

Coutellerie Physique, acier carbone

Y. Magnin

contact@yann-magnin.fr; <http://www.yann-magnin.fr>



Couteau Perceval (Thiers), lame Damas et manche météorite (Widmanstaetten)



Fe-Ni-C

Fe-C (aciculaire)

Problème 1, le prix : 4810€

Se le fabriquer soi même

Problème 2, comment faire : Tutoriels youtube

Se bricoler une forge, acheter lime, scie, etc...

Se procurer du Fe-C ~10€ pour 1000x80x3mm

Problème 3, le nickel ~80€ pour 500x100x1mm

S'en passer, garder ça pour les simulations



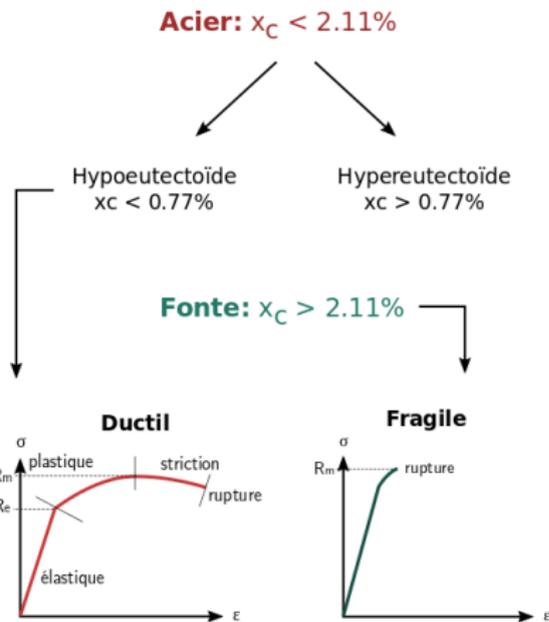
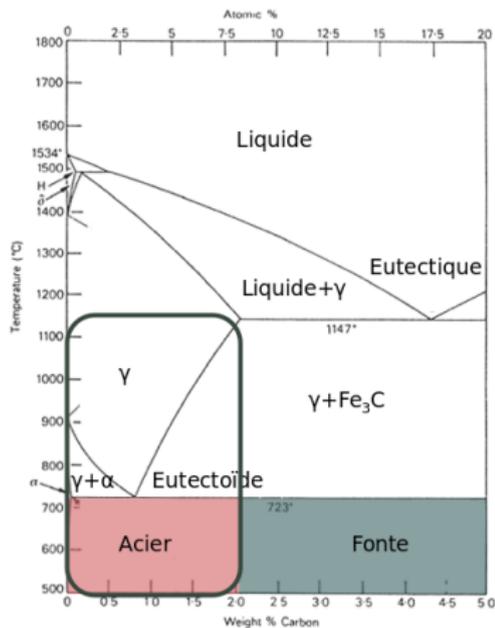
Etapes de conception

- 1 **Choix d'un acier**
- 2 Conception d'une forme et d'un gabari
- 3 **Mise en forme de la lame (forge ou enlèvement de matière)**
- 4 **Traitements thermiques (normalisation, chauffe, trempe, revenu)**
- 5 Réalisation d'un manche + montage
- 6 Aiguisage

Travail effectif ~ 10 heures, processus ~ 2 semaines

Choix d'un acier

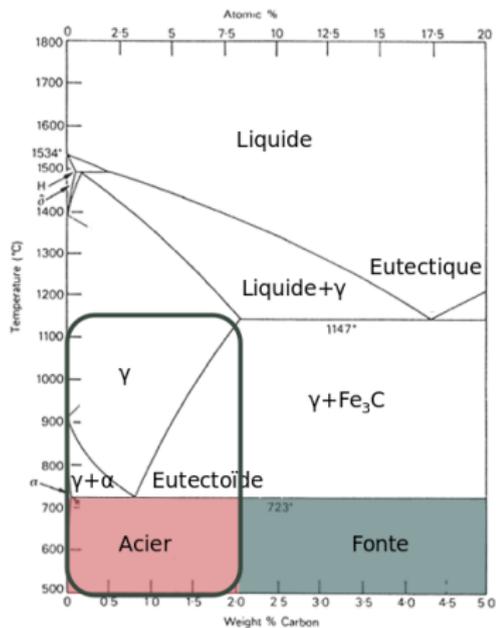
Acier principalement composé de Fe-C + éléments d'alliages (Cr, Ni, Si, Mn, Mo, V, ...)



