACITY (5 points)

Le deuxième producteur d'énergie en Allemagne a remis le 20 décembre 2013 à Nexans (société française) son prestigieux prix de l'innovation. Cette distinction couronne le projet révolutionnaire AmpaCity qui porte sur le déploiement en cours, à Essen dans la Ruhr (Allemagne), d'un câble d'énergie supraconducteur destiné à démontrer la capacité des supraconducteurs à transporter l'électricité avec des « pertes » moindres.

Les documents utiles à la résolution sont à la fin de l'exercice.

Questions :

Estimer la durée qu'un câble traditionnel mettrait pour commencer à fondre s'il était parcouru par un courant électrique de même intensité que celui parcourant le câble supraconducteur.

Discuter de l'intérêt d'utiliser un composant siège du phénomène de supraconductivité dans le projet AmpaCity.

Remarques :

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Des initiatives doivent être prises et les calculs numériques doivent être menés à leur terme avec rigueur.

Données :

- volume d'un cylindre de longueur L et de rayon r : $V = L \cdot \pi \cdot r^2$;

- résistance R (en Ω) d'un conducteur électrique de résistivité électrique ρ (en $\Omega \cdot m$), de longueur du conducteur L (en m) et de section du conducteur S (en m^2) :

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} ;$$

- puissance électrique P (en W) transmise à un dispositif traversé par un courant d'intensité I (en A) : $P = U \times I$ où U (en V) est la tension appliquée aux bornes du dispositif ;

- puissance électrique P_J (en W) dissipée par un conducteur ohmique de résistance R (en Ω) parcouru par un courant électrique d'intensité I (en A) : $P_J = R \cdot I^2$;

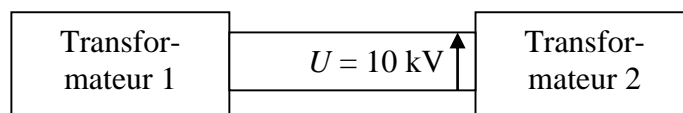
- quelques caractéristiques physiques du cuivre :

Résistivité électrique ρ	$1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$
Masse volumique μ	$8,92 \times 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3}$
Capacité thermique massique c	$390 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Température de fusion T	1356 K

DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

Description du projet AmpaCity

Le câble supraconducteur le plus long du monde a été officiellement intégré, le 30 avril 2014, dans le réseau électrique d'une ville allemande : Essen (Rhénanie du Nord-Westphalie). Le câble, d'une longueur égale à 1 km, relie maintenant deux postes de transformation dans le centre de la ville.

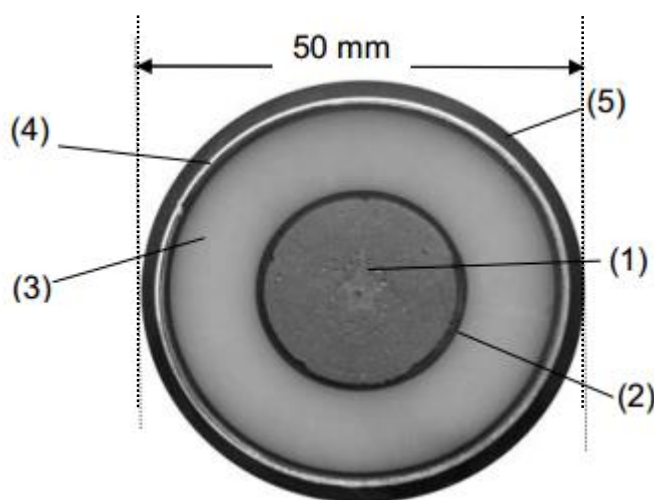


Puissance transférée au transformateur n°2 :
 $P = 40 \text{ MW}$.

Les câbles utilisés pour AmpaCity, sont conçus pour permettre le transfert d'une puissance de valeur 40 MW sous une tension de valeur 10 000 V. Grâce aux caractéristiques du matériau supraconducteur, une céramique particulière, et à son refroidissement à de très basses températures, le câble est un conducteur électrique idéal. À Essen, le câble remplace une ligne à haute tension traditionnelle utilisant un câble traditionnel de même diamètre !

