

Cours de technologie de base



Objectif de l'enseignement

Cet enseignement est destiné à permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances sur les procédés d'obtention et de fabrication de pièces ainsi que sur leurs techniques d'assemblages. Des notions élémentaires de matériau seront apportées, celles-ci étant indissociables.

Généralités:

“ La fabrication mécanique est une science qui s’occupe de mettre au point un ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. Ces procédés de fabrication font partie de la construction mécanique.

“ Les techniques d'assemblage (soudage par exemple) interviennent une fois que les différentes pièces ont été fabriquées.

Exemples de pièces couramment rencontrées dans l'industrie



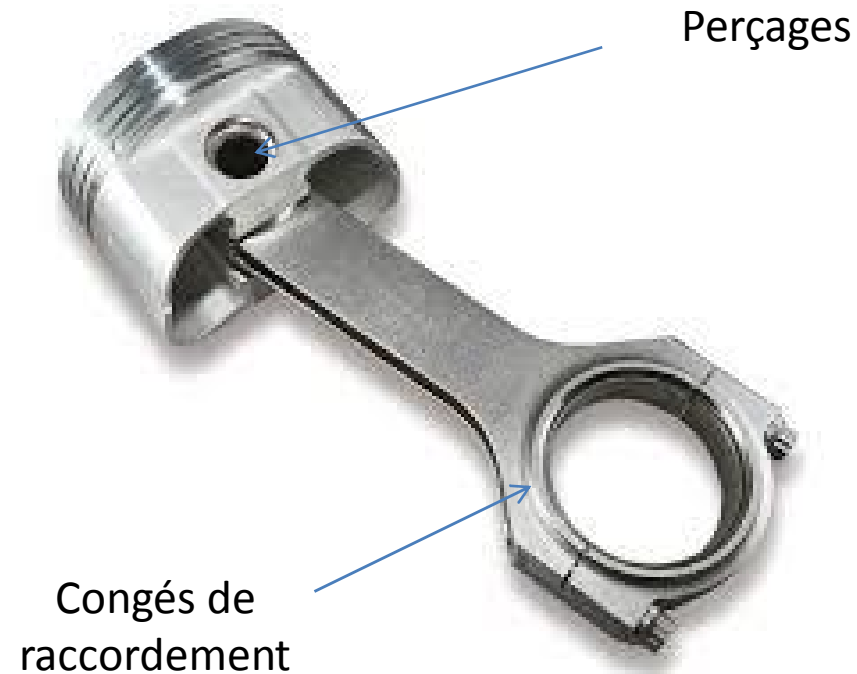
Roues dentées

Exemples de pièces couramment rencontrées dans l'industrie



Vilebrequin automobile

Exemples de pièces couramment rencontrées dans l'industrie



Piston de compression

Exemples de pièces couramment rencontrées dans l'industrie



Roues de bogie
(ferroviaire)

Notions de matériaux

Matériaux destiné aux pièces



La pièce doit être réalisée dans un matériau adéquat lui permettant d'assurer la fonction à laquelle elle est destinée



- **Aciers de différents types;**
- **Fontes;**
- **Polymères (matières plastiques).**

Notions de matériaux

Matériau destinés aux
outils de coupe



Les outils de coupe doivent être réalisés avec un matériau spécifique suffisamment dur pour pouvoir travailler la pièce à usiner sans subir d'usure démesurée.

Les outils de coupe doivent garder des propriétés matériaux stables à température élevée.



- Acier Rapide Supérieur (ARS);
- Carbure;
- Céramique.

Programme d'études

Chapitre 1: Matériaux

- " Métaux et alliages et leurs désignations
- " Matières plastiques (polymères);
- " Matériaux composites;
- " Autres matériaux

Chapitre 2: Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière

- " Moulage, forgeage, estampage, laminage, tréfilage, extrusion.... Etc
- " Découpage, pliage et emboutissage, etc...
- " Frittage et métallurgie des poudres;
- " Profilés et Tuyaux (en acier, en aluminium);

Programme d'études

Chapitre 3: Procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière

- " Tournage;
- " Fraisage;
- " Perçage;
- " Ajustage.

Chapitre 4: Techniques d'assemblage

- " Boulonnage;
- " Rivetage;
- " Soudage.

