

La gamme des aciers disponibles



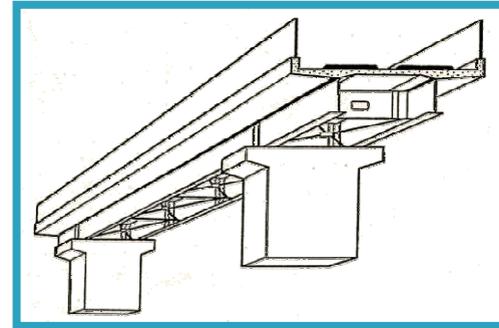
Michel ROYER-MULLER

ConstruirAcier



Construction métallique et mixte :
Nouveaux matériaux, nouvelles conceptions

METZ - 7 et 8 décembre 2010

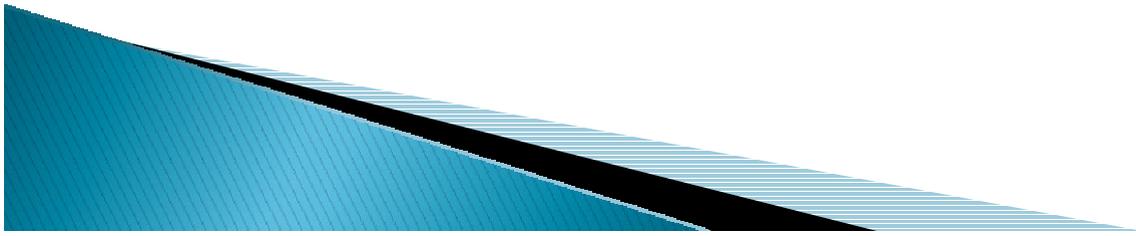


Michel ROYER-MULLER

Construction métallique et mixte :
Nouveaux matériaux, nouvelles conceptions - 7 et 8 décembre 2010

Sommaire

- 1. Introduction : Aciers ?**
- 2. Fabrication de l'acier et des produits en acier**
- 3. Classification et désignation des aciers**
- 4. Les différents types de produits en acier de construction**
- 5. Gamme d'aciers disponibles en terme de caractéristiques, propriétés**

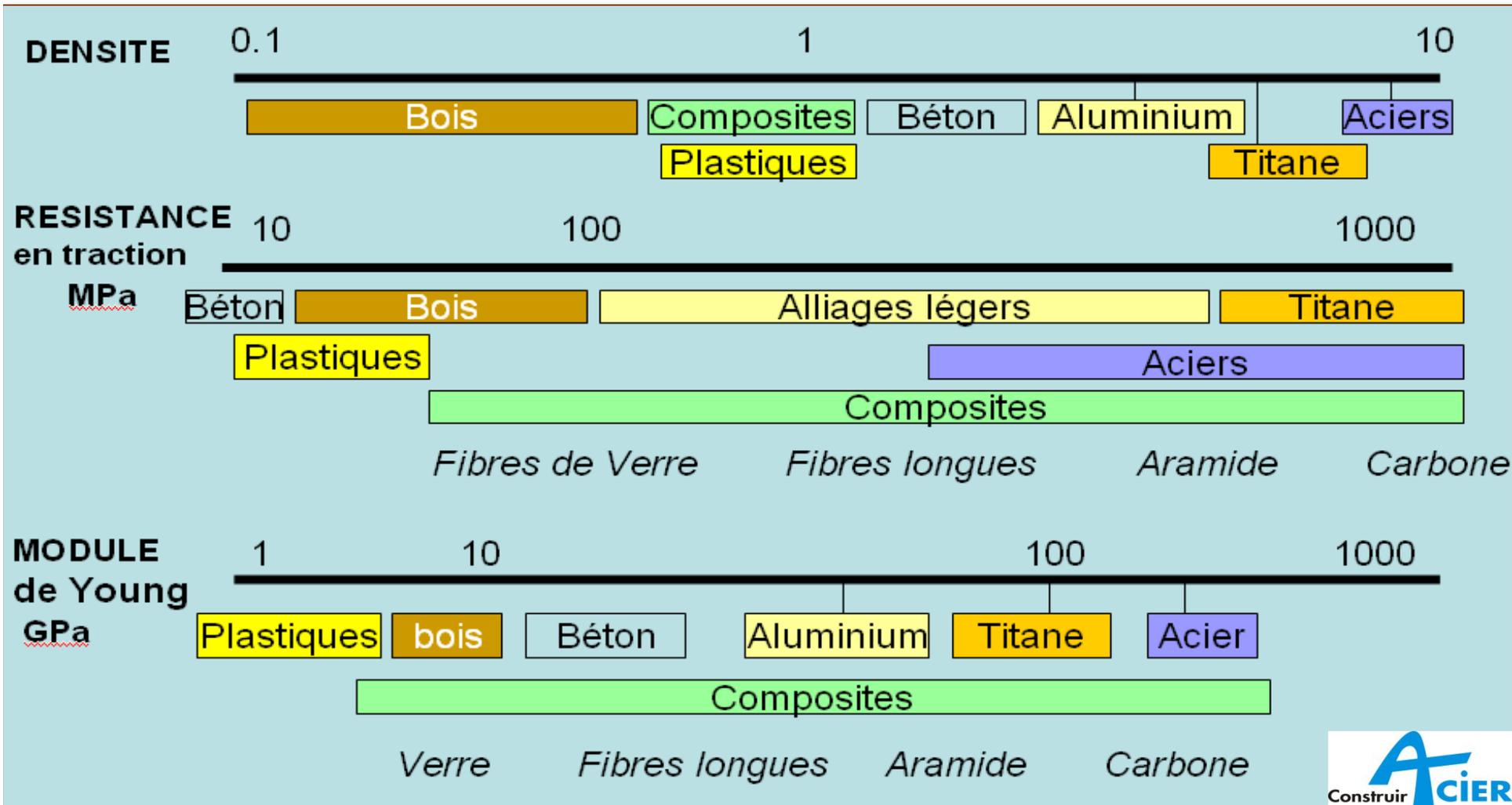


1. Introduction : Aciers ?

Positionnement de l'acier :

excellent ratio *Modules de Young/Densité* et *Résistance/Densité*

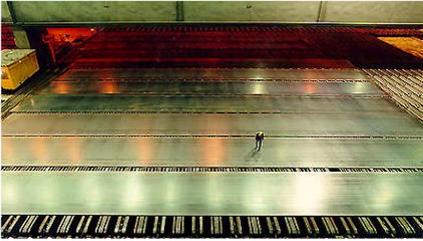
Matériau réputé pour son intérêt économique dans la construction, surtout pour les **grandes portées** dans les ouvrages d'art.



1. Introduction : Aciers ?

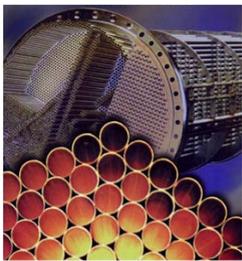
Acier : alliage de fer et de carbone

Produits : tôles, bobines, poutrelles, sections creuses, fils/câbles, barres, forgés, moulés...



Nuances et qualités : Carbone, alliés, inox, des milliers de nuances et qualités différentes et de nombreuses normes ! (1979 nuances rien qu'en Europe, sans compter les aciers « sur-mesure »)
NF-EN, ASTM, AISI, AWS, API, SAE, JIS