D'après <http://www.bulletins-electroniques.com>

Coupe d'un câble électrique haute tension traditionnel

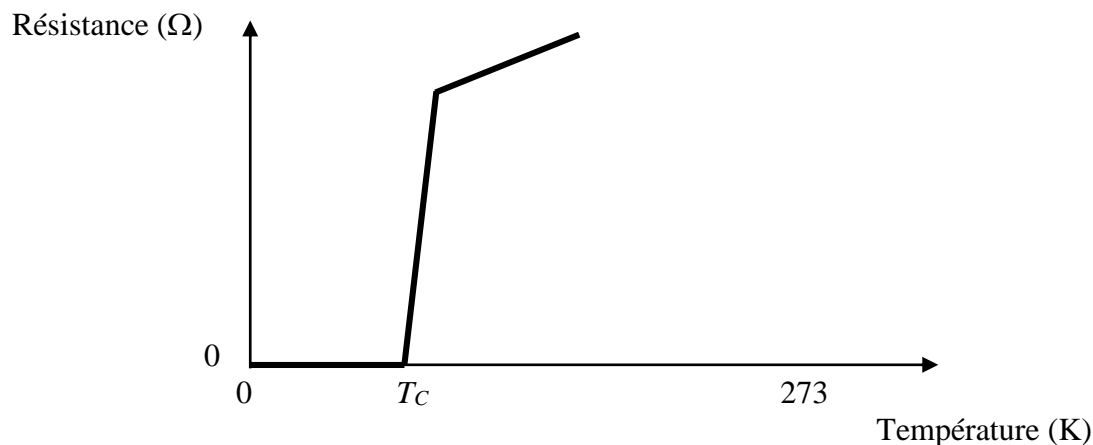


- (1) : Conducteur en cuivre
- (2) : Couche semi-conductrice
- (3) : Isolant
- (4) : Couche semi-conductrice externe
- (5) : Enveloppe

Ressource : Shanghai Yongjin Cable Group Co., Ltd

Supraconducteur et température critique

Les matériaux supraconducteurs se définissent, entre autres, par leur température critique T_c sous laquelle leur comportement vis-à-vis du passage du courant électrique évolue.



$$T(\text{Kelvin}) = \theta(\text{Celsius}) + 273$$

Utilisation d'une installation couplant voiture à hydrogène et panneaux photovoltaïques (d'après bac Nouvelle Calédonie 2013)

Madame D. , dirigeante d'une société de dépannage à domicile, est soucieuse de l'impact que son entreprise peut avoir sur l'environnement. Afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et ainsi améliorer le bilan carbone de son entreprise, elle envisage d'installer 70 m² de panneaux solaires sur le toit de ses bâtiments ?

Son installation solaire permettra-t-elle de générer l'électricité nécessaire au rechargement du véhicule à hydrogène de sa société qui parcourt en moyenne 20 000 km par an.

Document 1 - Panneau photovoltaïque

Le rendement de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique des cellules photovoltaïques est de l'ordre de 20 %.

La puissance solaire moyenne reçue par unité de surface de panneau est 200 W.m⁻².

L'énergie, la puissance et le temps sont reliés par la relation suivante : $E = P.t$

Document 2 - Une voiture à hydrogène

Une voiture à hydrogène dispose d'un moteur électrique alimenté par une pile à combustible.

Cette pile fonctionne grâce à une réaction d'oxydo-réduction. Le dihydrogène contenu dans le réservoir de la voiture réagit avec le dioxygène de l'air qui est insufflé par un compresseur placé dans le compartiment moteur. L'énergie électrique est produite par l'alternateur, et l'eau générée par la transformation est expulsée via le tuyau "d'échappement".

Le dihydrogène nécessaire au fonctionnement de la pile est stocké à l'état gazeux sous une pression de 350 bar dans un réservoir de stockage confère au véhicule une autonomie de 200 km.

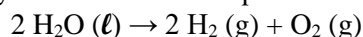
Pour des raisons pratiques et de sécurité, le constructeur a opté pour une solution dans laquelle le dihydrogène est directement produit dans le véhicule par électrolyse de l'eau.

À l'intérieur du réservoir, le volume occupé par une mole de dihydrogène gazeux, appelé volume molaire, est égal à 0,070 L.mol⁻¹ lorsque le réservoir est plein.