Bon métal de coutellerie = dur (mais pas trop...)

Choix d'un acier

Acier principalement composé de Fe-C + éléments d'alliages (Cr, Ni, Si, Mn, Mo, V, ...)



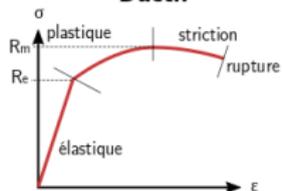
Acier: $x_C < 2.11\%$

Hypoeutectoïde
 $x_C < 0.77\%$

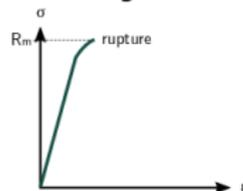
Hypereutectoïde
 $x_C > 0.77\%$

Fonte: $x_C > 2.11\%$

Ductil



Fragile



Bon métal de coutellerie = dur (mais pas trop...)

Origine de la dureté des aciers

Limiter la diffusion des dislocations = dureté

- Favorise la formation de Cémentite (Fe_3C) → Haute limite élastique
- Favorise la formation de Perlite → Augmente le nombre de joints de grains
- Ségrégation du C autour des dislocations → Atmosphère de Cottrell

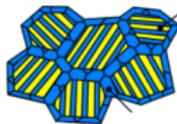
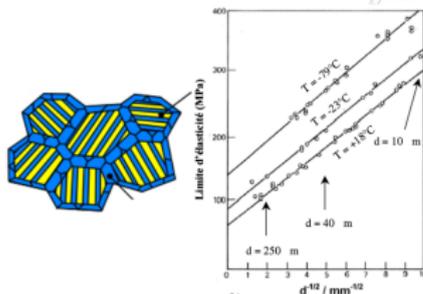
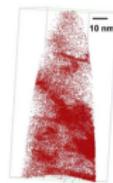
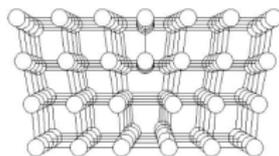
Hall-Petch :

$$R_e = R_0 + \frac{k}{\sqrt{d}}$$

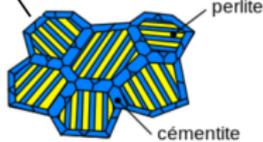
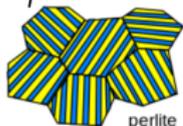
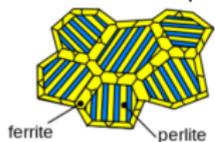
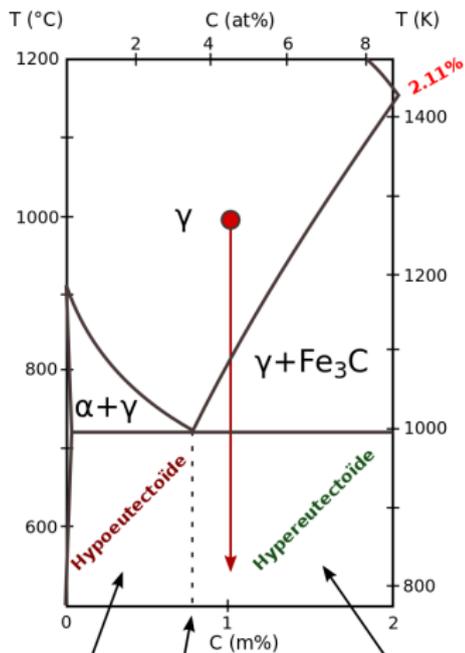
R_e : Limite d'élasticité

