

LES MATERIAUX DANS LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

1.	Les matériaux conducteurs de l'électricité	p.2
2.	Les métaux ferreux	p.7
3.	Les métaux non ferreux	p.13
4.	Les matériaux isolants	p.23
5.	Les matériaux semi-conducteurs	p.30
6.	Les matériaux à base de carbone	p.31
7.	Les matériaux réfractaires	p.32
8.	Les matériaux pour les scellements	p.33
9.	Les matériaux calorifuges	p.34
10.	Les matériaux abrasifs	p.35
11.	Divers	p.35

COURS ENSEIGNANT

D'après le cours d'élève de Marc Kaiser - CEPIA Genève 1992
Modifié et corrigé par Buchs JB - EPAC Bulle 2005

1. LES MATERIAUX CONDUCTEURS DE L'ELECTRICITE

1.1 GENERALITES

Ce sont principalement les **métaux** que nous trouvons dans la catégorie des **matériaux conducteurs de l'électricité**.

□ Tous les métaux sont à température ambiante à l'état **solide**, sauf le **mercure** qui est liquide.

□ Ils conduisent généralement bien la **chaleur et l'électricité**.

□ Ils se laissent réduire en barres et en fils. Certains sont **magnétiques**, on peut donc les attirer à l'aide **d'un aimant**.



□ Ils sont, après polissage, d'un éclat particulier, dit métallique.

Les alliages sont des **mélanges à l'état liquide de 2 ou plusieurs métaux** et **présentent des propriétés** (caractéristiques) bien différentes de celles des métaux qui les constituent.

1.2 ORIGINE :

Peu de métaux se trouvent dans le sol à l'état pur (**état natif**), comme l'or ou l'argent. Généralement, ils forment **des combinaisons avec plusieurs autres matières**. Il s'agit des **minerais**.



Un minerai peut contenir plusieurs métaux différents, des masses terreuses, de la roche. Ils se trouvent dans la nature sous forme de **gisements**. Les mines sont exploitées par puits vertical. Certains gisements peuvent être exploités à ciel ouvert.



1.3 PROPRIETES PRINCIPALES DES METAUX :

□ Propriétés physiques :

Masse volumique : masse par unité de volume $[\text{kg}/\text{dm}^3]$ $[\text{kg}/\text{m}^3]$

Point de fusion $[\text{°C}]$: température à laquelle un corps devient liquide

Point d'évaporation : température à laquelle un corps devient gazeux

Volatilisation : propriété de se transformer en **gaz ou en vapeur**

Dilatation : **augmentation** ou **diminution** de **volume** sous l'influence de la chaleur

Conductibilité : **propriété de transmettre l'électricité et la chaleur**

Soudabilité : propriété de se souder naturellement sous l'effet de la température

Dureté : propriété de **raayer** un autre corps ou de **résister** aux influences extérieures

□ Propriétés chimiques :

- Affinité :** tendance à se combiner avec d'autres corps. Le fer a de l'affinité pour le carbone par exemple.
- Oxydation :** combinaison avec de l'oxygène pour former un oxyde. Tous les métaux, sauf les métaux nobles, s'oxydent au contact de l'air humide
- Corrosion :** attaque et altération par l'action des acides et des agents chimiques

□ Propriétés mécaniques :

- Ténacité :** résistance à la rupture sous la traction (daN / mm²)
- Elasticité :** propriété de se laisser déformer temporairement (ressort)
- Plasticité :** propriété de se laisser déformer définitivement (Pb)
- Malléabilité :** propriété de se laisser réduire en feuilles minces par laminage
- Ductilité :** propriété de se laisser étirer en fils ou en barres, de se laisser emboutir (façonnage à la presse)

1.4 TRAITEMENT DES METAUX :

Ecrouissage : **traitement à froid**, comme par exemple le laminage, emboutissage, martelage, étirage. Cette opération rend le métal plus dur, tenace, mais aussi plus fragile et cassant

Forgeage :

Façonnage à chaud, par chocs mécaniques avec **le marteau sur l'enclume** ou avec le marteau-pilon ou par pression avec une presse hydraulique



Laminage :

Ecrasement entre deux cylindres d'acier à **chaud ou à froid sur le laminoir** par passages successifs



Etirage :

Déformation à chaud des métaux ductiles par passages successifs dans une filière, sous lubrification abondante et traction mécanique



Fusion et moulage :

Liquéfaction à haute température pour affiner des métaux, **pour faire des alliages ou les couler dans des moules**



Frittage : préparation de métaux à partir de poudre que l'on comprime. Il se produit une soudure des grains avant même que la température de fusion ne soit atteinte. Fabrication du carbure de tungstène (métal dur), aimants permanents, alliages spéciaux

Trempe : traitement de l'acier consistant à le chauffer et à le refroidir subitement, ce qui le rend très dur, mais aussi très cassant

Revenu : chauffage à température assez basse (200 à 400 °C) pour diminuer la fragilité des aciers trempés

Recuit : procédé consistant à chauffer un métal à une température moyennement élevée (400 à 800 °C), puis à le laisser refroidir lentement dans un four pour lui redonner ses propriétés initiales après un traitement mécanique par exemple. Le recuit enlève les tensions internes.

Notes personnelles :

.....