Document 3 - Production de dihydrogène par électrolyse

Le dihydrogène est produit par une électrolyse de l'eau dont l'équation est la suivante :



L'énergie chimique à fournir pour former une mole de dihydrogène est $286 \times 10^3 \text{ J.mol}^{-1}$.

Seuls 60 % de l'énergie électrique nécessaire à cette électrolyse sont transformés en énergie chimique utilisable pour la réaction chimique.

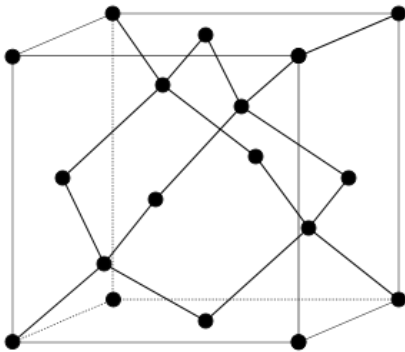
II - SOLIDES, LIQUIDES, CRISTAUX LIQUIDES.

1) Solides cristallins ou bien amorphes ?

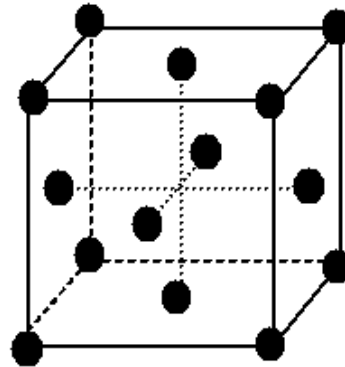
a) Cristaux

Structures en réseau consistant en la répétition à l'identique d'un assemblage d'un petit nombre d'atomes.

Cristal covalent de silicium ($Z_{Si} = 14$) :



Cristal métallique de cuivre ($Z_{Cu} = 29$) :

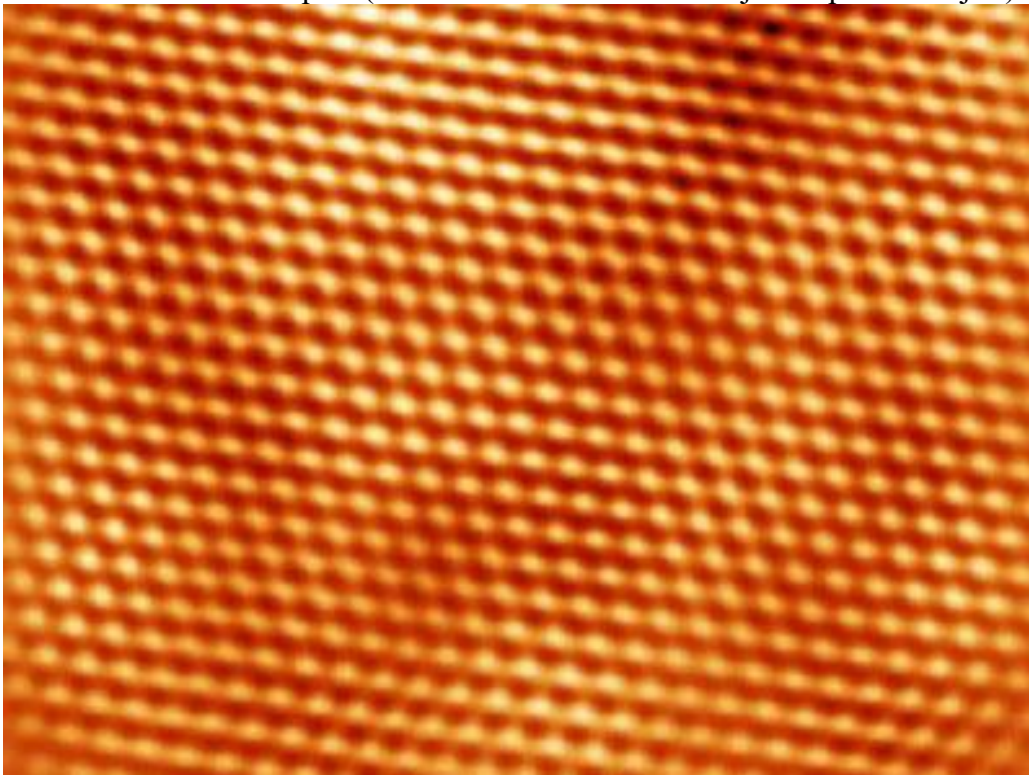


Les schémas d'exemples de cristaux métalliques ou covalents ci-dessus indiquent très clairement que le matériau correspondant est très rigide, pourquoi ?