Chapitre 1: Matériaux

Métal: définition

Définition du dictionnaire Larousse: *«Élément chimique caractérisé par une forte conductivité thermique et électrique, un éclat particulier dit « éclat métallique », une aptitude à la déformation et une tendance marquée à former des cations ».*

Les propriétés métalliques

Propriété	Précision
Éclat métallique	L'élément est brillant et reflète bien la lumière.
Conducteur de chaleur et d'électricité	L'élément laisse passer la chaleur et conduit bien l'électricité.
Réagit aux acides	L'élément est effervescent (émet des bulles) lorsqu'on le met en contact avec un acide.
Malléabilité	L'élément peut se déformer sans se casser et sans reprendre sa forme initiale.

Autres propriétés communément admises

” Densité importante: leur densité par rapport à l'eau est en général supérieure à 2 pour les métaux les plus utilisés, et est fréquemment supérieure à 7.

” Ils sont en général présent dans la nature sous forme de minerai, qu'il faut transformer en métal (métallurgie primaire).

Les propriétés non-métalliques

Propriété	Précision
Aspect terne	L'élément est mat et ne réfléchit pas la lumière.
Ne conduit pas la chaleur ni l'électricité	L'élément ne laisse pas passer la chaleur et conduit très peu ou pas l'électricité.
Ne réagit pas aux acides	L'élément n'a aucune réaction aux acides; il demeure inerte.
Non malléable	L'élément est cassant, friable ou reprend sa forme initiale après avoir été déformé.

Métal: définition au sens chimique

Les éléments alliant les précédentes propriétés sont classés dans le tableau périodique comme suit. Ils constituent 91 des 118 éléments.

	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIB	VIB	VIB	VIB	IB	IB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H	non-métaux																Hc
2	Li	Be	métaux										B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
* lanthanides				La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
** actinides				Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Alliages

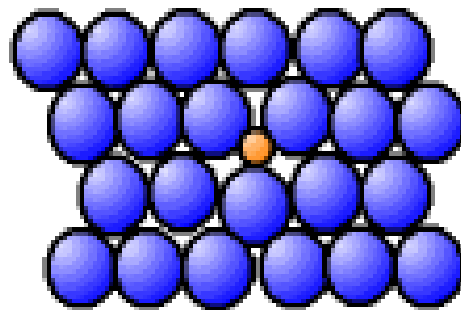
Un alliage est la combinaison d'un élément métallique avec un ou plusieurs autres éléments chimiques (métalliques ou non).

Un métal pur a des caractéristiques mécaniques qui sont la plupart du temps relativement faibles. Le fait d'ajouter d'autres éléments permet d'augmenter ces caractéristiques mécaniques.

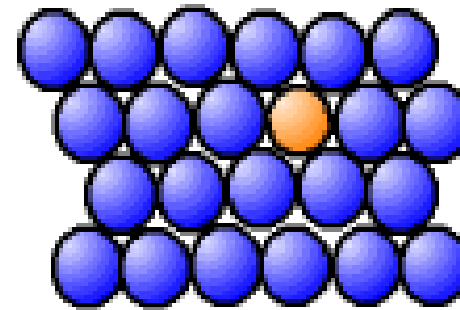
Alliages

Les alliages peuvent être sous plusieurs formes:

Un élément d'addition qui forme une solution solide avec le métal de base peut être localisé soit à la place des atomes du métal majoritaire, on parle alors de « substitution », soit entre les atomes de l'élément majoritaire, on parle alors d'« insertion ».



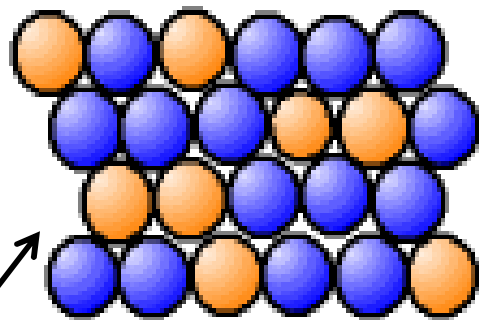
Solution solide
interstitielle



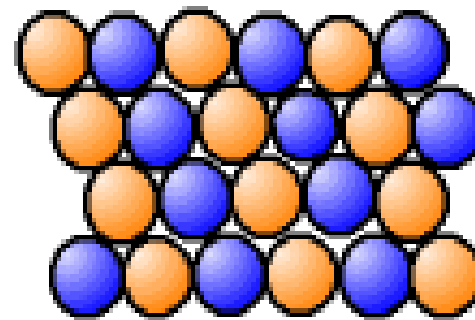
Solution solide
par substitution

Alliages

Une substitution peut conduire soit à un alliage ordonné, soit à un alliage désordonné.