R_0 : Contrainte de cisaillement pour diffusion des dislocations

d : Taille des grains/lamelles



Etat stable (Recuit)



Austénite: Fe γ , FCC
Larges sites interstitiels

Ferrite: Fe α , BCC
Petits sites interstitiels

Cémentite: Fe₃C



Technique 2 : Forge

Charbon minéral



Martelage de mise en forme



Avantages :

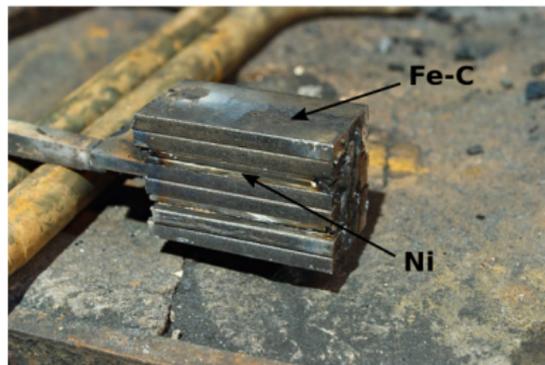
- Possibilité de recycler tous types de métaux et de toutes formes, limes, ressorts de suspension auto, rails SNCF, outils agricoles, etc...
- Réalisation de lame damas par corroyage

Inconvénients :

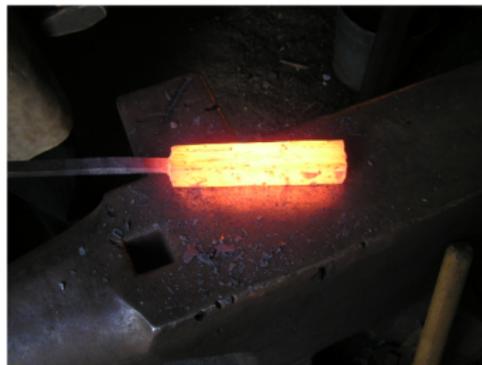
- Long et pénible
- Nécessite du charbon minéral pour atteindre $T > 1000^{\circ}\text{C}$
 - Pollution aciers par du soufre
 - Pas super à respirer...

Damas, uniquement par forge

Lopin



Etirement par martelage



Corroyage



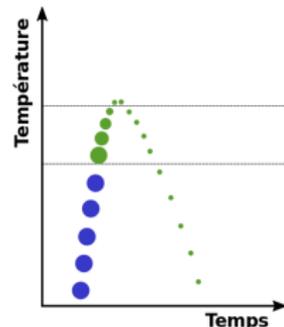
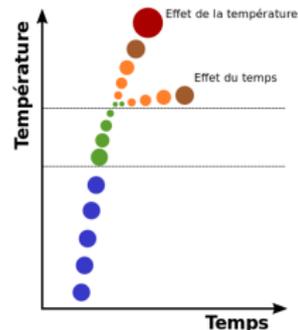
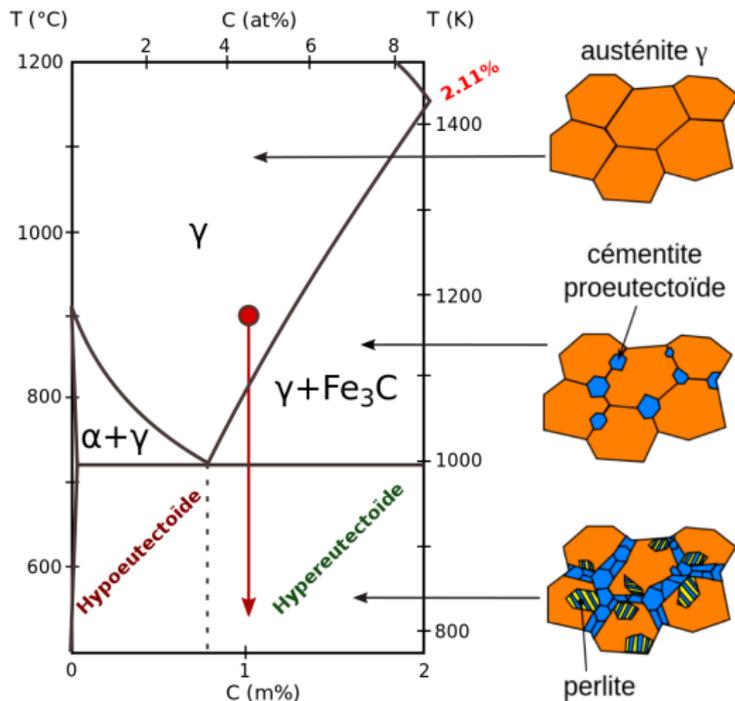
Révélation Perchlorure de Fer