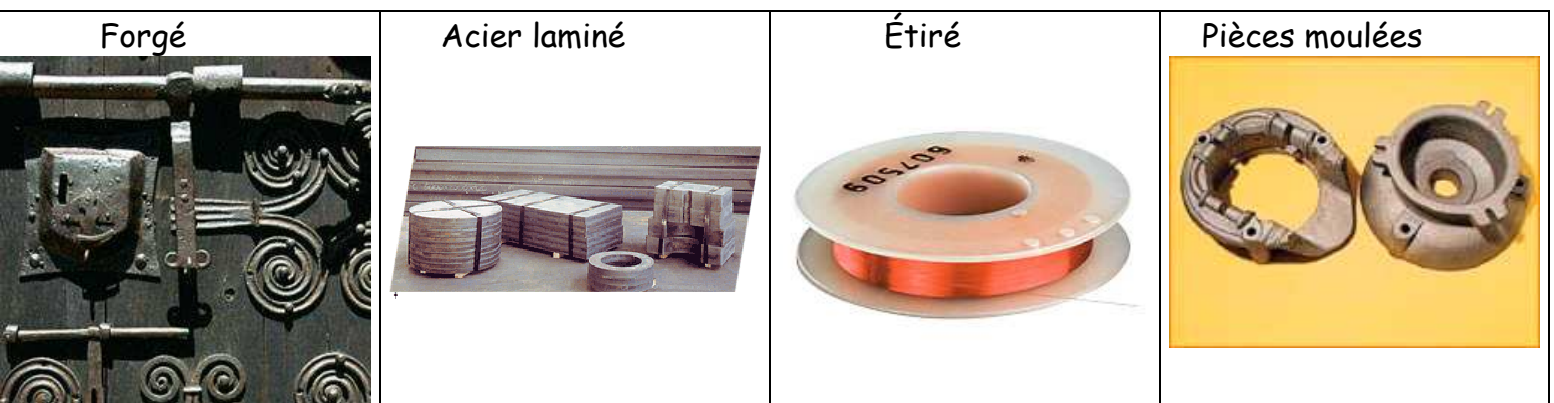
.....

.....

.....

.....

.....



2. LES METAUX FERREUX :

2.1.1 GENERALITES :

On entend par métaux ferreux **les alliages de fer et de carbone**. Le fer et ses alliages sont généralement **magnétiques**. Ces derniers se caractérisent et se désignent **selon leur teneur en carbone**.

Fer : max **0,05 % C**

Aciers : **0,05 à 1,5 % C**

Fonte : **2,5 à 5 % C**

Le fer ne se trouve pas à l'état **natif** dans la nature, mais se trouve sous la forme de minerais constitués par des **oxydes**, des **carbonates** et des **sulfures** de fer.



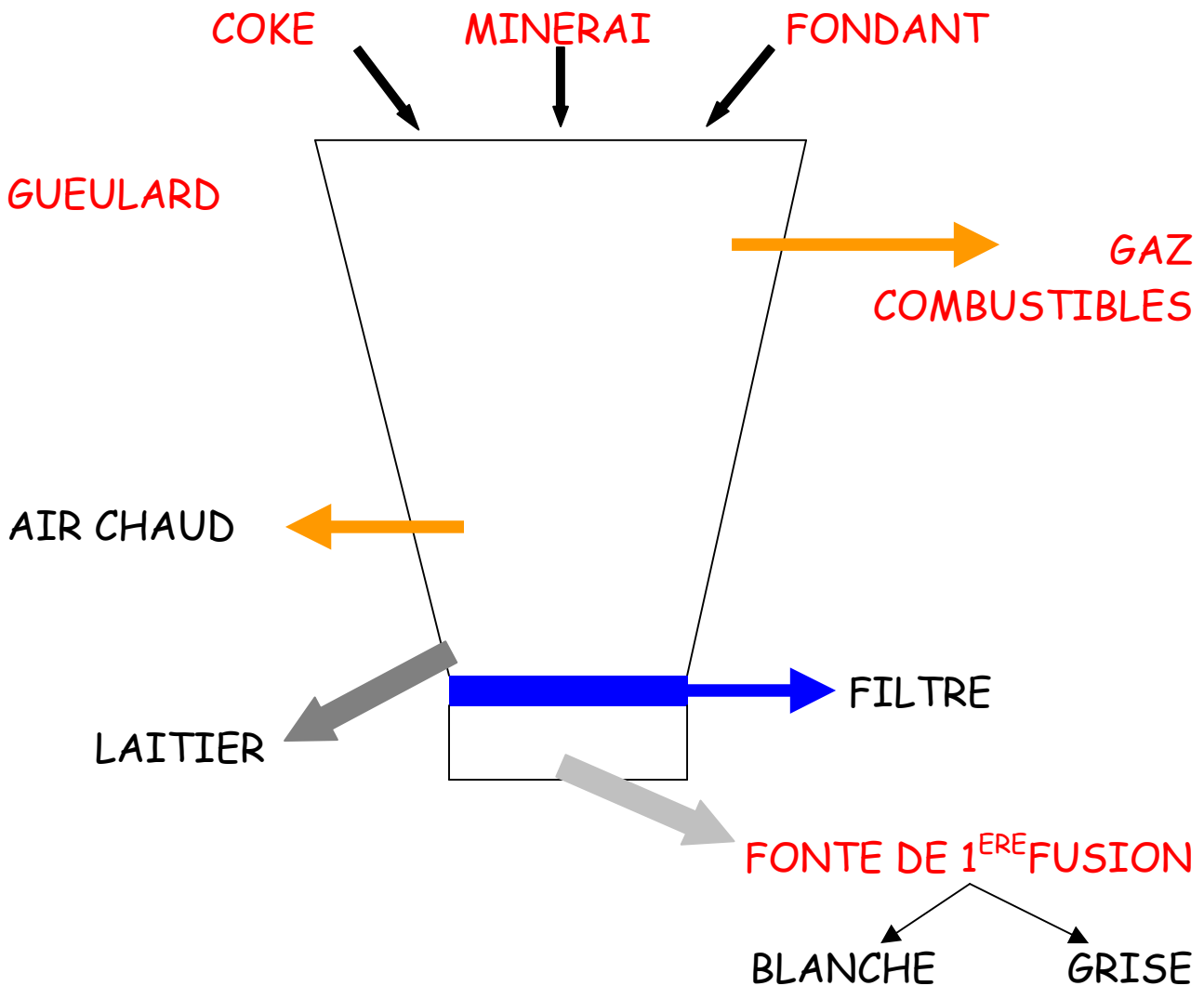
2.1.2 PRODUCTION :

L'ensemble **des opérations nécessaires à l'élaboration des métaux dits ferreux**, à partir des minerais de fer, **se nomme la sidérurgie**. Cette dernière est principalement effectuée par la fusion et la transformation du minerai dans les **hauts-fourneaux** afin d'obtenir des alliages de fer différents appelés acier ou fonte.