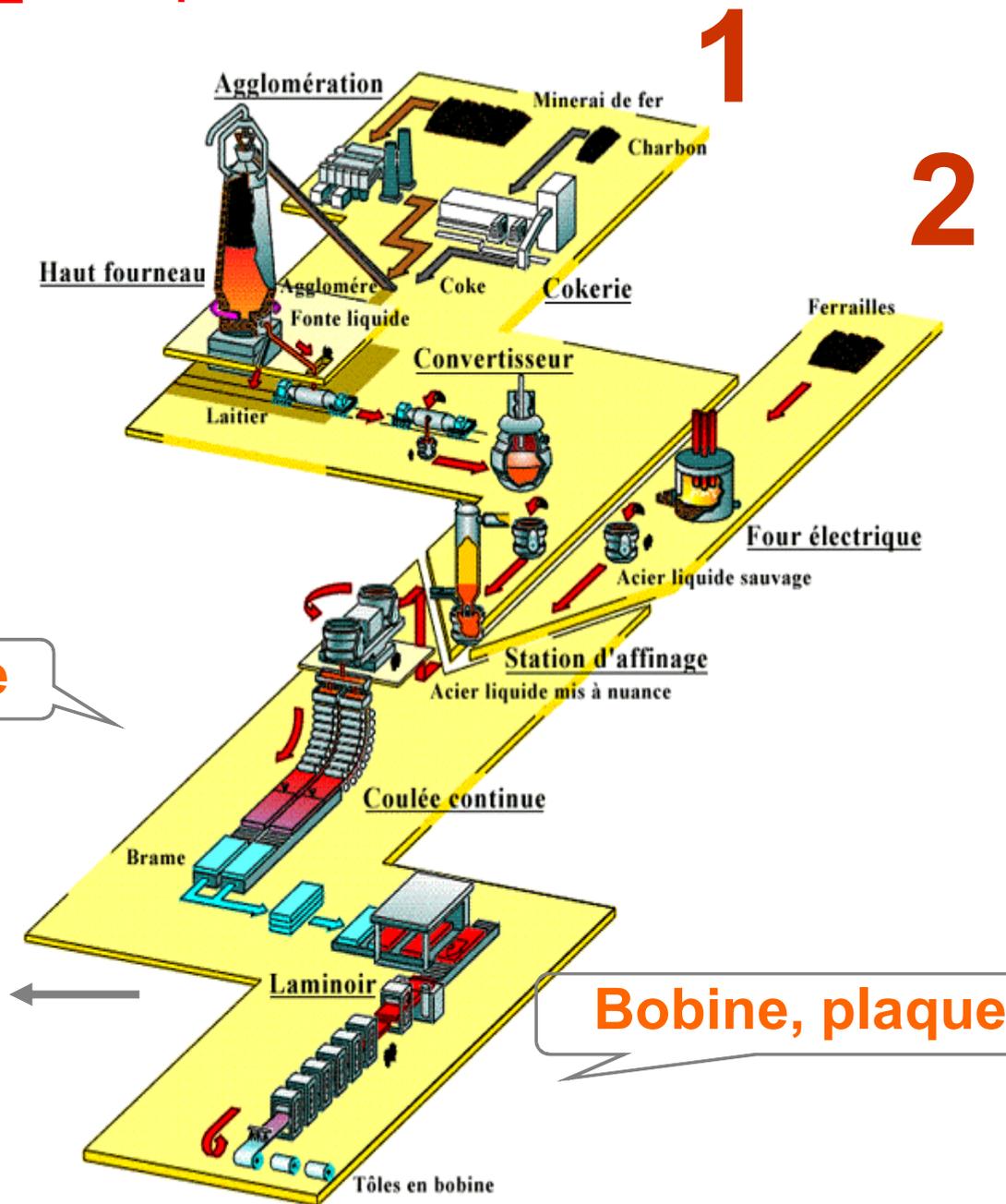
Applications : mécanique, bâtiments & ponts, auto, emballage, électroménager, matériel TP, industrie navale, pipeline, appareils à pression, chaudronnerie,...



2. Fabrication de l'acier et des produits en acier

1 Filière fonte

2 Filière électrique



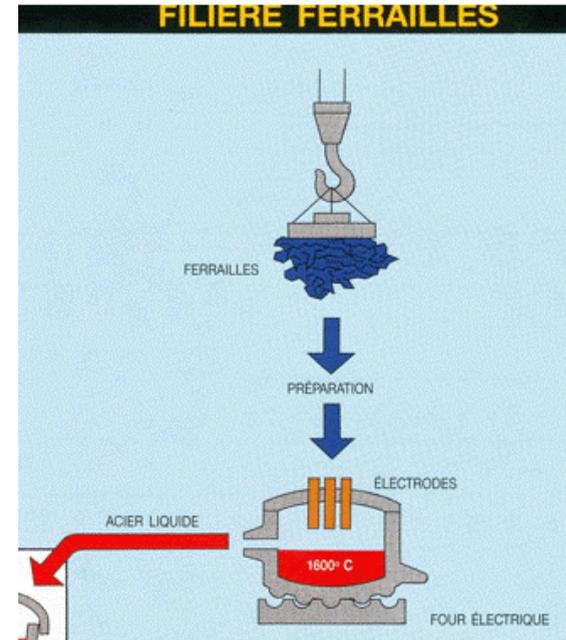
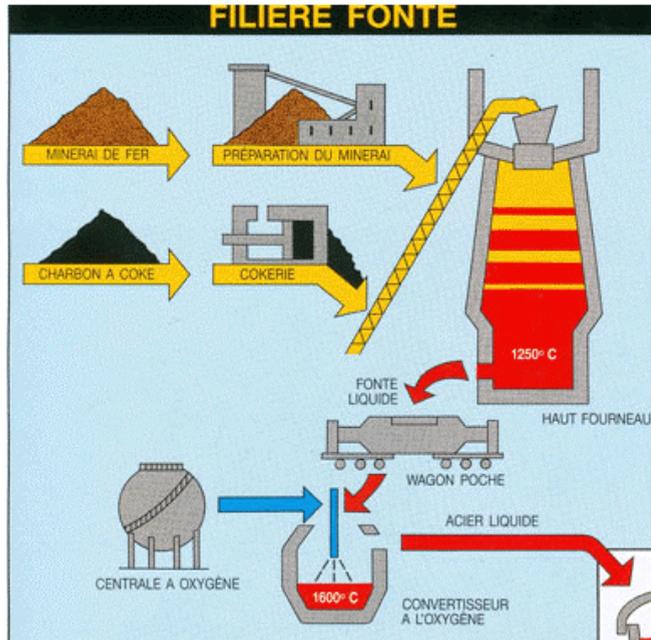
Brame

Revêtements
Transformation
Distribution
Parachèvement

Bobine, plaque

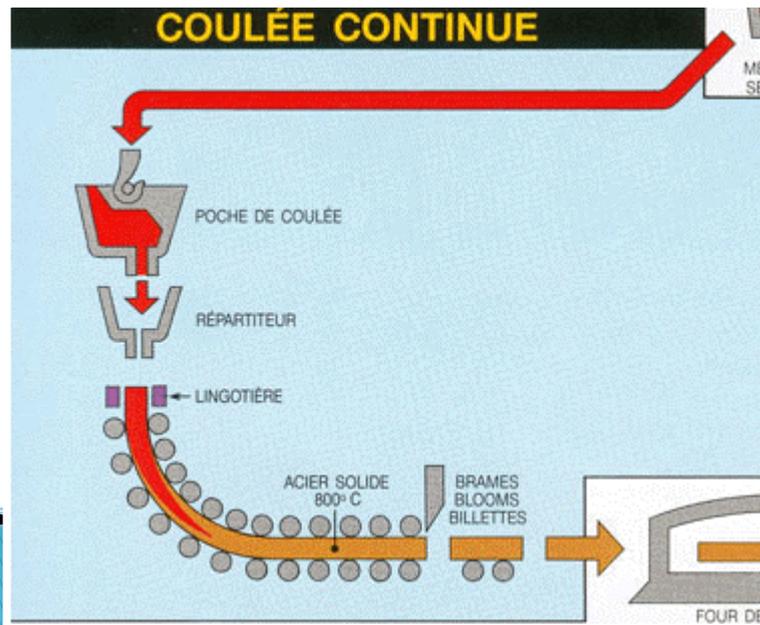
2. Fabrication de l'acier et des produits en acier