Normalisation, réduction de la taille de grains

Longue chauffe dans γ : grains d'austénite ↗, limite élastique ↘ (Hall-Petch)

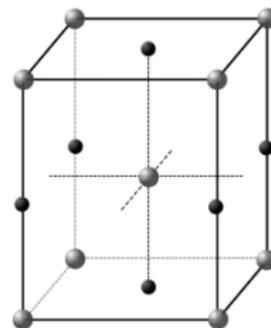
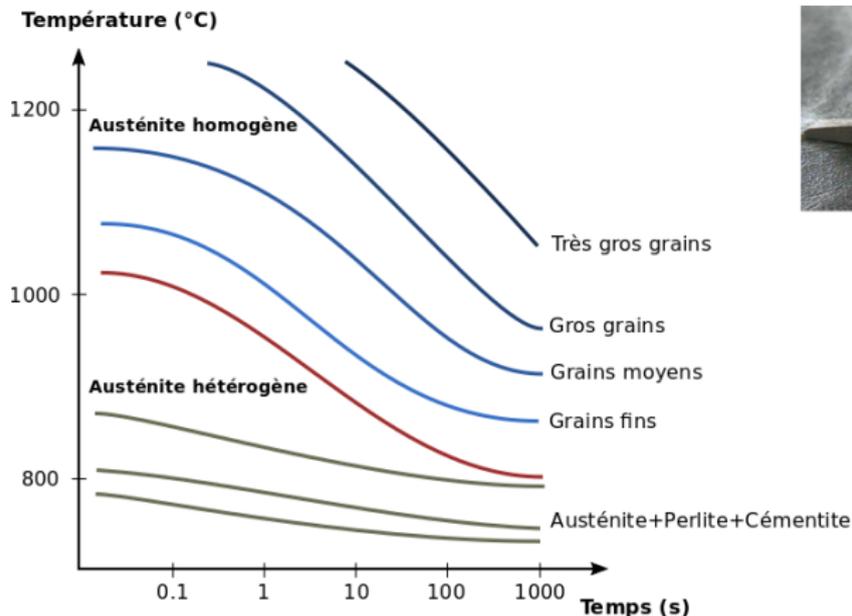
Chauffes courtes/refroidissement à l'air → Réduction taille des grains



Etat métastable : acier trempé

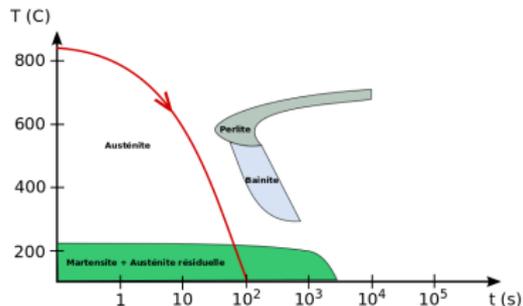
Chauffe d'austénisation complète puis trempe (huile)

L'austénite FCC → maille tétragonale centrée la **martensite** + austénite résiduelle