Pour extraire le fer des minerais, on utilise la méthode de réduction de l'oxygène (séparation du fer et de l'oxygène) qui se fait à haute température dans un haut-fourneau. Il s'agit d'un four vertical de 30 m de hauteur, pouvant traiter **1500 tonnes de minerai par jour** et qui fonctionne **de façon continue**.

Par le **gueulard**, on introduit le **minerai** avec du **fondant** (matière calcaire ou siliceuse) et du coke qui fait office de **combustible** et fournit la chaleur nécessaire.

SCHEMA D'UN HAUT-FOURNEAU :



Les produits du haut-fourneau sont :

- La **fonte blanche**, dure, cassante, inutilisable telle quelle
- La **fonte grise**, qui peut servir directement au moulage de grosses pièces et à faire des gueuses (lingots) qui sont livrés aux fonderies

- Les **laitiers**, ou scories qui servent à la préparation de **ciment, briques** et **laine minérale**
- Les **gaz combustibles** qui servent à surchauffer l'air insufflé dans le haut-fourneau

La fonte blanche et la fonte grise sont appelées fonte de première fusion. Elles sont ensuite purifiées pour obtenir **le fer industriel et une grande variété d'aciers**, auxquels on rajoute **d'autres métaux** pour obtenir des **qualités spéciales** (**chrome**, nickel, manganèse, **vanadium**, silicium, aluminium, etc.)



Le **carbone a une grande influence** sur les propriétés mécaniques du fer et de ses alliages. La **ténacité** et la **dureté**, mais aussi la **fragilité** augmentent avec **leur teneur en carbone**.

2.1.3 Le raffinage des aciers :

Les fontes sont raffinées dans le cubilot, four spécial et ensuite dans le convertisseur qui va produire différents types d'aciers.

Le **fer** et **ses alliages sont généralement magnétiques**.

Différents traitements confèrent certaines propriétés exceptionnelles à l'acier. Par exemple, **la trempe** consiste à chauffer l'acier à une température déterminée pour ensuite le refroidir dans un **liquide** (**eau ou huile**), rendant ainsi l'acier plus dur, cassant et résistant à l'usure. L'acier peut être ensuite soumis à un deuxième traitement thermique appelé le revenu (opération semblable à la trempe) : il permet de rendre l'acier moins fragile, d'augmenter son élasticité et sa ténacité.



2.2 Le fer (Fe)

Le fer à l'état pur n'est pas utilisé dans l'industrie. Le fer industriel est un fer contenant une faible quantité de carbone (0,05%).

Masse volumique: $\rho = 7,8 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: $1358 \text{ }^\circ\text{C}$

Résistivité: $\rho = 0,1 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

2.2.1 L'acier doux

L'acier doux comporte 0,05 à 0,4 % de carbone. Il est aussi appelé fer doux. Après disparition du champ magnétique, l'acier doux perd son aimantation. On l'utilise pour la fabrication de clous, rivets, vis, pylônes, armatures de câbles électriques portant la désignation C (par ex.: TT- CLT), etc.



2.2.2 L'acier dur

L'acier dur est un alliage de fer et de carbone (0,4 à 1,5 %) avec du silicium et du manganèse en très faible quantité. La dureté augmente proportionnellement avec la teneur en carbone. Il est généralement trempé, d'où son appellation aussi d'acier trempé.

On l'utilise pour l'outillage, les câbles métalliques, les rails, et d'une manière générale pour toutes les pièces de machines devant supporter de fortes contraintes mécaniques et présenter une grande résistance à la fatigue: arbres, axes, bielles, engrenages, etc.



2.2.3 Les aciers spéciaux ou alliés

Ce sont des aciers à **faible teneur en carbone** mais composés d'éléments tel que le **nickel**, le **silicium**, le **manganèse**, l'**aluminium**, le **tungstène**, etc.

Ces aciers peuvent être très durs, avoir une grande résistance aux chocs, à la corrosion ou à la chaleur, et sont susceptibles d'être magnétisés. Ces métaux sont très souvent employés dans la **mécanique moderne**: machines électriques, moteurs thermiques, **outillage**, etc.

Pour les circuits magnétiques des moteurs, des transformateurs, etc., on l'utilise en alliage avec 2 à 4,5 % de silicium sous forme de tôles feuilletées. Ces tôles ne restent pas magnétisées après disparition du champ magnétique.



L'acier combiné à l'**aluminium**, le **nickel**, le **cobalt** et le **cuivre** trouve son application dans les aimants permanents. Cet alliage se prénomme **Alnico**.

2.2.4 L'acier coulé

L'acier coulé est aussi appelé fonte d'acier et est obtenu par coulée d'acier ordinaire ou allié. Il est versé à **l'état liquide** dans des **moules en sable réfractaire** (qui résistent à la chaleur).

L'acier coulé est utilisé pour la fabrication de carter de moteur électrique, des roues, de turbines et d'une manière générale de **pièces très solides de formes complexes**.

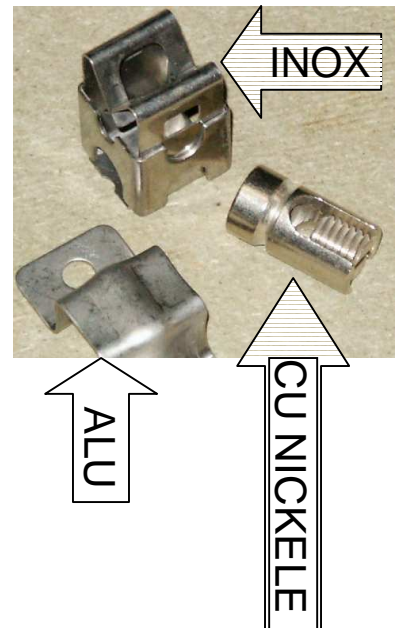
2.2.5 La fonte

C'est un alliage de **fer** comprenant au minimum 2,5 % de **carbone** (max 5 %) et 2 % de **silicium**. Elle permet la même utilisation que l'acier coulé mais est plus cassante, fragile et tendre. On l'utilisera donc pour réaliser des pièces qui ne sont pas soumises à des chocs ou des contraintes élevées, par exemple: les **plaques chauffantes** des **cuisinières** électriques, **bâtis de machine**, etc.