Le diamant possède une structure cristalline qui est la même que celle du silicium ci-dessus :

- *Pourquoi n'est-on pas surpris ?*
- *Pourquoi le diamant est-il beaucoup plus solide que le silicium ? (Pourquoi peut-on rayer à peu près n'importe quel matériau avec du diamant et pas le contraire ?)*

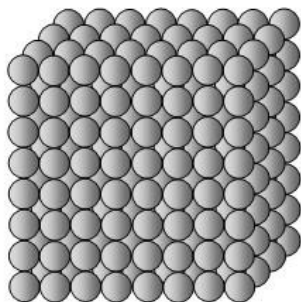
Une couche d'or vu de près (en vrai... La couleur étant rajoutée pour faire joli) :



Quelques autres exemples d'empilements ordonnés d'atome dans le cas des métaux :

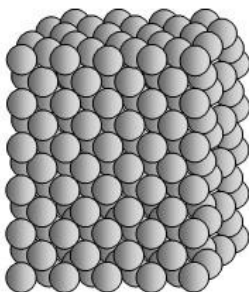
CRISTAUX MÉTALLIQUES

SYSTÈME
CUBIQUE CENTRÉ



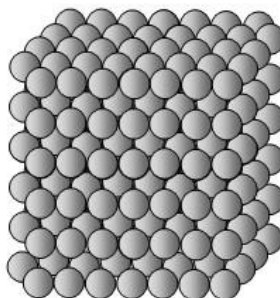
FER ($t^{\circ} < 906^{\circ}\text{C}$)
CHROME
ÉTAIN
TUNGSTÈNE...

SYSTÈME
CUBIQUE FACES CENTRÉES



FER ($t^{\circ} > 906^{\circ}\text{C}$)
CUIVRE
OR
ALUMINIUM...

SYSTEME
HEXAGONAL



ZINC
MAGNESIUM
CADMIUM
BERYLIUM...

Ac-toulouse / G.L. / image libre de droit

Matériaux amorphes : structures dans lesquelles il n'y a plus d'ordre fixe et de motifs de groupes d'atomes se répétant à l'identique dans toutes les directions de l'espace...

Enveloppes « bulles » en PE, proposition de schéma + discussion

2) Cristaux liquides

Discussion

Synthèse du MBBA (voir doc)

Film « kezaiko » (des cristaux liquides aux écrans TV LCD)

3) Le verre : solide ou liquide ?

III- L'EXEMPLE DES MATIÈRES PLASTIQUES

(structure, obtention, aspects sécurité et environnement, choix de matières premières, etc.).

Séance n°1 : recherches

Questionnaire matériaux 1 : Les matières plastiques.

- 1) Définir le terme matériau.
- 2) Définir le terme polymère.
- 3) Une macromolécule est-elle nécessairement un polymère (on pourra s'aider d'exemples) ?
- 4) Différencier polymère cristallin et polymère amorphe, à la fois d'un point de vue comportement mécanique (solidité, souplesse déformabilité, etc.) et d'un point de vue structural à l'échelle des molécules (plus précisément à l'échelle de l'association des molécules entre elles).
- 5) Différencier les réactions de polyaddition et les réactions de polycondensation.
- 6) Rechercher et présenter les réactions de synthèse des polymères suivants :
 - a. polyéthylène
 - b. Polystyrène
 - c. PVC
 - d. Plexiglas
 - e. P.E.T.
 - f. Nylon-6,6 (*ainsi que nylon-6,10 et nylon 6, afin de comprendre le sens des chiffres...*)
 - g. Glyptal (résine glycérophthalique)
 - h. Bakélite
 - i. Résine urée-formol
- *Pour chacune des matières plastiques de la liste, proposer un objet de la vie courante correspondant.*
- *L'écriture de ces équations de réaction sera l'occasion de maîtriser, probablement avec l'aide du professeur, le sens des termes « monomère » et « motif du polymère ».*
- 7) Définir les termes « thermodurcissable » et « thermoplastique », puis relier ces termes à des caractéristiques structurales précises.
- 8) Parmi les polymères évoqués dans la question 6), citez-en un qui est thermoplastique et un qui est thermodurcissable.
- 9) Les élastomères
 - a. Présenter la formule (le motif du polymère) du caoutchouc
 - b. Quel principal additif a été apporté en plus du caoutchouc pour la fabrication de pneumatiques ?
 - c. Cet additif joue-t-il le rôle de « charge » ou de « plastifiant » ?
 - d. Formule du néoprène ?
 - e. Pourquoi les élastomères donnent-ils lieu à des déformations « élastiques »
- 10) Comment un polymère peut-il être à la fois souple et très solide (on pourra s'aider de l'exemple du kevlar) ?
- 11) Synthèses de polymères au laboratoire.
 - a. Observer les protocoles proposés par le professeur (prise de notes, schémas, photos, ...)