Trempe

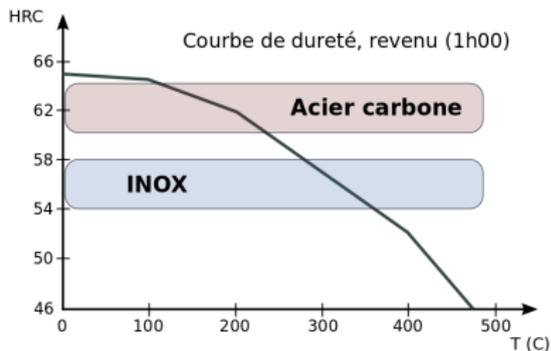
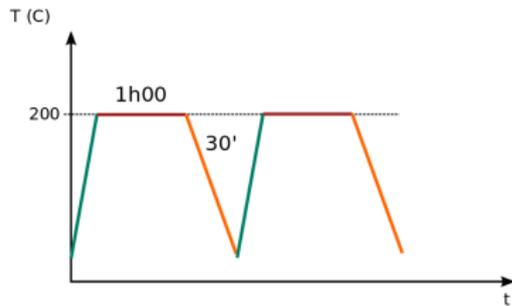
Martensite dur et cassant
+
Austénite résiduelle



Revenu

Revenu 1 : Relaxation contrainte interne dans la martensite
Transformation austénite résiduelle → martensite

Revenu 2 : Revenu de la martensite transformée au revenu 1



Problématique de départ



Fe-Ni-C

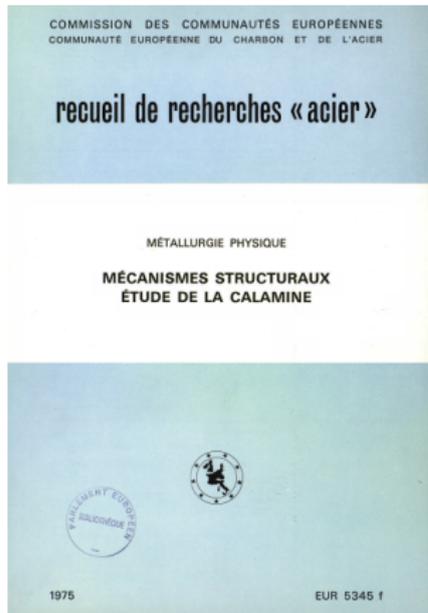
Fe-C (aciculaire)



Faire du damas sans Ni



Moiré de surface, calamine non-adhérente

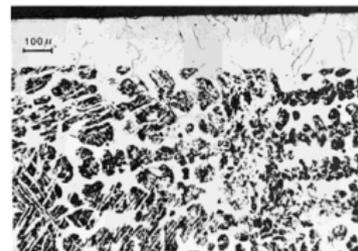


Croûte d'oxyde de Fe à la surface des aciers formation à la chauffe

Hématite (Fe_2O_3) + Magnétite (Fe_3O_4) + Wustite (FeO)

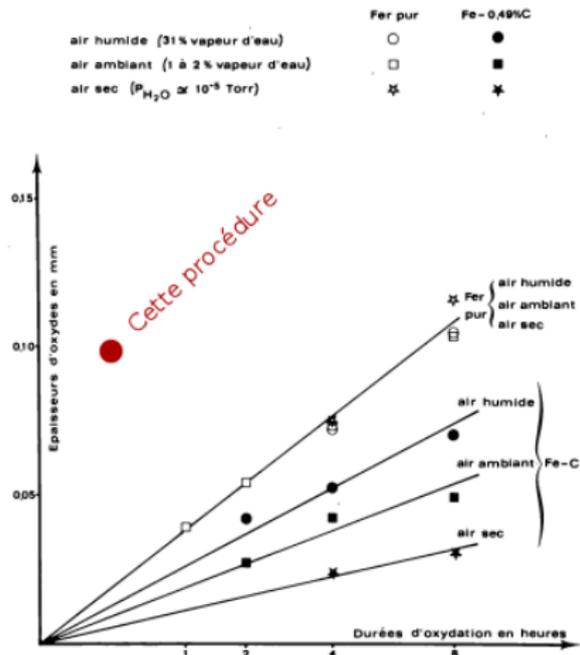
T < 900°C formation de Calamine adhérente