2.2.6 L 'acier inoxydable

Aussi appelé " **inox** ", il est composé de 18 % de **chrome** et 8 % de **nickel**, ce qui le rend non corrodable. Il est principalement utilisé pour les accessoires devant supporter **la corrosion**, par exemple: **petit matériel de fixation**, **vis**, **matériel paratonnerre**, etc...



Notes personnelles :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. LES METAUX NON FERREUX :

3.1.1 GENERALITES :

Tous les métaux et alliages qui **ne contiennent pas de fer** sont appelés **métaux non ferreux**. On répartit généralement ces métaux non ferreux en métaux lourds (masse volumique $\rho > 5 \text{ kg/dm}^3$) et métaux légers (masse volumique $\rho < 5 \text{ kg/dm}^3$).

Ils sont **pour la plupart non magnétiques**.

3.1.2 Le cuivre (Cu)

Dans la nature, on trouve le cuivre sous forme de **sulfure de cuivre**. Sa teneur en cuivre est de 1 %. L'affinage par électrolyse du cuivre donne du **cuivre de grande pureté** appelé **cuivre électrolytique**, le seul utilisé en électrotechnique (**99,99 % de Cu**).



C'est le **meilleur conducteur** de la chaleur et de l'électricité après **l'argent**.

Masse volumique: $\rho = 8,9 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: **1084 °C**

Résistivité: $\rho = 0,0168 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

Le cuivre est principalement utilisé pour les conducteurs électriques, que ce soit en **fils paratonnerre**, **fils T isolés**, en **barres massives** dans les tableaux ou dans les **câbles TT** ou **Tdc**. Il s'agit dans tous les cas d'un cuivre électrolytique.

3.1.2.1 Les alliages de cuivre :

a) le laiton (Lt)

Ses composants essentiels sont le **cuivre** (entre 60 et 90 %) et le **zinc**. Sa dureté est plus élevée que celle du cuivre.

Masse volumique: $\rho = 8,5 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: 932 °C

Résistivité: $\rho = 0,07 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

Le laiton est utilisé **en lustrerie** et **dans la visserie** afin d'imiter **la couleur de l'or** mais aussi pour les **bornes de jonctions** dans les tableaux électriques.



b) le bronze (Bz)

Ses composants essentiels sont le **cuivre** et **l'étain** (6 à 12 %). Il est plus dur mais plus fragile que le cuivre.

Masse volumique: $\rho = 8,8 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: 900 ou 1700 °C

Résistivité: $\rho = 0,03 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

Le bronze est utilisé pour **ses propriétés mécaniques**, par exemple pour les coussinets de paliers des moteurs électriques (car le frottement acier - bronze est faible), pour la fabrication de **cloches de sonnerie** grâce à son excellent timbre ou alors pour les **statues**.



c) le maillechort

C'est un alliage de **cuivre**, de **nickel** (7 à 30 %) et de **zinc** (25 %).

Masse volumique: $\rho = 8,4 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: $930 \text{ }^\circ\text{C}$

Résistivité: $\rho = 0,3 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

On l'utilise pour la fabrication de lames de supports de contacts, de **rhéostats**, etc...

d) la manganine

La manganine est composée de **cuivre** (84 %), de **nickel** (4%) et de **manganèse** (12 %). Son **coefficient de température est faible**, ce qui signifie que la **résistance électrique augmente très faiblement** avec la température.

Masse volumique: $\rho = 8,4 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: $900 \text{ }^\circ\text{C}$

Résistivité: $\rho = 0,44 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$



Elle est utilisée dans la fabrication de **résistances étalon**, de **précision** ou d'**appareils de mesure**.

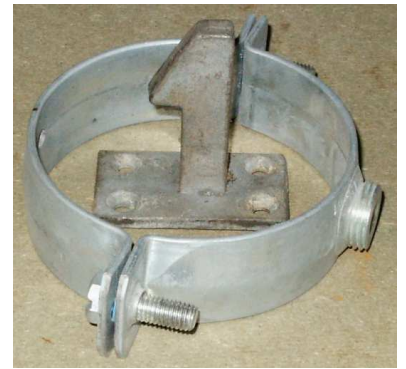
e) le constantan

Le constantan est composé de **cuivre et de nickel** à 40 %. Il présente les **mêmes propriétés** que la manganine et ses applications **sont identiques à celle de la manganine**.

Masse volumique: $\rho = 8,9 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: $1200 \text{ }^\circ\text{C}$
Résistivité: $\rho = 0,49 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

3.1.3 Le zinc (Zn)

Le zinc est **peu utilisé seul**. Il est **essentiellement utilisé pour le zingage** (ou la galvanisation). Ce sont ses principales applications en électrotechnique. Ce procédé consiste à recouvrir, **d'une couche de zinc liquide** ($460 \text{ }^\circ\text{C}$), la pièce en métal ferreux afin de **protéger la pièce contre les altérations du temps**, traitement appelé zingage au feu.



Le zingage se fait aussi par **dépôt électrolytique** ou par **pulvérisation et projection** du métal fondu sur la surface à recouvrir.

Masse volumique: $\rho = 7,1 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: $420 \text{ }^\circ\text{C}$
Résistivité: $\rho = 0,06 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

Ce **traitement de surface** est utilisé dans la fabrication des **pylônes des lignes aériennes**, des **chemins de câble**, des **tubes aciers** (ERZ). Le zinc amalgamé sert à la fabrication des électrodes négatives **des piles électriques**.



3.1.4 Le plomb (Pb)

Le plomb, à température ambiante, est **mou** et très **malléable**. Il possède une bonne résistance à la **corrosion** et aux **perturbations électromagnétiques**.