Alliage désordonné



Alliage ordonné

Les atomes occupent
des positions
aléatoires

Alliages

Quand l'élément d'alliage n'est pas un métal, sa teneur reste généralement faible (jusqu'à quelques % massique). Ainsi, dans un acier la concentration en carbone est inférieure à 2 % massique. Elle est inférieure à 7 % massique dans le cas de la fonte, alors qu'il est possible de faire un alliage cuivre-zinc (communément appelé laiton) avec 50 % de chacun des éléments.

En général le % massique de carbone (C) est comme suit:



Acier $< 2\%$

$2\% < \text{Fonte} < 7\%$

Alliages

Les alliages peuvent être classés en alliages ferreux ou non ferreux.

Alliages ferreux


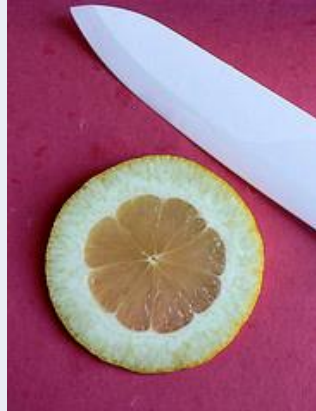
Un alliage ferreux est un alliage dont le principal constituant est le fer.

Le fer est un élément très présent dans la nature. Il s'agit d'un matériau malléable et magnétique.



Ceci étant, ses caractéristiques mécaniques ne sont pas optimales et il ne résiste pas à la corrosion.

Afin d'améliorer ses caractéristiques, il est possible de le mélanger avec d'autres éléments, notamment du Carbone. Les différentes proportions de Fer et de Carbone définiront les propriétés de l'alliage.

Technologie de base

Alliages ferreux	Composition et description	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Fonte	<ul style="list-style-type: none"> -Mélange de fer et de carbone (entre 2% et 7% massique) -Couleur blanc brillant ou gris 	Fragilité, dureté, lourdeur	<p>Etaux, haltères</p> 
Acier inoxydable	<ul style="list-style-type: none"> -Mélange de fer, de carbone (moins de 1,5%), de chrome et d'étain -Couleur gris métallique 	Résistance à la corrosion, résistance mécanique, dureté	<p>Ustensiles de cuisine</p> 

Technologie de base

Alliages ferreux	Composition et description	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Acier doux	Mélange de fer et de carbone (à peine 0,2%)	Faible résistance à la corrosion, dureté	Chaines 
Fer blanc	Tôle mince d'acier doux recouverte d'une couche d'étain sur les deux faces	Facilité de pliage et de coupe, résistance à la corrosion	Boîtes de conserve 

Exemple de propriétés mécaniques

Propriété	Fer	Acier 304 (usage nucléaire)	Acier Inconel 718 (boulonnerie à haute résistance)
Masse volumique (Kg/m ³)	7870	7930	8220
Module d'élasticité longitudinal (GPa)	211	200	200
Coefficient de dilatation (10 ⁻⁶ , 1/K)	11.2	15.3	12.78
Limite d'élasticité à 0.2% (MPa)	168	190	1034
Résistance à la traction (MPa)	310	490	1275



Exemple de propriétés mécaniques

Propriété	Fer	Acier 304 (usage nucléaire)	Acier Inconel 718 (boulonnerie à haute résistance)
Masse volumique (Kg/m ³)	7870	7930	8220
Module d'élasticité longitudinal (GPa)	211	200	200
Coefficient de dilatation (10 ⁻⁶ , 1/K)	11.2	15.3	12.78
Limite d'élasticité à 0.2% (MPa)	168	190	1034
Résistance à la traction (MPa)	310	490	1275


Alliages non ferreux

Un alliage non ferreux ne contient pas de fer, mais combine plutôt d'autres métaux. Ces alliages ne sont pas magnétisés.

