

## Cours 5

# Choix d'un acier

### 1. Introduction

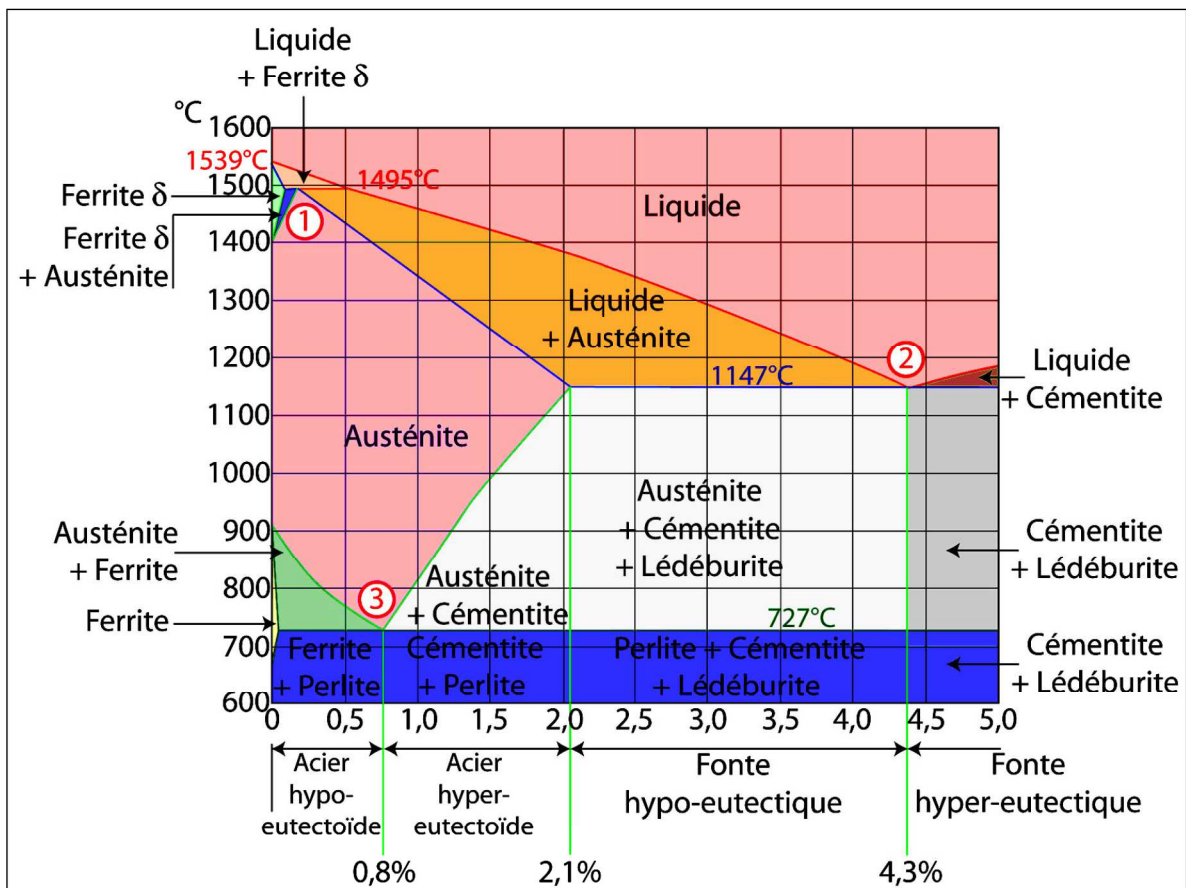
Les aciers ont toujours eu un rôle central en construction mécanique en raison de leurs excellentes propriétés mécaniques et de leur faible prix. Ses propriétés sont : résistance, dureté, ductilité, résilience. C'est alors au bureau de méthodes qu'incombe la tâche du choix effectif d'un acier convenable et aussi économique que possible.

### 2. Objectif du chapitre

Le présent chapitre a pour but d'indiquer une voie pratique pour mener le choix d'un acier et de son traitement thermique. À ce titre, il ne fait qu'utiliser les résultats connus de métallographie.

### 3. Traitements thermiques des aciers

La Figure 1 représente le diagramme d'équilibre fer-carbone des aciers, qui sert de base à la discussion qui suit.



#### 3.1 Fer pur

Le fer pur se présente sous deux formes :

- Le fer  $\alpha$  ( $T < 906^\circ \text{C}$ ) a une structure cristalline cubique centrée. Il ne dissout pratiquement pas le carbone et il est doux et malléable.
- Le fer  $\gamma$  ( $T > 906^\circ \text{C}$ ) a une structure cristalline cubique à faces centrées. Il dissout facilement le carbone, dont les atomes trouvent aisément une place au centre des mailles du réseau.

### 3.2 Aciers

Pour les aciers au carbone, on trouve les structures suivantes :

1. À haute température, on retrouve du fer  $\gamma$ , qui peut contenir jusqu'à 2,06 % de carbone : c'est l'austénite. L'extrémité droite de la zone d'austénite constitue la frontière entre les aciers et les fontes.
2. Lors d'un refroidissement lent à partir de l'austénite, on pourra obtenir
  - De la ferrite, qui est du fer  $\alpha$  contenant peu de carbone. La ferrite a peu de dureté ( $HB = 800 \dots 1000 \text{ MPa}$ ), peu de résistance ( $R_m \approx 280 \text{ MPa}$ ) et une grande ductilité ( $A = 35 \dots 40 \%$ ).
  - De la cémentite, qui n'est autre que le carbure de fer  $Fe_3C$ . La cémentite est très dure ( $HRC \approx 65$ ), très fragile et contient 6,7 % de carbone.
  - Un eutectoïde, appelé perlite, mélange hétérogène de ferrite et de cémentite, souvent sous forme lamellaire, à 0,8 % de carbone. La perlite est relativement dure ( $HB = 2000 \dots 2500 \text{ MPa}$ ), résistante ( $R_m \approx 880 \text{ MPa}$ ) et assez ductile ( $A = 15 \dots 20 \%$ ).