Masse volumique: $\rho = 11,3 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: **327 °C**

Résistivité: $\rho = 0,21 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

Jadis utilisé pour l'étanchéité des câbles électriques souterrains ou pour **les tubes « Bergmann »**, il est employé pour les **accumulateurs des véhicules**, ainsi que pour la **protection contre la corrosion**. De plus, il sert pour les garnitures de toit chez les ferblantiers.

3.1.5 L'étain (Sn)

L'étain, à température ambiante, est tendre, très brillant et **résistant à la corrosion**.



Masse volumique: $\rho = 7,3 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: **232 °C**

Résistivité: $\rho = 0,11 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

On utilise l'étain pour recouvrir le fil de cuivre (**opération appelée étamage**). Le fil est ainsi protégé de la corrosion (**cuivre étamé**).



La **soudure ordinaire** (**50 % d'étain, 47 % plomb, 3 % antimoine**) permet la connexion de fils soit entre eux, soit sur des barrettes de raccordement (strips T+T), sur des circuits intégrés, etc...

3.1.6 Le mercure (Hg)

Le mercure est **liquide** à la température de 20 °C.

Masse volumique: $\rho = 13,5 \text{ kg / dm}^3$

Point **de solidification**: - 39 °C

Résistivité: $\rho = 0,94 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

A l'état liquide, on l'utilisait comme agent conducteur dans la fabrication de contacts sous tubes de verre basculants, remplis d'un gaz inerte pour éviter toute oxydation. Anciennement utilisé dans les **thermomètres**, il est utilisé à l'état gazeux, dans les **tubes fluorescents** et les **lampes à décharge à vapeur** de mercure.

3.1.7 Le nickel (Ni)

Le **nickel** est un **métal magnétique** très résistant à la **corrosion**. On utilise surtout le nickel en alliage ou alors comme **revêtement de protection** contre la corrosion (**laiton nickelé**).



Masse volumique: $\rho = 8,9 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: 1455 °C

Résistivité: $\rho = 0,07 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

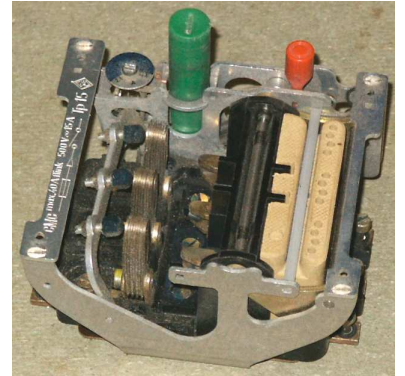
L'**oxyde de nickel** est utilisé pour la fabrication des **piles** et des **accumulateurs**.

3.1.7.1 Les alliages de nickel

a) L'invar

L'**invar** est un **ferro-nickel** contenant 36 % de nickel. Il a le **plus faible coefficient de dilatation mécanique** (nul entre -30 et 50 °C).

On l'utilise, après soudage à du laiton ou du cuivre, pour les **biméteux des thermiques**, les **sondes thermostatiques** de chauffe-eau ainsi que pour les grilles des tubes TV.



b) Le chrome-nickel

Le chrome-nickel comprend 20 % de **nickel**. Cet alliage peut être utilisé jusqu'à une **température de 1000 °C**.

Masse volumique: $\rho = 8,4 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: **1400 °C**

Résistivité: $\rho = 1,1 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

Il sert pour la fabrication **des corps de chauffe** pour les **chauffe-eau**, les **plaques de cuisinières**, etc..., grâce notamment à sa **grande résistivité**.



3.1.8 Le tungstène (W ou Tu)

Le tungstène est le **métal au point de fusion le plus élevé**.



Masse volumique: $\rho = 19,3 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: **3410 °C**
Résistivité: $\rho = 0,06 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

On l'utilise pour la fabrication des **filaments des lampes à incandescence** (par ex. une ampoule de 40 W / 225 V a un filament de 0,024 mm de diamètre). Il est aussi utilisé pour la fabrication **d'outils de coupe** à haute résistance. Par exemple : **les mèches Widia** pour la perforation du béton.

3.1.9 Le manganèse (Mn)

Le manganèse **n'est pas utilisé à l'état pur**. Il est surtout utilisé pour différents alliages.

Masse volumique: $\rho = 7,4 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: **1245 °C**
Résistivité: $\rho = 0,18 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$



Le **bioxyde de manganèse** est un oxydant utilisé comme dépolarisant **dans la fabrication des piles " Leclanché "**.

3.1.10 L'aluminium (Al)

L'aluminium ne **se trouve pas** à l'état pur dans la nature. Le minerai de base s'appelle la **bauxite rouge**. Il faut le traiter **par électrolyse**. Ses principaux alliages sont l'**Aldrey**, le **Réfectal** et l'**Anticorrodal**. Il est bon **conducteur** de la chaleur et de l'électricité.



Masse volumique: $\rho = 2,7 \text{ kg / dm}^3$

Point de fusion: $660 \text{ }^\circ\text{C}$

Résistivité: $\rho = 0,027 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

On l'utilise pour les **châssis et rails de tableaux électriques**, les lignes aériennes électriques à haute tension, **les tubes et canaux d'installation** ALU ainsi que pour le blindage de certains câbles.

3.2 LES METAUX NOBLES :

Définition :

Un métal noble est **un métal précieux dont la principale qualité est de résister à la corrosion** et de **garantir** de ce fait un contact électrique irréprochable.

3.2.1 L'argent (Ag)

C'est un métal noble caractérisé par son **excellente résistance à l'oxydation** et à la corrosion ainsi qu'à son prix élevé. C'est le **meilleur conducteur** de la chaleur et de l'électricité.



Masse volumique: $\rho = 10,5 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: $962 \text{ }^\circ\text{C}$
Résistivité: $\rho = 0,016 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

On l'utilise soit pur soit **en alliage** avec du cuivre, de l'or, du platine ou du tungstène pour la **fabrication des pastilles des contacts**. Il sert aussi comme **élément de fusion dans les fusibles**.

3.2.2 L'or (Au)

C'est un métal noble et le **plus malléable des métaux**. A cause de son prix élevé, **il est très peu utilisé**, bien qu'inaltérable à l'air et à l'eau.