Pendant les recherches réalisées, le professeur met en œuvre la synthèse du polystyrène, du nylon-6,6, ainsi que dépolymérisation/repolymérisation de plexiglas.(séance n°1)

Séance n°2

- b. *Les élèves ou le professeur réaliseront les synthèses de résines :*

- Glyptal (élèves)
- Formol/phénol (**prof**/très faibles quantités/sécurité)
- Urée/formol (**prof**/très faibles quantités/sécurité) (voir fiche)

Glyptal (élèves) (résine glycérophtalique, rapport anhydride phtalique/glycérol $n/3n$)

2 g de glycérol + 2 g d'anhydride phtalique dans un fond de tube à essai. Préchauffage doux pour dissoudre l'anhydride, puis homogénéisation. Chauffage très fort jusqu'à observer que le milieu devient clairement plus visqueux ou qu'il commence à jaunir. On arrête de chauffer et on attend environ deux minutes tout en surveillant que le contenu du tube n'est pas en train de devenir trop visqueux puis dur.... On renverse sur un objet froid (on peut verser dans un grand bécher rempli d'eau froide) : formation instantanée d'un solide rigide et cassant, une résine bien réticulée !!! A moins que cela reste mou et visqueux... Ce sera selon la réussite de l'expérimentateur...

Compte-rendu des expériences réalisées (on y inclura celles réalisées par le professeur)

- Présenter les expériences réalisées.
- Signaler les problèmes de sécurité qui se sont posés.
- Indiquer les problèmes que peuvent poser les synthèses de certains polymères à l'échelle industrielle.
- Parmi les polymères réalisés, certains sont-ils recyclables partiellement ou totalement ?
- Existe-t-il des procédés « verts » de fabrication industrielle de polymères ?

12) Les réactions mises en œuvre pendant ces séances respectent-elles les principes de la chimie verte ?

13) Répondre aux questions de l'activité du livre « La vie des plastiques » p 132-133.

14) Quel est le sens fondamental du mot « plastique » ?

Séance n°2 deuxième partie : synthèse d'un bio-polymère

1) Présentation

Doc. « des plastiques plus verts »

2) La synthèse (TP)

(doc. « TP mais plastique »)

3) Questions à l'échelle industrielle

- Avantages environnementaux ?
- Désavantages environnementaux ?
- Donc ?

Séance n°3 : activités, exercices (sujets bac + problèmes du livre), conclusions

- En particulier : « le pbax Rnew », article du bup janvier 2013, avec documents + questions ...

Séance n°4 : à propos des interactions intermoléculaires : fonctionnement et fabrication d'une colle.

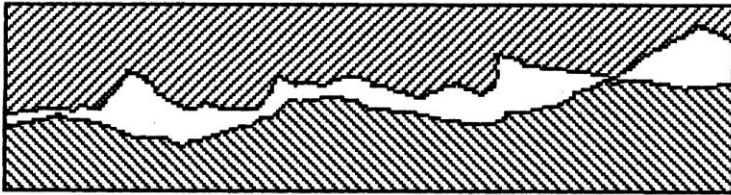
1) Pourquoi la colle colle-t-elle ?

a) Principe

Quand deux substrats tiennent ensemble par des forces interfaciales, on dit qu'ils sont collés.
On expliquera les termes « substrats » et « interfaciales »

Même si macroscopiquement nous pouvons avoir une autre impression, la surface de contact entre deux parties que nous souhaitons faire adhérer est très faible.