Fer
+
charbon
↓
FONTE
↓
ACIER



ferrailles

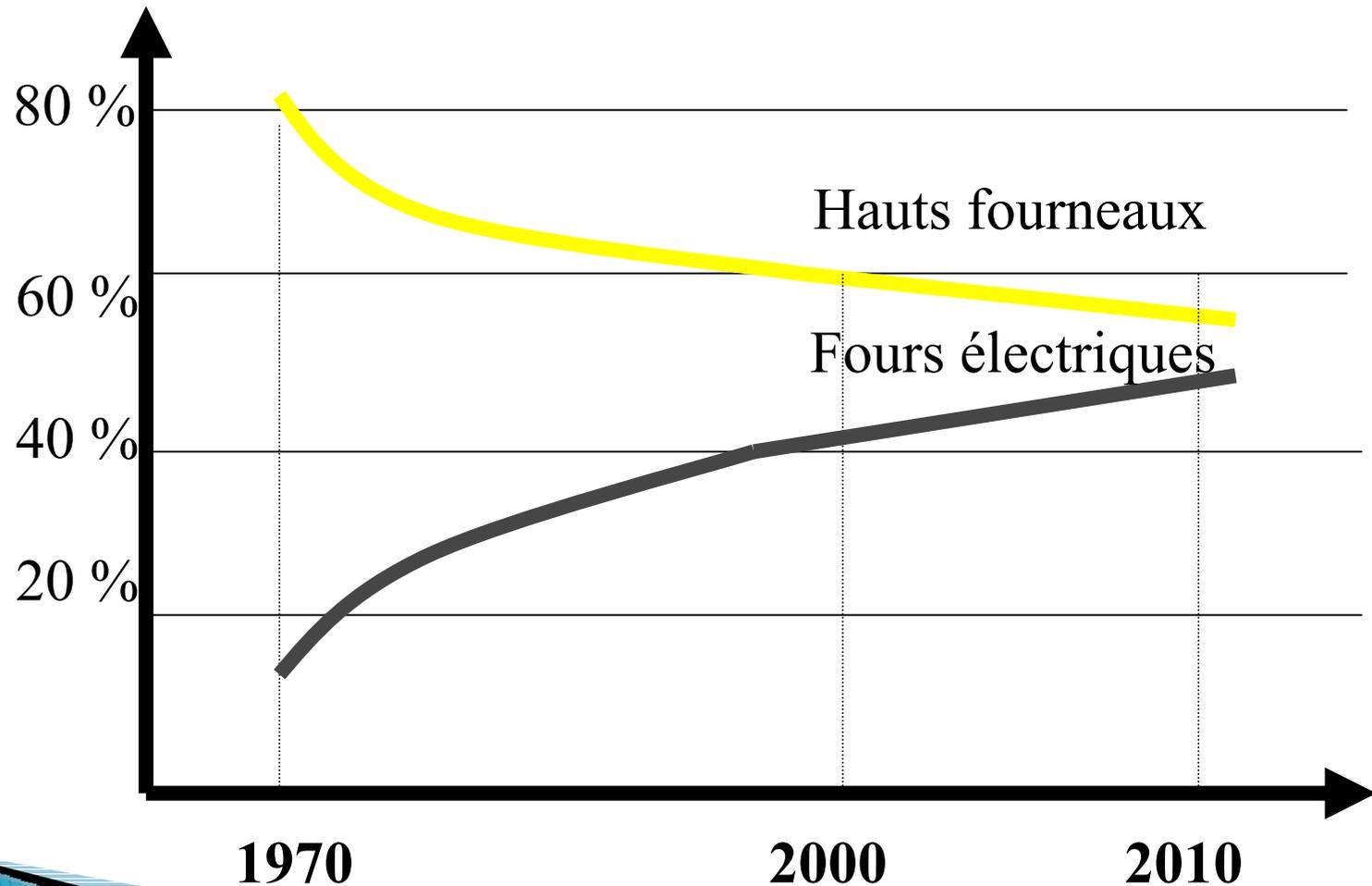
ACIER



→ demi-produit

2. Fabrication de l'acier et des produits en acier

Evolution de la production d'acier
selon la filière de production



Transformation demi-produits en produits ?

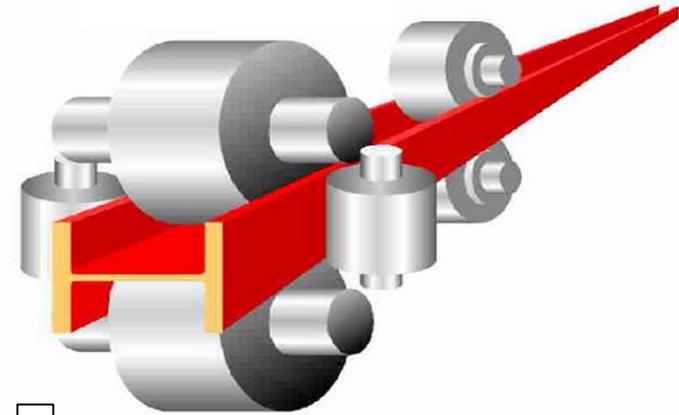
→ Laminage de brames ou d'ébauches (issues de la filière fonte ou électrique)



Cage Quarto



Finisseurs de TAB



Train universel à poutrelles



Plaques ou tôles fortes
« Plates »



Bobines,
tôles, feuilles
« Coils, sheets »

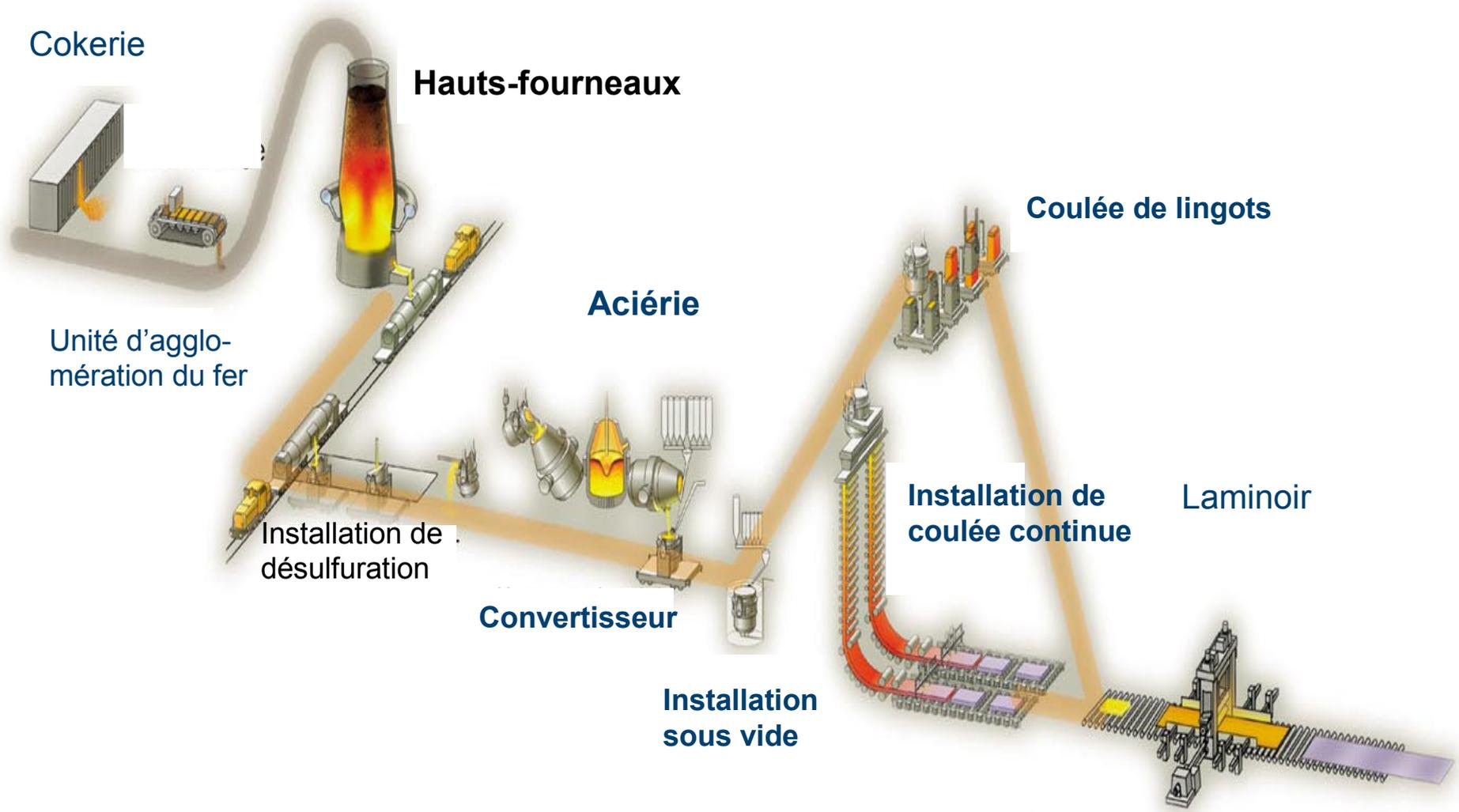


Poutrelles, profiles
« Sections, rolled beams »

Et aussi fils/câbles, tubes, sections creuses,...

Si on résume...

Procédé d'élaboration des tôles fortes en acier : filière fonte, aciérie, laminoir réversible



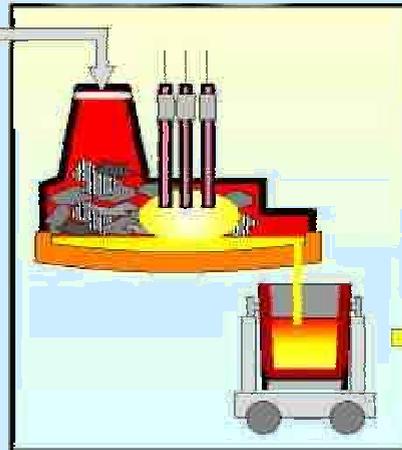
Source : Dillinger Hutte GTS

Circuit de production des poutrelles : filière électrique, aciérie, laminoir continu