Masse volumique: $\rho = 19,3 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: $1064 \text{ }^\circ\text{C}$
Résistivité: $\rho = 0,022 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

On l'utilise pour les pastilles de contact à courant faible car il ne **s'oxyde pas**.

3.2.3 Le platine (Pt)

C'est un métal noble. Son utilisation est limitée aux **appareils de précision** ainsi **qu'en chimie car il résiste à de nombreux acides**. Même utilisation que celle de l'or.

Masse volumique: $\rho = 21,5 \text{ kg / dm}^3$
Point de fusion: $1772 \text{ }^\circ\text{C}$
Résistivité: $\rho = 0,11 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

4. LES MATERIAUX ISOLANTS

4.1 Généralités

On entend par isolants les matériaux qui présentent **une très grande résistance au passage du courant** et dont la **conductibilité est pratiquement nulle**. Ces matériaux sont aussi dénommés **diélectriques**.

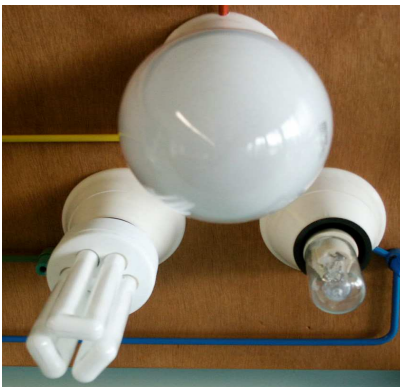
Les matériaux isolants sont utilisés pour **isoler les conducteurs et les pièces sous tension** afin d'empêcher **les court-circuit**, les **pertes de courant à la terre** et pour parer aux **dangers d'électrocution**.

4.2 Les isolants gazeux

L'air et les gaz sont de bons isolants.

L'air atmosphérique : est l'isolant **naturel de la plupart des installations**, appareils et machines électriques dont il assume **également le refroidissement** par circulation naturelle ou forcée (ventilateur).

Les gaz rares : tels que **néon, argon, krypton, xénon, vapeur de mercure et vapeur de sodium** sont utilisés dans les **tubes à décharge pour l'éclairage**. Par exemple, les gaz argon et krypton assurent la **protection chimique du filament de tungstène** des lampes à incandescence, tout en retardant l'évaporation de ce dernier.



L'azote (N) : a l'avantage d'être un **gaz abondant et bon marché**, on l'utilise dans la construction de câbles à gaz à très haute tension.

4.3 Les isolants d'origine minérale

Les minéraux sont des **corps dépourvus de vie propre**, constituant les roches de l'écorce terrestre.

Les isolants d'origine minérale sont solides à la température ordinaire, **incombustibles** et supportant des **températures élevées**, à l'exception des **hydrocarbures**.

Les huiles : sont des hydrocarbures, donc à base de **pétrole**. On les utilise pour l'isolation et le refroidissement des **gros transformateurs** de distribution.

L'amiante : n'est plus utilisée car l'inhalation de ses fibres, qui se fixent dans les poumons, **présente un danger de cancer**.

Le fibrociment ou Eternit : est utilisé pour les **panneaux des tableaux électriques**, les supports de corps de chauffe, etc.

Le mica : est un élément constitutif du **granit** (points brillants verts), il est utilisé pour l'isolation des encoches et des enroulements des moteurs.

Le quartz : dénommé cristal de roche, est utilisé pour ses propriétés **piézo-électriques**, comme par exemple les générateurs d'oscillations électriques des **montres à quartz**.

Les produits céramiques :



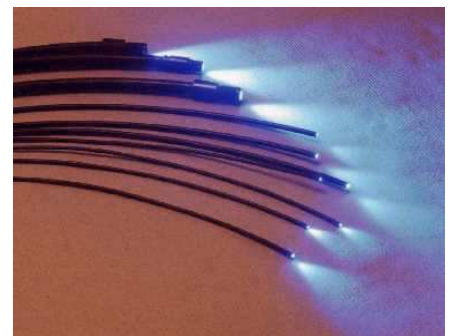
sont obtenus par la **cuisson à haute température** d'une pâte constituée d'un mélange de diverses terres naturelles. On obtient ainsi de la **porcelaine** utilisée comme **isolateur**, et de la stéatite utilisée pour l'appareillage électrique et les **corps des fusibles**.

Le verre :



est obtenu par **fusion de sable siliceux**, de chaux (dérivé de calcaire) et de soude (dérivé de sodium). Il est utilisé pour la fabrication d'ampoules et pour l'isolation des enroulements des moteurs.

Une autre application du verre qui prend de plus en plus d'importance est la **fibre optique**. Les fibres optiques sont des **conducteurs d'ondes lumineuses** en fibres de verre, d'une très haute pureté, qui utilisent le phénomène physique de la **réflexion totale de la lumière**. Cette nouvelle conception de la transmission permet, comparativement à un câble de cuivre ayant la même capacité de transmission, d'utiliser des fibres optiques de section plus faible.



Par exemple: à capacité de transmission égale

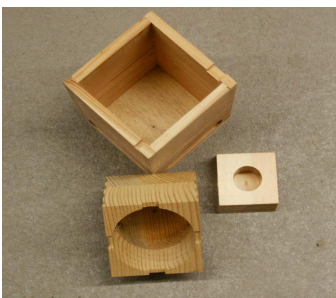
	fibres	Cuivre
diamètre extérieur	7 mm	70 mm
masse au km	40 kg	12 t

4.4 Les isolants d'origine organique

Les isolants **d'origine organique** sont des substances fibreuses à base de **cellulose**. La cellulose est la matière qui constitue les **parois des cellules végétales**.

Le papier : est de moins en moins utilisé comme isolant, toutefois on peut encore le rencontrer dans **l'isolation des câbles** ou des **condensateurs**.

Le bois :



est utilisé comme plaque de support ou **boîte d'encastrement** de prises cuisinières, de prises de sol, de platines de commande de grandeurs diverses

La soie :

est utilisée comme isolation des **cordons pour la lustrerie** et portent la désignation S (p ex: GtS).