Technologie de base

Alliages non ferreux	Composition et description	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Laiton	<ul style="list-style-type: none"> -Mélange de zinc et de cuivre -Couleur variant du rose au jaune selon la teneur des différents métaux 	Ductilité, malléabilité, lourdeur, résistance à la corrosion, bonne conductibilité	<p>Composants électriques, instruments de musique</p> 
Bronze	<ul style="list-style-type: none"> -Mélange de cuivre et d'étain -Couleur variant du jaune au brun 	Dureté, malléabilité, lourdeur, résistance à la corrosion, bonne conductibilité	<p>Hélice de bateau, robinetterie</p> 

Technologie de base

Alliages non ferreux	Composition et description	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Titanium	<ul style="list-style-type: none"> -Mélange de titane et d'aluminium -Couleur gris argenté 	<u>Légèreté, grande dureté,</u> malléabilité, résistance à la corrosion,	Pièces d'avion, pièces de bicyclette, pièces électroniques, prothèses orthopédiques 

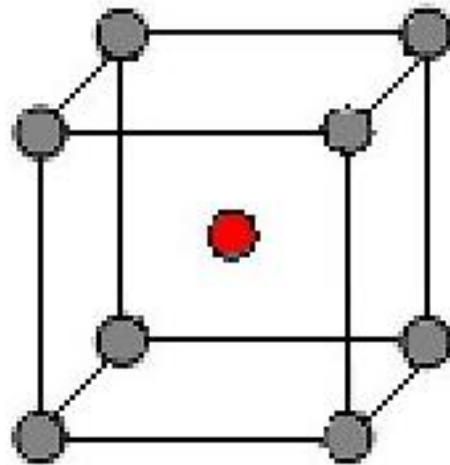
Traitement thermique de l'acier

1-Trempe:

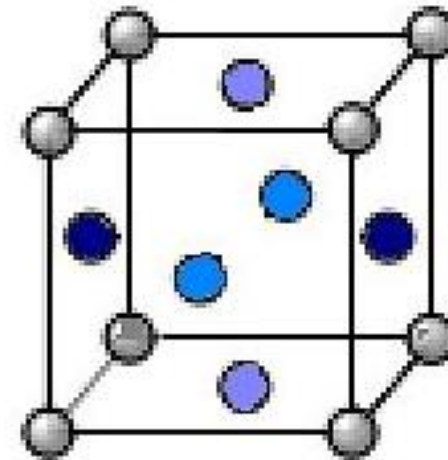
La **trempe** permet d'améliorer la **dureté** des pièces mécaniques. Ce traitement comprend deux étapes. L'alliage doit d'abord être chauffé à très haute température (950 °C à 1100 °C), afin que les atomes puissent se réagencer. L'alliage est ensuite refroidi très rapidement, en le trempant dans un fluide froid (eau ou huile). Ce trempage procure de nouvelles propriétés à l'alliage.

Technologie de base

Le Fer (constituant principal de l'acier) existe sous 2 types d'agencements : Cubique Centré (CC) et Cubique à Faces Centrées (CFC)



Réseau Cubique
Centré (CC) appelé
Ferrite



Réseau Cubique à
Faces Centrées
(CFC) appelé
Austénite



Le réseau CC ne permet pas l'inclusion d'éléments dans le réseau puisqu'un atome de Fer occupe déjà la place.