En effet, sur une surface que l'on croit lisse, les irrégularités sont de l'ordre de 0,1 µm de profondeur. Or, les interactions intermoléculaires que nous connaissons (forces de Van der Waals et liaisons hydrogène) ne sont effectives qu'à moins de 0,1 ou 0,2 nm !



surface de « contact » entre deux parties adhérentes

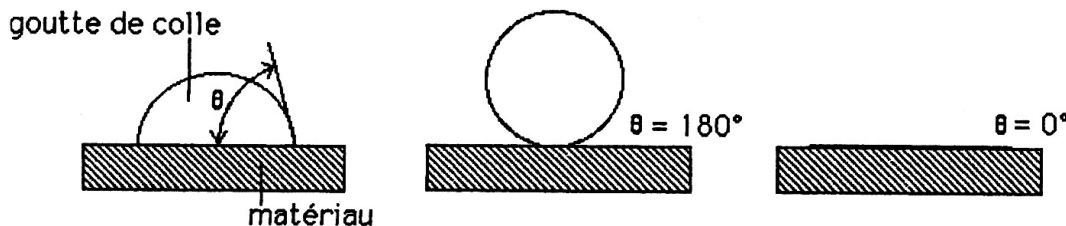
L'adhésif que l'on va étaler entre les deux parties à coller va être capable d'établir de nombreuses interactions attractives entre lui et les substrats, il constituera en quelque sorte un pont entre les deux parties.

L'adhésif doit posséder trois propriétés essentielles :

- mouiller la surface ;
- se solidifier pour avoir une bonne résistance mécanique ;
- posséder assez de déformabilité pour supporter les tensions et contraintes.

Le mouillage des surfaces à coller :

D'une part l'adhésif doit être liquide. D'autre part il doit bien s'étaler, c'est à dire que l'angle de contact θ entre le solide et la goutte de liquide doit être faible.



l'aspect de la goutte, c'est à dire la valeur de θ , dépend de la nature et de la valeur des forces entre les phases solide (S) et liquide (L).

S'il y a répulsion, le liquide se rassemble en sphère ($\theta = 180^\circ$), car les interactions L-L sont beaucoup plus favorables que les interactions S-L.

S'il y a adhérence, le liquide s'étale, une partie des interfaces liquide/air et solide/air est remplacée par une interface solide/liquide plus favorable.

On peut raisonner avec le travail de cohésion $W_a = \gamma_{LV} - \gamma_{SV} - \gamma_{SL}$

Avec : γ_{LV} : tension interfaciale liquide / air ;

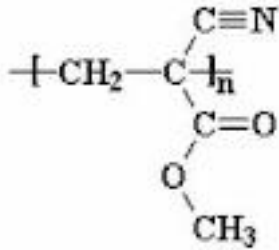
γ_{SV} : tension interfaciale solide/air ;

γ_{SL} : tension interfaciale solide/ liquide.

Plus W_a est grand, meilleure est la cohésion.

Le mot « tension » est ici à considérer avec le sens du mot « force » Un point de la goutte immobile pourra donner lieu à une relation de compensation entre ses trois valeurs de tension (voir figure ci-dessous).

Au point P nous avons : $\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cdot \cos\theta$.



- Colles radiosensibles (qui durcissent sous exposition à par exemple une radiation UV), un des deux éléments à assembler doit donc être transparent aux rayonnements (bien pour coller verres, céramiques, métaux et matières plastiques, très utilisés en chirurgie dentaire) :

Polyesters et polyuréthanes à doubles liaisons

- Adhésifs anaérobies (souvent à base de di-acrylate), qui durcissent par effet catalytique au contact des métaux en absence d'oxygène ou d'air (on doit donc appuyer fortement sur la zone à coller). Ils conviennent donc parfaitement au collage des... métaux :
- Colles formées par mélange de deux composants, une résine et un durcisseur (industries aéronautique, métallurgique, collages de métaux, de céramiques, de plastiques, ...) :

Résines époxydes, acryliques, polyester

- c) Synthèse d'une colle à la caséine
Voir doc « TP colle caséine »

IV- LES MÉTAUX, LE RETOUR

- a) Métaux réducteurs, métaux non réducteurs
Discussion autour de la classification périodique
- b) Protections de métaux réducteurs
- TP livre p 138 « protection du fer par électrozingage »
- c) Résolution de problèmes scientifiques divers autour des métaux
- Ex : obtention et affinage de métaux réducteurs

V- NOUVEAUX MATÉRIAUX