Le coton :



est utilisé comme isolation des cordons de **fer à repasser** ou d'autres **appareils thermiques** dégageant de la chaleur. Le cordon sera désigné par la lettre B (p ex : TrB ou GrB).

4.5 Les isolants d'origine résineuse

Ce sont des matériaux se présentant généralement à l'état **solide ou élastique** comme par exemple le caoutchouc.

Le caoutchouc : est utilisé pour l'isolation de cordons souples pour les appareils mobiles mais tend à être remplacé par des matériaux à base de plastique. Les **câbles isolés au caoutchouc** portent la **désignation G** (p. ex: Gd).



4.6 Les matières plastiques

Une matière dite plastique **est susceptible de se déformer et de conserver sa nouvelle forme**. Elles sont fabriquées à base de **houille** (charbon naturel), de **pétrole** et de **cellulose**.

Elles sont classées en **deux catégories**:

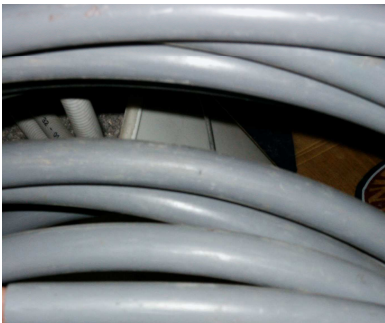
- **les matières thermoplastiques**: ce sont des matières qui se **ramollissent avec la chaleur**, qui peuvent être mises en forme à chaud et **conserver cette forme après leur refroidissement**.
- **les matières thermodurcissables**: ce sont des **matières rigides, dures et infusibles** (qui ne peuvent être fondues).

Le chlorure de polyvinyle ou PVC



est un **thermoplastique** qui est un des plastiques **les plus courants**. Il est utilisé pour la fabrication **des gaines isolantes** des câbles et portent la désignation T (p ex: TT, Td), des **panneaux de tableau électrique**, **des tubes TIT-THD...**

Le polyéthylène



est un **thermoplastique** et ressemble à la paraffine. On fabrique à base de polyéthylène des tubes souples appelés **Symalène**, utilisés pour le montage noyé des lignes d'installations intérieures.

Ces tubes sont soit **combustibles** et de **couleur orange** (**THF**), utilisables seulement en montage noyé dans les dalles en béton, soit **difficilement inflammables** et de **couleur grise** (**THFW**), utilisables en montage noyé dans le béton ou en contact avec des matériaux combustibles. Le polyéthylène est utilisé pour les **boîtes d'encastrement** Agro par exemple ainsi que pour l'isolation des câbles à haute fréquence, pour la télévision par exemple.

Le polystyrène ou polystyrol

est un **thermoplastique incolore**, transparent et dur. Il est utilisé dans les installations électriques pour la haute tension et la haute fréquence. De plus, il est utilisé pour la fabrication des **diffuseurs des lampes et des bacs d'accumulateurs**.

Les résines phénoliques ou bakélite

Ce sont des matières **thermodurcissables**. Elles sont utilisées pour la fabrication des **couvercles de prises, interrupteurs**, etc.



Les résines époxydes ou Araldite

sont des **thermodurcissables**. Elles sont utilisées pour la fabrication d'isolateurs.

Les résines polyuréthanes

sont des **thermodurcissables**. Elles sont utilisées pour la fabrication d'éléments de **disjoncteurs, de sectionneurs** devant résister à d'importantes **contraintes mécaniques**.



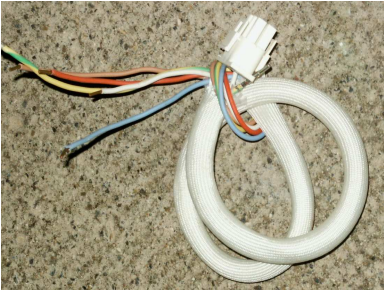
On les trouve aussi pour la fabrication de **câbles** subissant de fortes sollicitations mécaniques, résistants à la corrosion, à la chaleur et au froid (appelés **Pur-Pur** ou **Purco de coloration orange**), dont ses

caractéristiques sont égales ou parfois supérieures à celles du caoutchouc.

Par exemple: les **enrouleurs sur les chantiers**, les alimentations des lignes aériennes des trolleybus, les installations électriques en haute altitude.

Les silicones

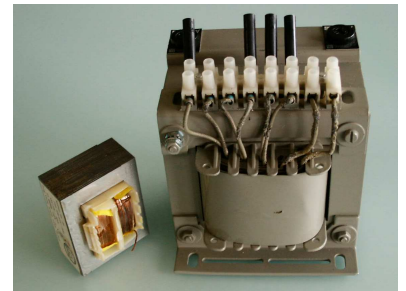
conservent leur **élasticité**, résistent aux oxydants et autres agents corrosifs et sont incombustibles dans de grandes limites de température (**-70 à 250 °C**). Ils sont



utilisés pour améliorer l'**étanchéité** des câbles pénétrant dans les appareils, mais aussi comme **isolant des fils de cuisinière** (fils siliflex)

4.7 Les vernis

Les vernis sont des composés de **résines synthétiques**. Ils ont pour but l'isolation électrique des objets traités, ainsi que leur protection contre les agents atmosphériques, chimiques et les effets mécaniques. **Leurs principales applications sont l'imprégnation des bobinages électriques.**



5. LES MATERIAUX SEMI-CONDUCTEURS

Ce sont des matériaux qui ont un **comportement intermédiaire** entre **les conducteurs et les isolants**. Selon le sens du courant qui traverse le matériau, ce dernier le bloque ou le laisse passer. Ils sont à base de **silicium**, de **germanium** ou de **sélénium**.

Un faible apport d'atomes d'indium ou d'arsenic, opération appelée dopage, leur donne le nom de semi-conducteur type P ou type N.

Ses principales applications sont dans **l'électronique** : transistors, **diodes**, **microprocesseurs**, puces, etc...



6. LES MATERIAUX A BASE DE CARBONE

6.1 Le carbone (C)

Le carbone est un élément très répandu dans la nature. Il a un **coefficient de température négatif**, c'est-à-dire que contrairement à la majorité des métaux, **sa résistance électrique diminue lorsque la température augmente**.