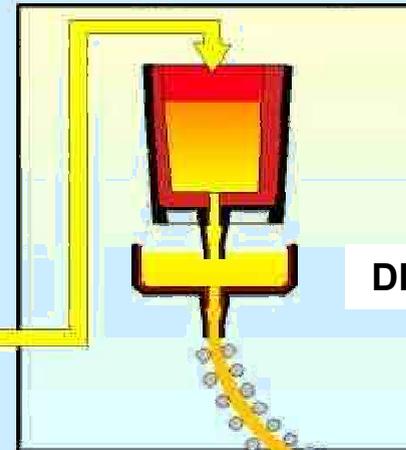
FERRAILLES



FOUR ÉLECTRIQUE

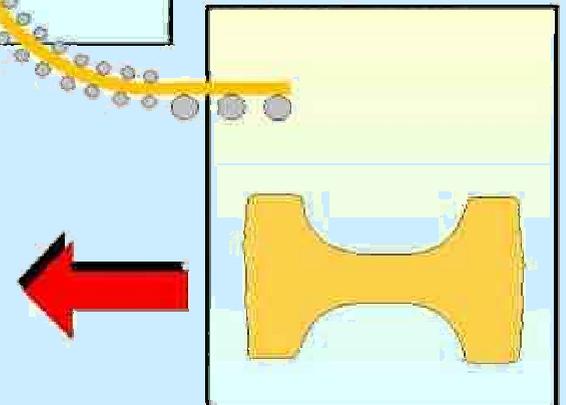
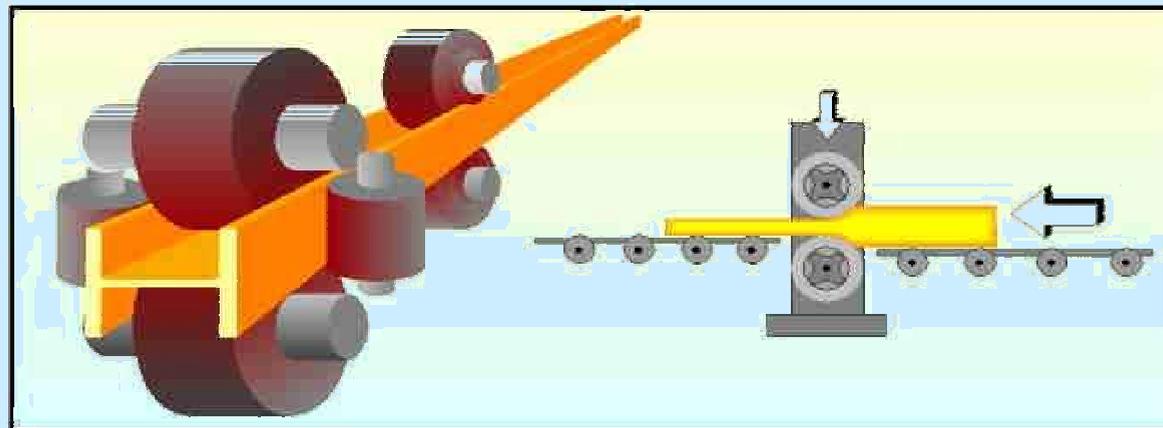


COULÉE CONTINUE



DEMI-PRODUITS

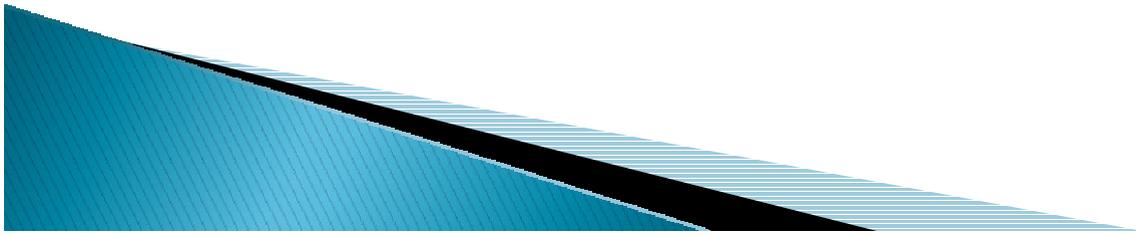
LAMINOIR



EN RESUME :

→ Des produits aux formes géométriques multiples...
(et aux dimensions variées, décrites plus loin)

→ ... et aux propriétés mécaniques très variées



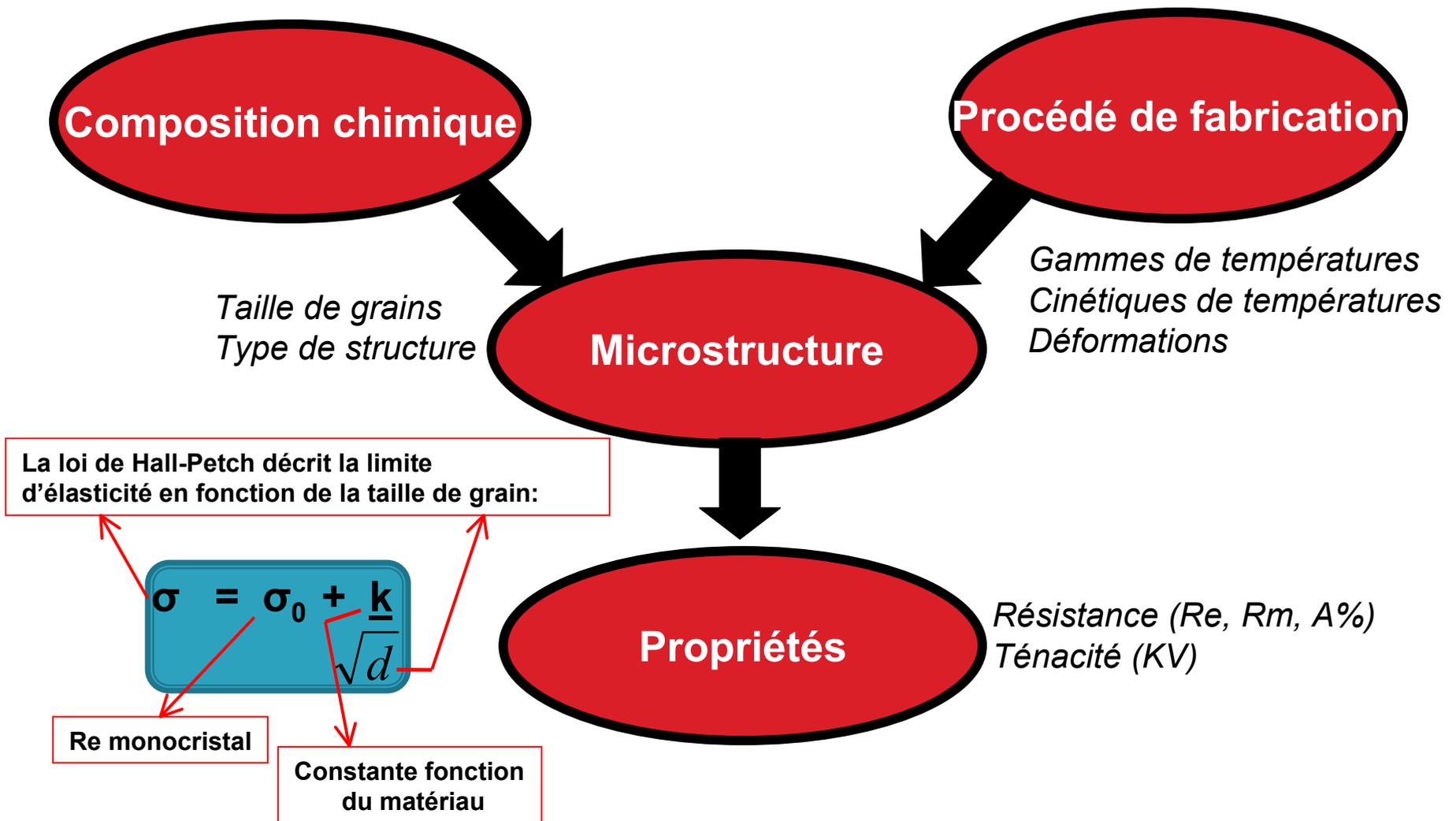
3. Classification et désignation selon NF EN 10025

Désignation symbolique selon NF EN 10027-1	Partie 2 <i>Non alliés</i>	Partie 3 <i>Grains fins</i> <i>Etat normalisé/ Laminage normalisant</i>	Partie 4 <i>Grains fins</i> <i>Laminage thermomécanique</i>	Partie 5 <i>Résistance améliorée à la corrosion atmosphérique</i>	Partie 6 <i>Haute limite d'élasticité</i> <i>Etat trempé et revenu</i>
	S235JR	S275N	S275M	S235J0W	<u>S460Q</u>
	S235J0	S275NL	S275ML	S235J2W	<u>S460QL</u>
	S235J2				<u>S460QL1</u>
		S355N	S355M	S355J0WP	<u>S500Q, S500QL, S500QL1</u>
	S275JR	S355NL	S355ML	S355J2WP	<u>S550Q, S550QL, S550QL1</u>
	S275J0				<u>S620Q, S620QL, S620QL1</u>
	S275J2	<u>S420N</u>	<u>S420M</u>	S355J0W	
		<u>S420NL</u>	<u>S420ML</u>	S355J2W	
	S355JR			S355K2W	<u>S690Q</u>
S355J0	<u>S460N</u>	<u>S460M</u>		<u>S690QL</u>	
S355J2	<u>S460NL</u>	<u>S460ML</u>		<u>S690QL1</u>	
S355K2				<u>S890Q, S890QL, S890QL1</u>	
S450J0				<u>S960Q</u>	
				<u>S960QL</u>	

Sxxx : Acier HLE - THLE

Usage: ■ Traditionnel ■ En expansion ■ Peu fréquent en France ■ Expérimentation

Comment sont obtenues les propriétés mécaniques des aciers ?