### 3.3 Trempe

Le traitement de trempe a précisément pour but de provoquer la réaction martensitique de manière à accroître la dureté. Il consiste à chauffer la pièce jusqu'à obtenir de l'austénite, à maintenir cette température un certain temps pour obtenir une bonne dissolution du carbone, puis à le refroidir brutalement, par exemple en la trempant dans de l'eau ou de l'huile (d'où le nom de trempe).

Une trempe est complète si tout le métal a été préalablement austénitisé.

### 3.4 Revenu

Pour amoindrir l'effet de fragilisation de la trempe, on pratique le revenu, qui consiste à chauffer la pièce à une température très inférieure à  $A_1$ , puis à la refroidir. La température de revenu est généralement choisie entre  $500^\circ \text{C}$  et  $650^\circ \text{C}$ . avec une durée d'une heure comme durée minimale du revenu.

### 3.5 Recuit

On appelle généralement recuit un traitement consistant à chauffer une pièce à une température assez élevée, maintenir cette température un certain temps, puis procéder à un refroidissement lent.

## 4. Méthodologie de sélection d'un acier

Le choix d'un acier ne peut se faire sans l'aide d'une documentation technique sur les principales nuances existant sur le marché. Des normes DIN-EURONORM et de renseignements fournis par l'OTUA (Office technique de l'utilisation de l'acier, Paris) [41]. Parmi ceux-ci, notons:

1. Un diagramme de conversion des duretés (approximative).
2. Une table rappelant la désignation des aciers selon EURONORM 10027-1

3. Un tableau donnant les caractéristiques des aciers d'amélioration normalisés. Ces caractéristiques s'entendent à l'état trempé et revenu.
4. Un tableau indiquant le traitement thermique habituel de ces aciers.
5. Un tableau d'indice de prix (IP).
6. Des données relatives à la plupart des aciers d'amélioration de la liste normalisée, contenant
  - Un diagramme de revenu permettant d'obtenir les propriétés moyennes de la section en fonction de la température de revenu. En feuilletant ces données, on verra d'ailleurs apparaître, pour certains aciers, le phénomène de fragilité de revenu.
7. Des renseignements concis sur certains aciers d'utilisation particulière : aciers au bore, aciers de cémentation, aciers à roulements, aciers à ressorts, aciers de nitruration, aciers inoxydables, aciers particuliers.

#### **4.1 Choix simple et choix complexe**

La procédure de choix diffère en fonction du cahier des charges.

- Nous parlerons de choix simple lorsque les exigences portent seulement sur des caractéristiques moyennes des sections.
- Nous parlerons de choix complexe chaque fois que les exigences portent sur une caractéristique à cœur,

#### **4.2 Procédure de choix simple**

##### **Choix du matériau**

1. Tableau des aciers permet de faire un choix d'acier en fonction des caractéristiques données et de la dimension. Cette dernière intervient parce qu'il existe un effet d'échelle qui se traduit généralement par une diminution des propriétés de résistance et une augmentation des propriétés de ductilité lorsque la taille de la pièce croît.
2. On note alors les indices de prix des nuances sélectionnées. On choisit en principe la nuance la moins chère, pour autant que la disponibilité et les délais de livraison soient équivalents.

##### **Choix du traitement thermique**

Dans le cas où l'acier satisfait aux exigences, on s'en tient au traitement thermique standard donné dans le tableau de l'acier. Dans le cas contraire, on choisit une fourchette de températures de revenu plus appropriée, à l'aide des diagrammes de revenu.

#### **4.4 Procédure de choix complexe**

Cette procédure est à suivre chaque fois que des exigences précises sont imposées quant à la résistance à cœur. Cela étant, le principe de la méthode consiste à effectuer d'abord un premier choix menant à un éventail de nuances raisonnables, puis à amener ce choix à l'aide des diagrammes, puis enfin, à trancher sur base des prix.

**Choix d'un éventail de nuances raisonnables**

Utiliser le tableau 1.

ACIER	$R_m/Mpa$	KV/J
<i>34CrMo4</i>	800...950	45
<i>42CrMo4</i>	900...1100	35
<i>51CrV4</i>	900...1100	30
<i>34CrNiMo6</i>	1000...1200	45

1. Pour chaque acier, lire le milieu de refroidissement (tableau 2)

ACIER	TREMPE	REVENU
<i>34CrMo4</i>	TH ou TE 830-870	540-680
<i>42CrMo4</i>	TH ou TE 820-860	540-680
<i>51CrV4</i>	TH ou TE 820-860	540-680
<i>34CrNiMo6</i>	TH 830-860	540-660

2. En déduire la sévérité de trempe à l'aide du tableau.

**Détermination des duretés correspondantes**

Pour chaque matériau, on détermine les duretés correspondantes à diverses températures de revenu,

**Choix final en fonction de l'indice des prix**

Rappelons que l'indice des prix est donné. Au cas où l'indice des prix ne permet pas de trancher, il est pertinent de choisir la nuance la plus résiliente.