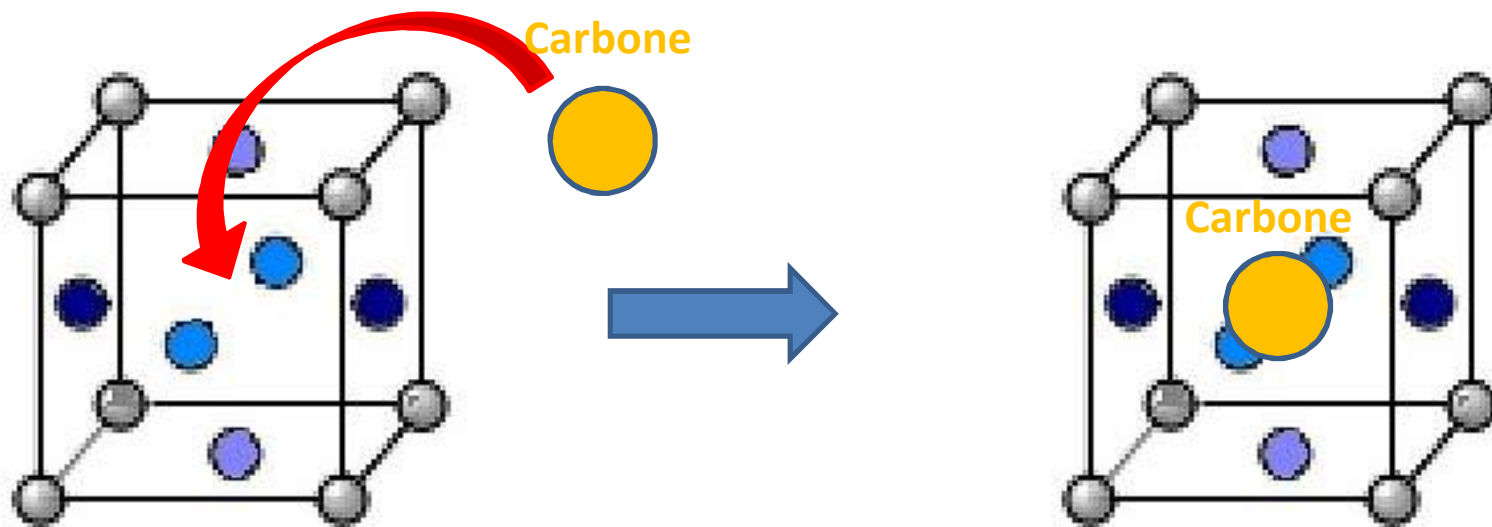
Technologie de base

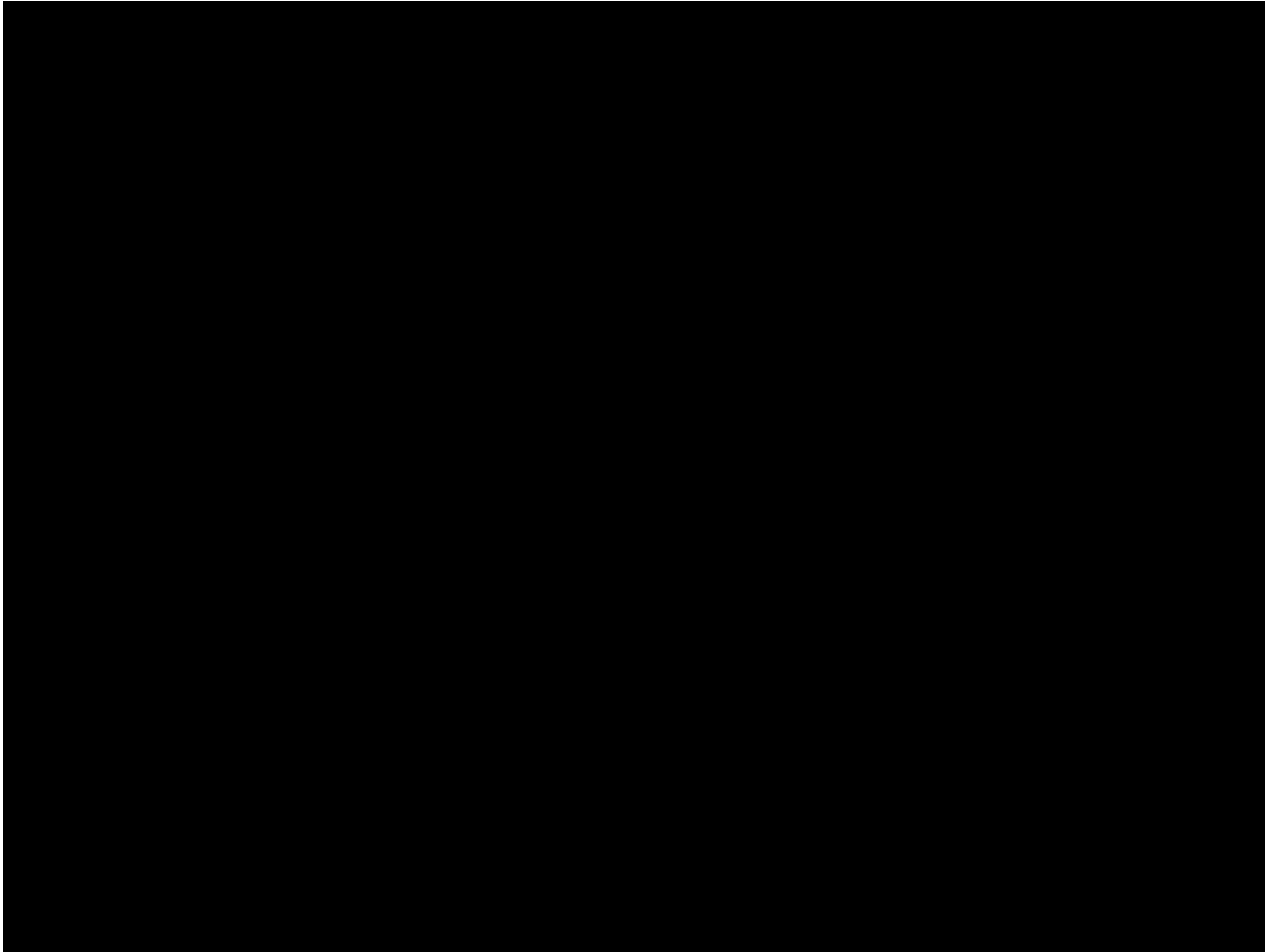
“ En chauffant l'acier le réseau **Ferrite** se transforme en **Austénite**. L'austénite (réseau CFC) ne possède pas d'atome de fer au centre du cube contrairement à la ferrite (réseau CC). Ce vide permet aux atomes de carbone de migrer à l'intérieur du réseau cubique de l'austénite alors que ceci est impossible dans le cas de la ferrite.