Il rentre souvent dans la combinaison **d'alliage de fer** pour le rendre plus dur, par exemple: les différents aciers, la fonte.

6.2 Le diamant

Le diamant est une pierre précieuse constituée de **carbone pur cristallisé**. C'est **le corps le plus dur** que l'on connaisse, on ne peut le tailler qu'avec sa propre poussière ou au rayon laser. Sa principale utilisation industrielle est la fabrication **d'outils abrasifs** (meules par exemple).

6.3 Le graphite

Le graphite, aussi appelé plombagine, est **une variété de carbone cristallisé presque pur**. Mélangé à de l'argile, il sert de **revêtement réfractaire** dans les fours industriels. Il est aussi utilisé pour les **balais de contacts** des machines à collecteur.

6.4 Le charbon

On désigne sous cette **appellation générale de charbon** diverses matières solides, de couleur noire, composées essentiellement de carbone mélangé ou combiné à d'autres éléments. Citons

entre autre : l'anhracite, la houille, le coke. On utilise le graphite, le coke et la suie préalablement broyées et mélangés à des produits divers pour obtenir les balais de charbon des machines à collecteurs, des sabots des pantographes des trolleybus, des contacts frotteurs pour potentiomètres et des résistances de faible puissance pour la technique du courant faible. Son coefficient de température est négatif.

7. LES MATERIAUX REFRACTAIRES

On appelle matériaux réfractaires des matériaux qui résistent à de très hautes températures, comprises entre 2000 °C et 3000 °C. Ces matériaux servent principalement dans la construction des revêtements intérieurs de fours industriels et de radiateurs électriques à infrarouge. Citons les plus courants, à savoir les argiles, l'alumine, le graphite, la magnésie et la silice.



Notes personnelles :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. LES MATERIAUX POUR LES SCELEMENTS

8.1 Le plâtre

Le plâtre issu de gypse (sulfate de calcium hydraté chauffé à 200 °C) ou pierre de plâtre ne **peut être exposé aux intempéries** car il se désagrègerait. Il est utilisé à l'intérieur de locaux secs, pour des travaux de **rhabillage** de gaines, de trous dans les murs, pour **sceller les boîtes** d'encastrement, etc.

Il est important **de toujours verser le plâtre dans l'eau et non le contraire sous risque de formation de grumeaux.**



8.2 Les ciments

Les ciments sont des liants d'origine naturelle ou artificielle. Contrairement au plâtre, **le ciment ne craint pas l'eau**. Il peut donc être utilisé pour les ouvrages de plein air ou immergés. L'un des plus utilisés est le ciment Portland. Il est obtenu par mélange à haute température d'argile et de calcaire.

Il existe:

- **le ciment lent** de couleur gris vert est le plus courant. Il fait prise en quelques heures et devient **très dur et résistant**.
- **le ciment prompt** de couleur jaune brun, fait prise en quelques minutes. Réservé à des travaux de **scellement**, il est cependant moins résistant.

Lors de son utilisation, l'ordre de mélange eau et ciment a peu d'importance car le ciment a une prise beaucoup plus lente que le plâtre.

8.3 Le mortier de ciment

Il s'agit de **ciment mélangé avec du sable**.

On l'utilise pour des scellements devant être très **résistants**.

8.4 Le béton

Le mélange de **sable**, de **gravier** et de **ciment** est le béton. Le béton et surtout le béton armé sont des matériaux très utilisés dans les **travaux de génie civil**: barrages, routes, bâtiments, etc.

9. LES MATERIAUX CALORIFUGES

On appelle matériaux calorifuges des matériaux qui empêchent la **déperdition de chaleur**, c'est-à-dire de **bons isolants thermiques**. Ces matériaux sont utilisés pour l'isolation des appareils produisant de la **chaleur ou du froid**, comme par exemple les chauffe-eau ou les réfrigérateurs, etc...

Les matériaux calorifuges les plus courants sont : le **pical**, la **laine de verre**, le **liège**, la mousse plastique.

Le pical est surtout utilisé pour les **boîtiers de spots encastrés** dans du bois ainsi que **derrière les tableaux électriques** placés sur des parois en bois.

10. LES MATERIAUX ABRASIFS

Les abrasifs sont des matériaux **très durs**, utilisés sous forme de grains aux arêtes tranchantes pour les **travaux de meulage et de polissage**. Chaque grain travaille en arrachant, par frottement, de petits copeaux de matière. Ce travail, qui produit un fort échauffement, peut porter les copeaux arrachés à incandescence et **produire des étincelles**.



Citons les plus courants: le **sable**, **l'émeri**, **la pierre ponce**, le **diamant**, **le verre**.

11. DIVERS

11.1 L'eau

L'eau se congèle à la **température proche de 0 °C**. **Sa congélation entraîne une augmentation de volume**. Il faut savoir qu'un corps humain est formé de 65 à 70 % d'eau !

Masse volumique : $\rho = 1 \text{ kg / dm}^3$

Point d'évaporation : **100 °C**

Point de solidification : **0 °C**

Il existe plusieurs sortes d'eau :

- L'eau de source
- L'eau souterraine
- L'eau thermale
- L'eau potable des réseaux de distribution d'eau

- L'eau distillée : une eau dont on a enlevé les gaz dissous, les impuretés minérales et organiques par ébullition suivie de condensation. On utilise cette eau pour mettre à niveau l'électrolyte des batteries de démarrage.

11.2 LES GAZ

11.2.1 Le gaz de ville

Le gaz de ville provient du chauffage de la houille. Il n'est cependant plus utilisé et remplacé par du gaz naturel.

11.2.2 Le butane et le propane

Ces deux gaz sont issus d'hydrocarbure. Ils ont un usage ménager (lampe à gaz , réchaud, etc...) et sont odorisés afin d'en détecter les fuites. Le propane est utilisé plus particulièrement pour l'industrie. Son point de congélation est situé entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le butane contenu dans les bouteilles bleues se congèle quant à lui à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Notes personnelles :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....