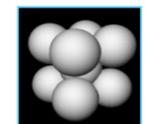
Les propriétés des aciers découlent directement de leurs structures métallurgiques, qui elles mêmes découlent de leurs **analyses chimiques** et de leurs **modes d'élaboration**.

Les Procédés de laminage : Aciers Normalisés

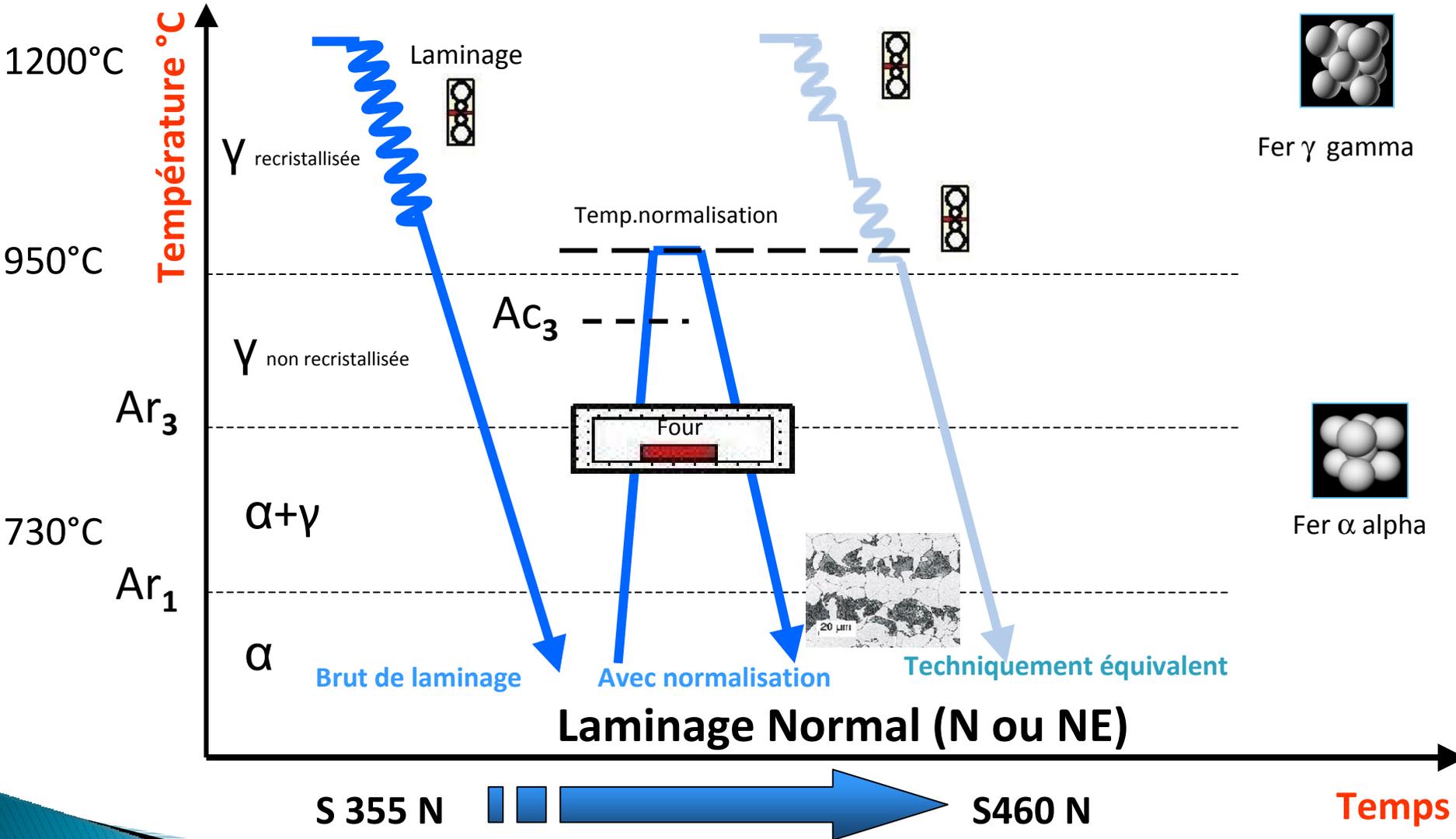
Aciers THLE S460 N



Fer γ gamma

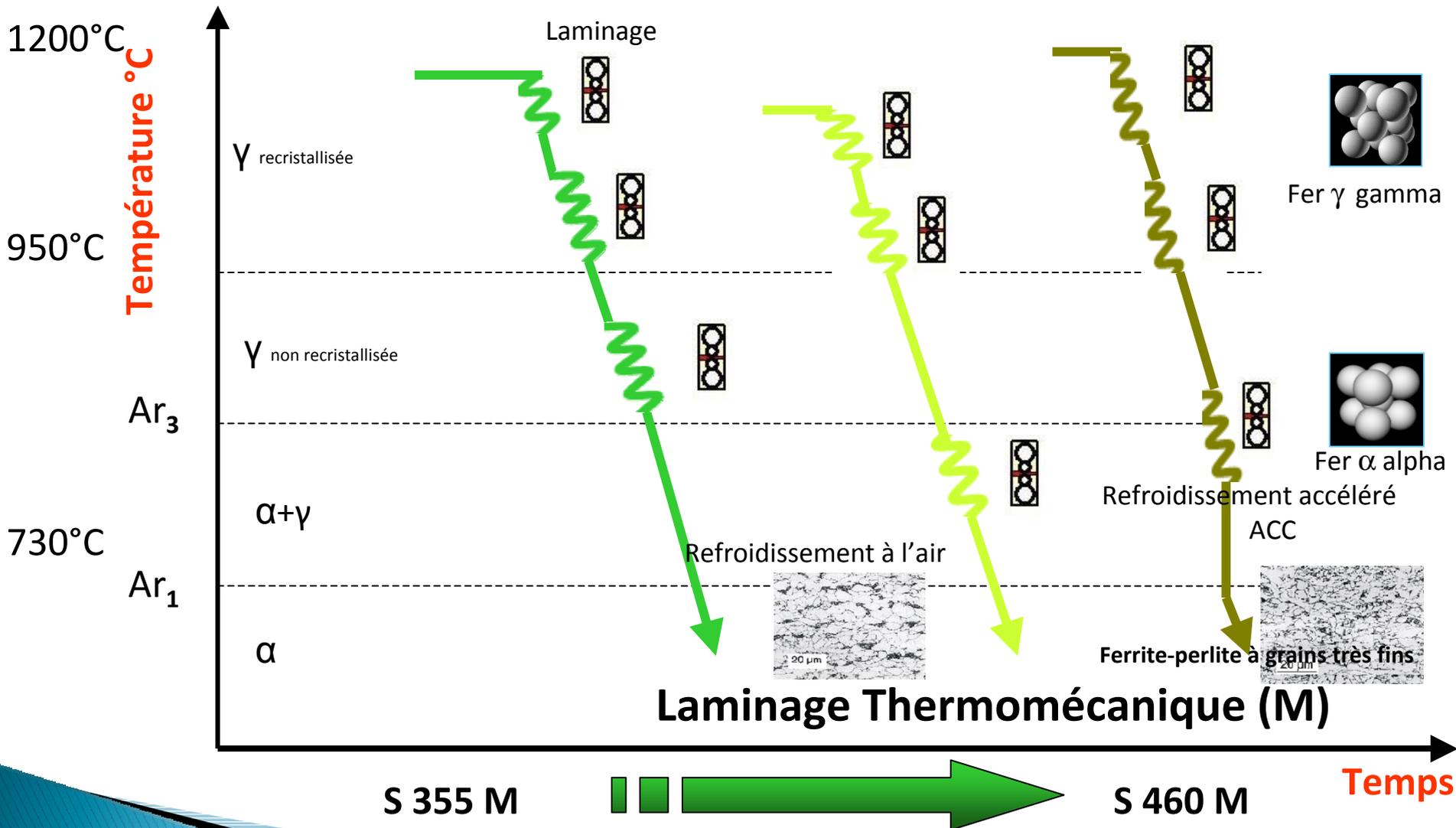


Fer α alpha

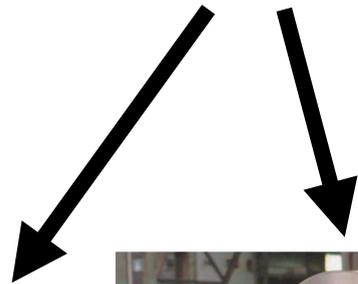
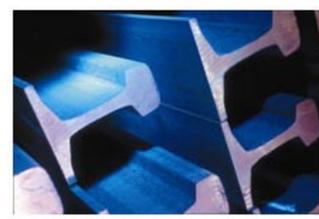