“ Le refroidissement brusque de l'austénite empêche l'atome de Carbone de migrer à l'extérieur du réseau.

“ Ceci forme une structure appelée **Martensite**.

Note: si le refroidissement est trop lent, l'Austénite se transforme de nouveau en Ferrite.





Trempe : Illustration animée

La trempe possède des avantages et des inconvénients:

Avantage  Durcit le matériau

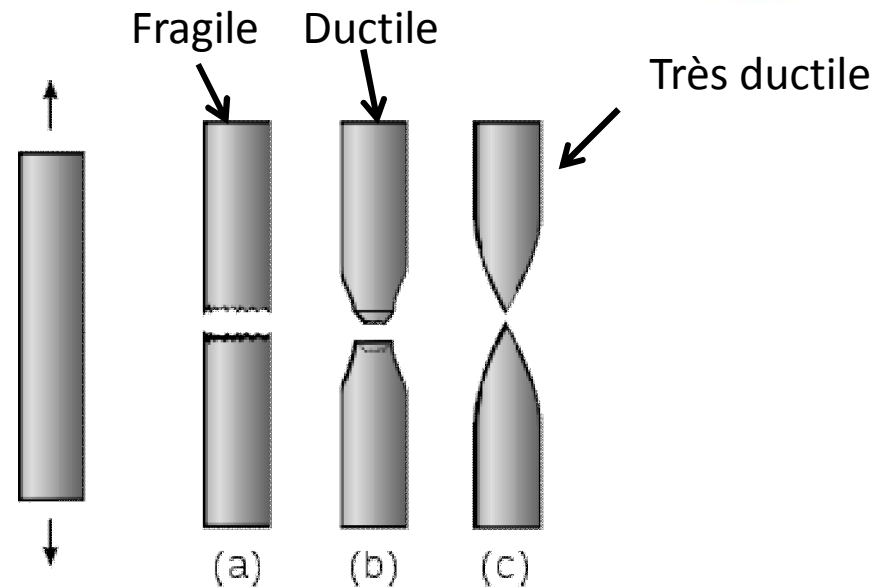
Inconvénient  Rends le matériau fragile

Fragilité?

La fragilité est le contraire de la ductilité. Un matériau fragile rompt très vite (rupture à faible contrainte). En général, celle-ci se produit dans le domaine élastique. Les céramiques et le verre sont des matériaux fragiles.



Essai de traction sur éprouvette



Traitement thermique de l'acier

2- Revenu:

Le revenu permet de rendre un alliage un peu plus ductile, tout en lui permettant de conserver une certaine dureté. Ce traitement se fait sur un alliage **ayant déjà été trempé**. Il consiste à:

“ chauffer un alliage trempé à une température précise, **inférieure à celle de la trempe** afin que l'alliage ne perde pas les propriétés acquises lors de cette étape;

“ Maintenir la pièce à cette température pendant un temps donné

“ Effectuer un refroidissement approprié (en fonction du matériau et de la teneur en Carbone).

Traitement thermique de l'acier

3- Recuit:

Le **recuit** permet de restaurer les propriétés de l'alliage après sa déformation, par exemple éliminer des contraintes résiduelles. Pour ce faire, on doit chauffer suffisamment l'alliage (de 450 et 1100°C, en fonction des objectifs) puis le laisser refroidir lentement par la suite. On peut alors effacer les traces laissées par les contraintes engendrées lors de la fabrication, par exemple des traces de soudure, ou encore obtenir des alliages moins durs et plus faciles à usiner.

Note: Cette définition est très générale, Les paramètres de recuit dépendent du but recherché et de la nature de l'acier.

Fin