T > 900°C formation de Calamine non-adhérente

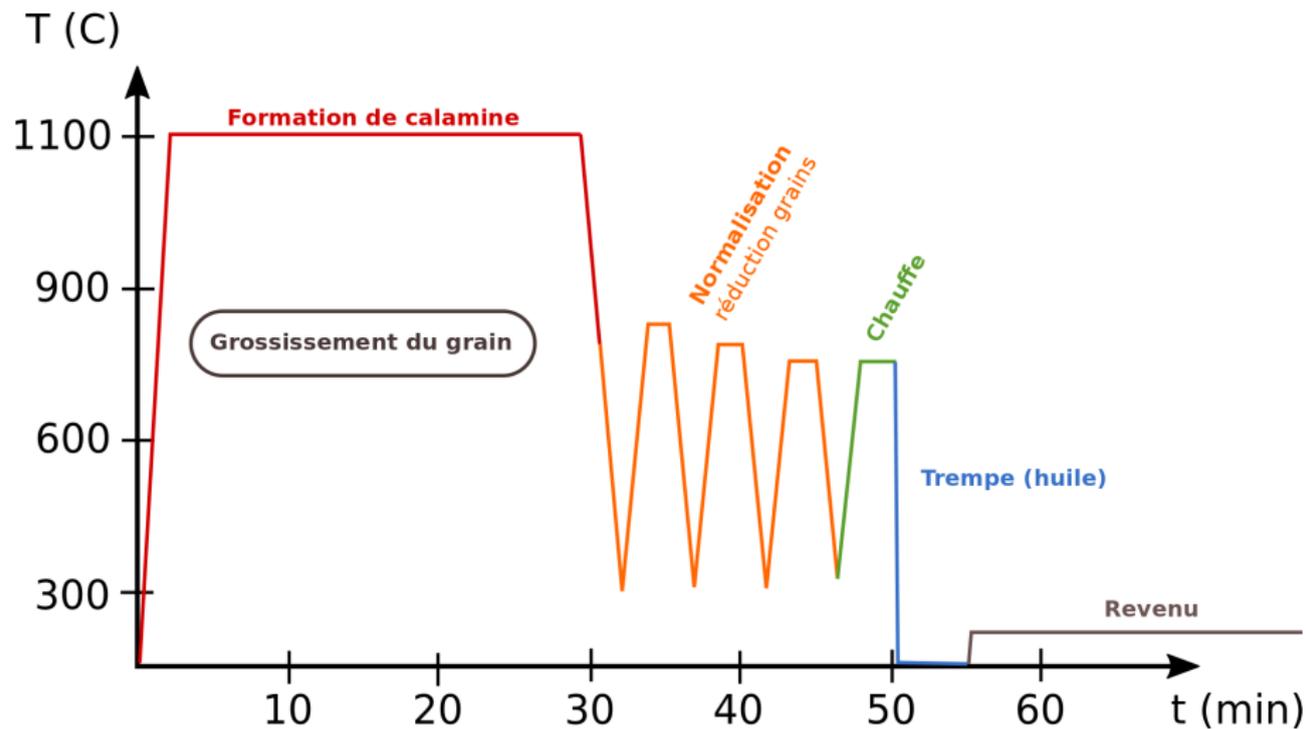


Augmentation de la couche d'oxyde

Chauffe à $T \sim 1100^{\circ}\text{C}$ $t \sim 30$ min + poudre de perlinpinpin



Traitement thermique calamine/taille de grains



Quelques réalisations