Les procédés de laminage : Aciers Thermomécaniques

Aciers THLE S460 M

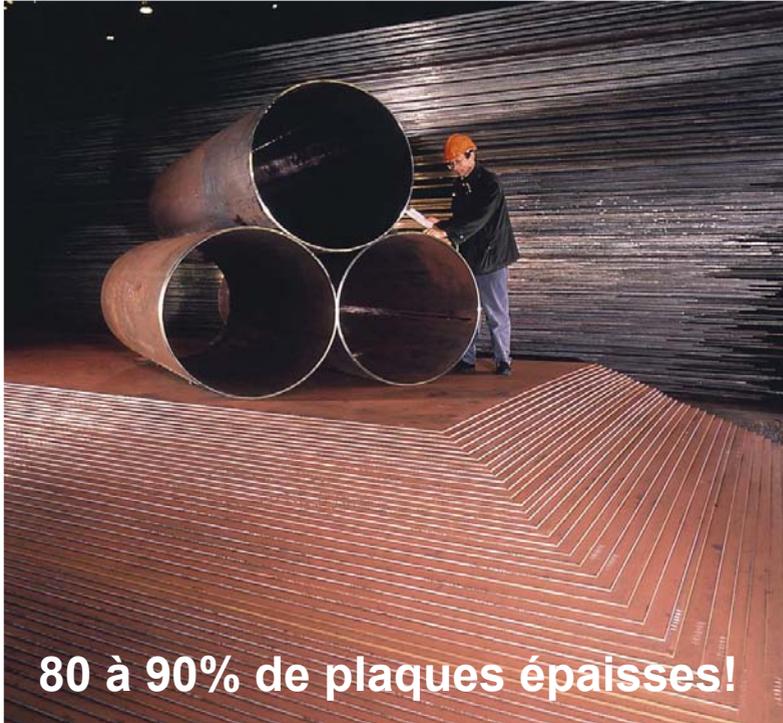


4. Les différents types de produits en acier de construction

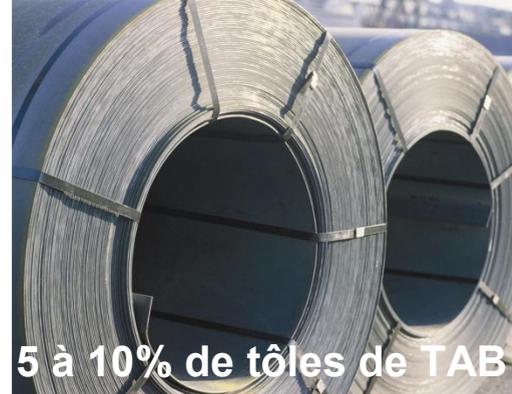


ETC ...

→ Produits principaux, dimensions « typiques ponts »



Ép. 5 à 150 mm
Largeur 1200 à 4700 mm
Longueur 9000 à 24000 mm
Poids unitaire 5 à 18 T
**(PRS, caissons,
platelages, augets)**

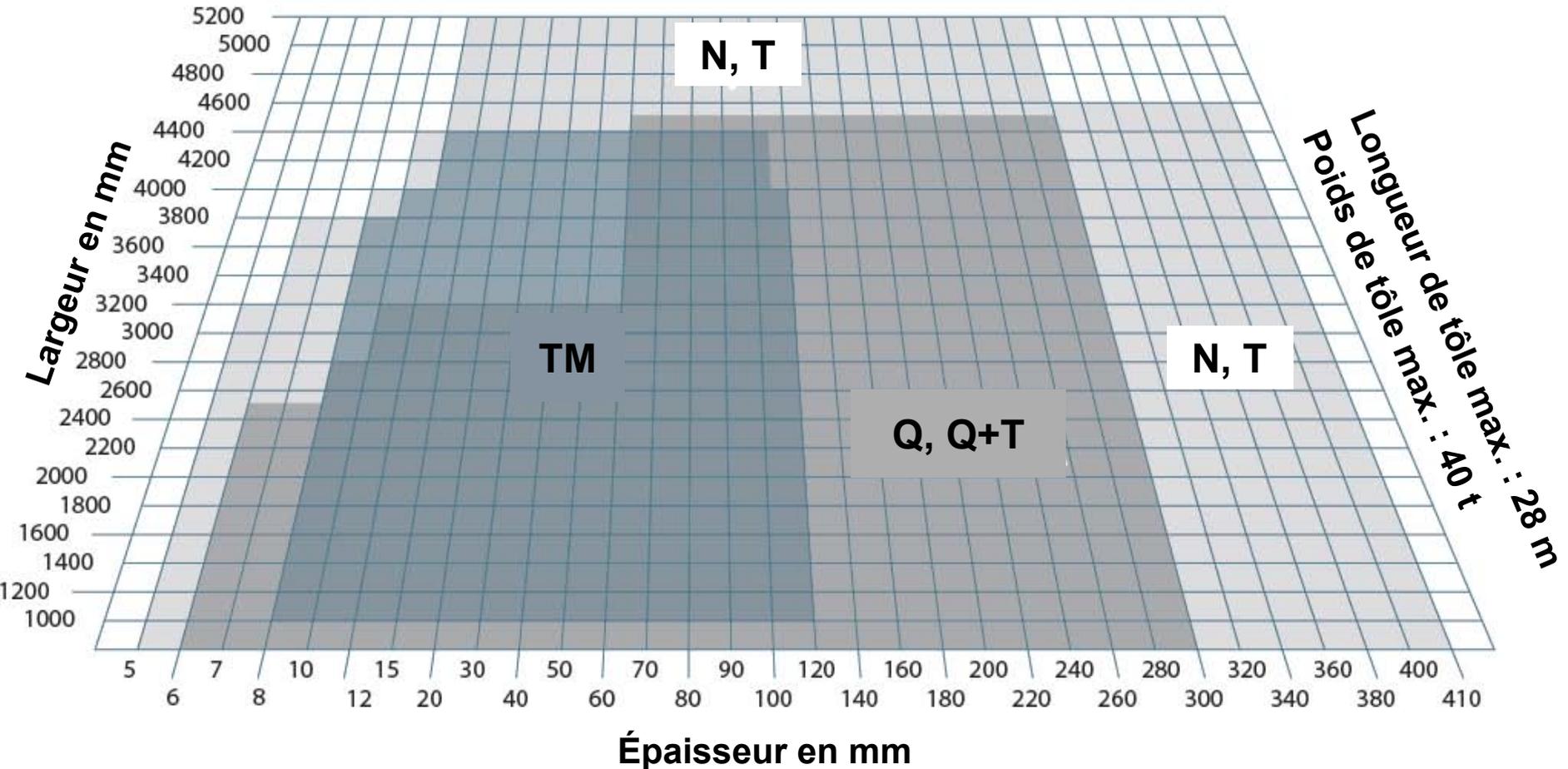


Feuilles
Ép. 4 à 17 mm
Largeur 500 à 2200 mm
Longueur < 18000 mm
**(Augets, platelages,
petites PRS)**



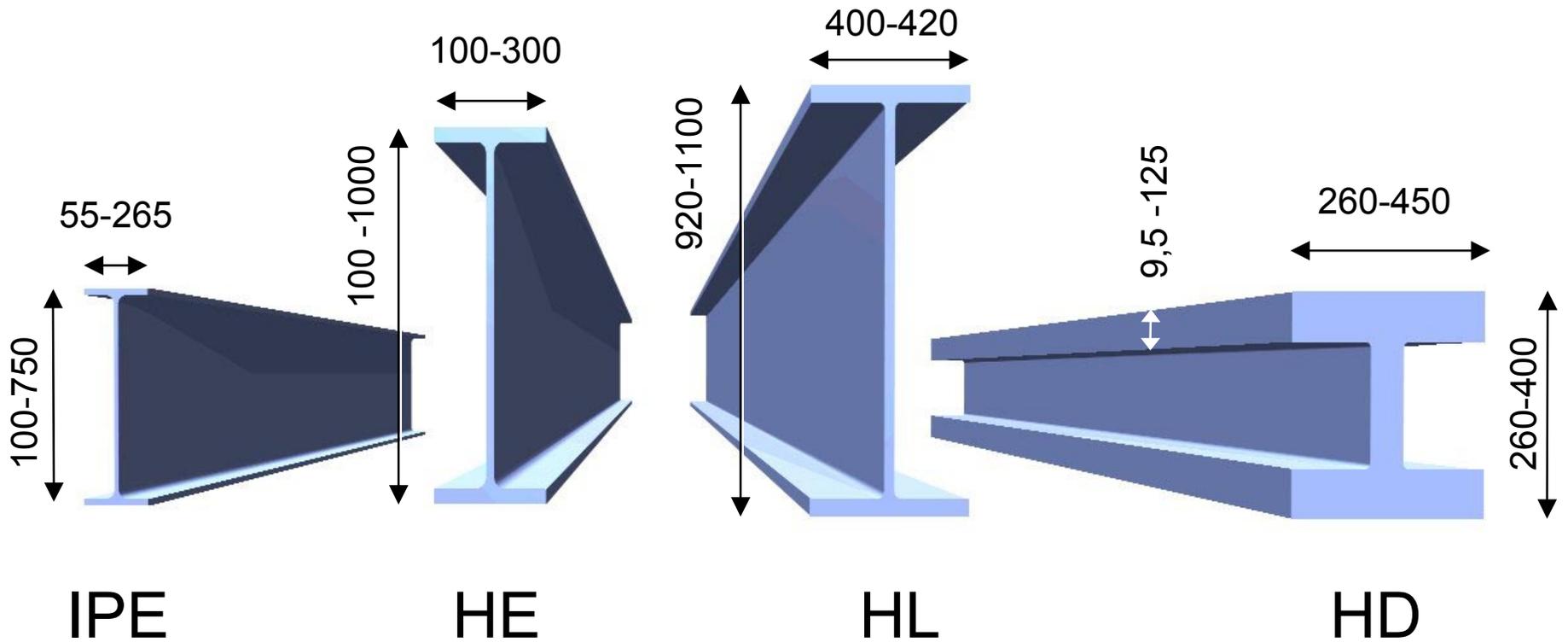
HEA, HEB, HEM
Hauteur 340 à 1100 mm
Long. 15000 à 38000 mm
(PTE et mixtes)

→ Exemple de programme de livraison de tôles fortes

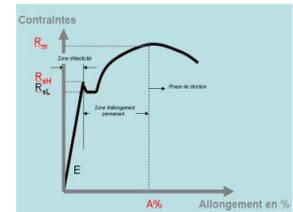
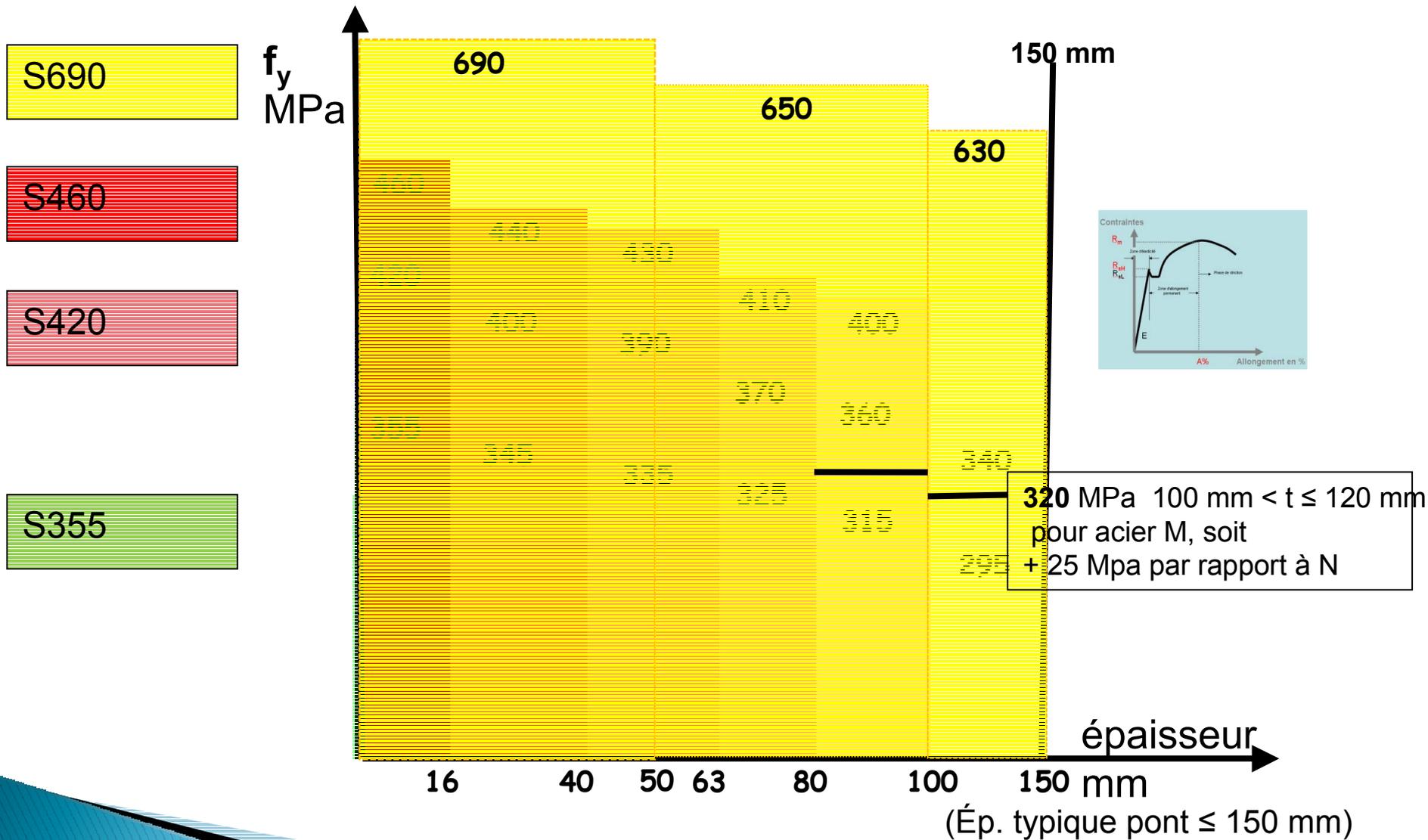


- N = normalisé
- Q = trempé
- TM = laminé thermomécaniquement
- T = revenu

→ Gamme européenne de poutrelles à ailes parallèles



→ Limite d'élasticité en fonction de l'épaisseur du produit



→ **Formes, dimensions et tolérances**

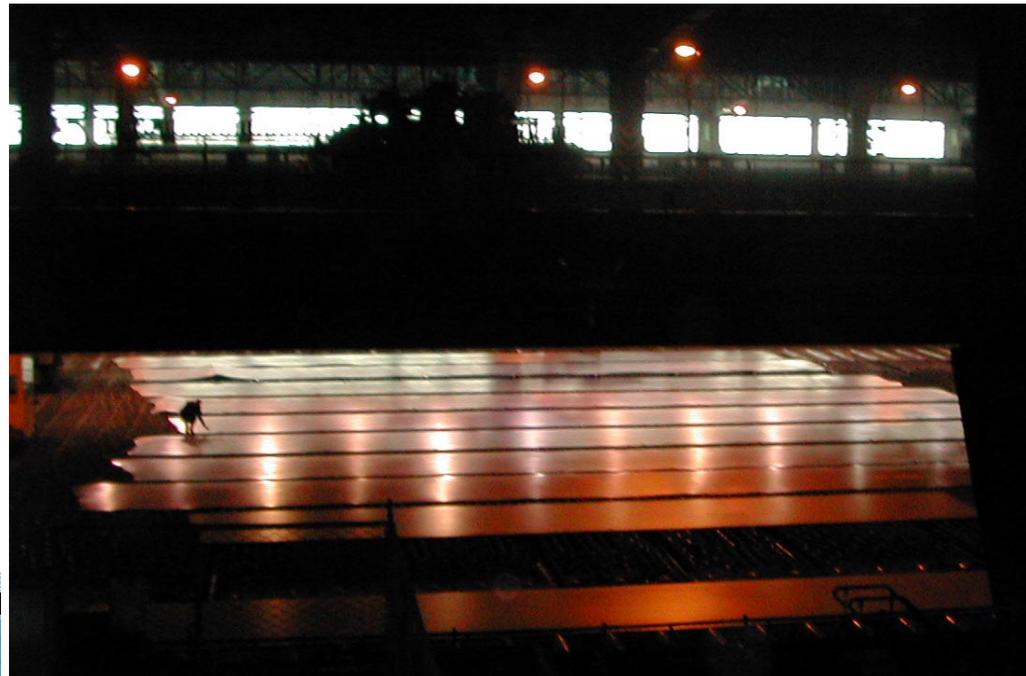
Tôles et plaques pour ponts métalliques ou mixtes

NF EN 10029

- Longueur et largeur
- Epaisseur
- Planéité
- Cambrage et équerrage
- Masse

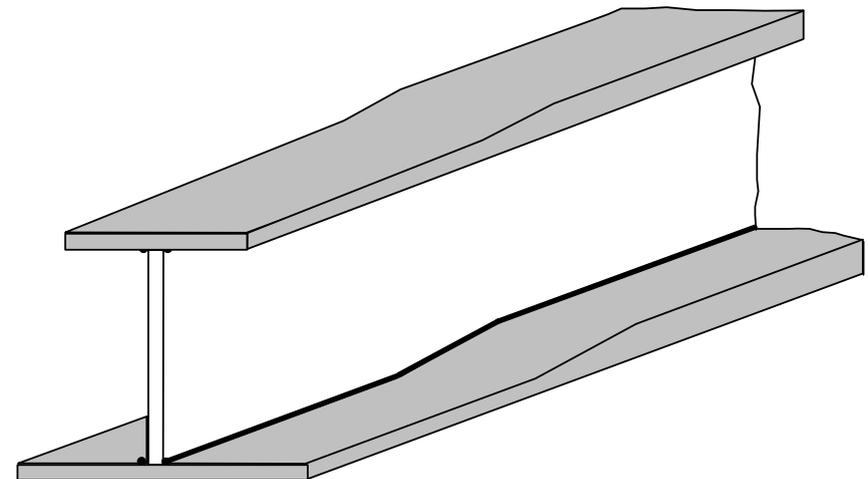
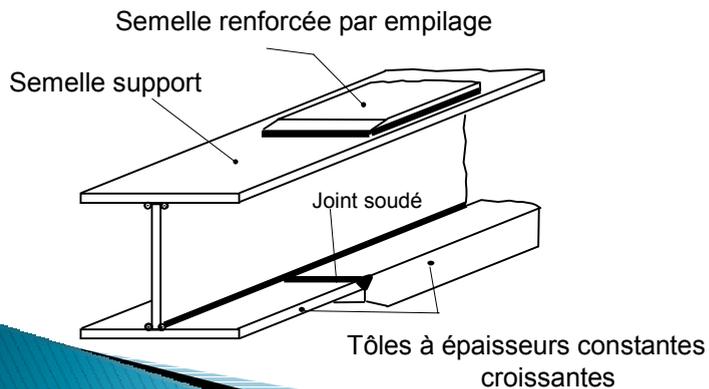
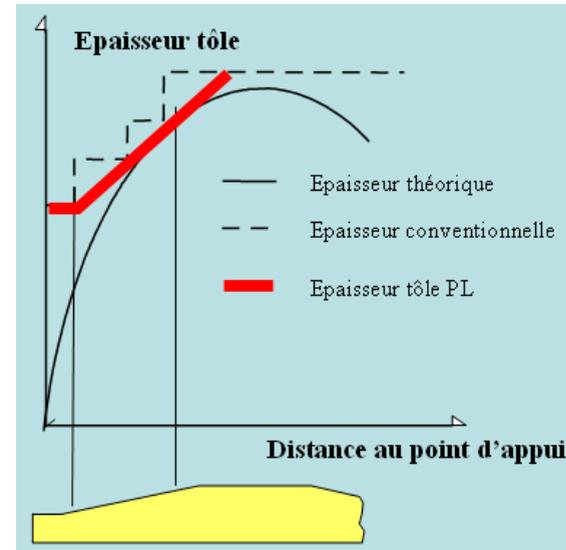
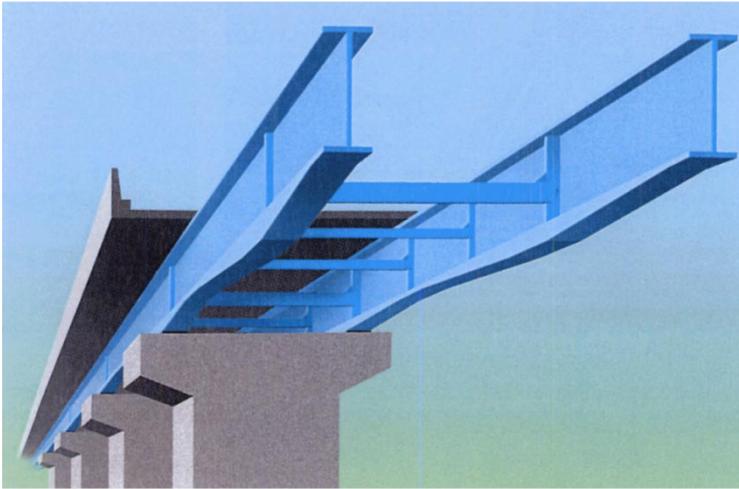
NF EN 10163

- Etat de surface



→ Formes, dimensions et tolérances

Cas particulier des tôles à épaisseur variable selon NF A 36-270 « Tôles Profilées en Long ou TEV »



→ Formes, dimensions et tolérances

Profilés (poutrelles): dimensions normalisées

Dimensions

IPN	NF A 45-209
IPE-A, IPE, IPE-O	NF A 45-205
HEA-A, HEA, HEB, HEM	NF A 45-201
UPN	NF A 45-202

Tolérances dimensionnelles

Les tolérances figurent dans les normes suivantes	
pour les H et les I (IPE)	NF EN 10034
pour les IPN	NF EN 10024
pour les UPN	NF EN 10279

Forme de la section	Désignation des séries	Dimensions		
		symbole	largeur ou épaisseur en mm	
	Poutrelles IPE (épaisseur des ailes parallèles)	ICE	80 à 400	
		IPE-A	70	
		IPE-C	80 à 400	
		IPE-B	100 à 400	
	Poutrelles IPN (épaisseur des ailes sans renfort)	IPN	80 à 300	
			300	
	Poutrelles H	HEA	100 à 400	
		HEB		
		HEM		
		HEL	300	
		HEA	400 à 1100	
		HEB		
		HEAA		100 à 1100
		HL		1000 et 1100
		HO		300 à 400
		HF		300 à 400
HO	80 à 300			
	Poutrelles ailes à épaisseur variable	UPN	100 à 400	
		UPNA	240 à 300	
	Poutrelles ailes à épaisseur constante	DAP	80 à 300	
		DAPA	300 et 300	
	Cornières à ailes égales	L	20x20x3 à 200x200x24	
	Cornières à ailes inégales	L	30x20x3 à 100x50x10	
	Petit L en U	L-U	30x15x3 à 70x40x6	
	T équipes à renfort	T	30x15x3 à 80x80x6	
	Plats d'usage général	—	10x2 à 100x10	
	Ronds d'usage général	o	6 à 12 à 200	
	Carrés d'usage général	■	8 à 80	
	Hexagones	■	sur plan 8 à 25	

→ Formes, dimensions et tolérances

Autres produits déf : NF EN 10079 décembre 1992

Profils creux

Tubes soudés ou sans soudure :
charpente d'immeuble, de ponts, grue, châssis de camion ou de wagon, etc.

Pièces moulées

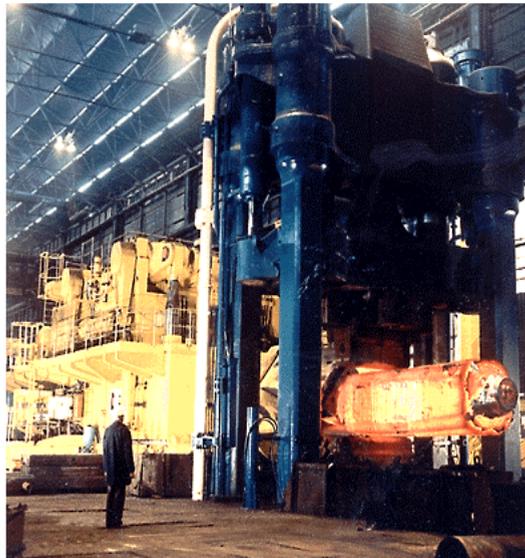
Produits dont la forme et les dimensions définitives (mis à part un dressage ou un usinage éventuel à l'outil) sont obtenues directement par solidification d'acier liquide coulé dans des moules en sable ou autres matériaux réfractaires ou plus rarement dans des moules durables en métal ou en graphite.

Pièces forgées

Produits obtenus par le formage de l'acier à une température convenable par choc et par pression et mise en forme à travers une matrice ouverte de façon à obtenir une pièce de forme approximative.



Fils



→ Formes, dimensions et tolérances

Pour plus de détails :

PRODUITS EN ACIER POUR CONSTRUCTION CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET MÉCANIQUES

Cet ouvrage s'adresse à un très large public et notamment aux élèves des écoles d'ingénieurs et des écoles techniques, aux ingénieurs des bureaux d'études et des bureaux de contrôle ainsi qu'aux architectes.

Il est édité par ConstruirAcier et constitue une mise à jour du précédent catalogue de l'Otua " Produits en acier pour construction – Caractéristiques géométriques et statiques ”.

Les produits présentés dans ce manuel sont essentiellement ceux utilisés en construction métallique, ainsi qu'en métallerie et serrurerie.

Cet ouvrage regroupe des informations de base sur les qualités et nuances des aciers utilisés en construction, le référentiel normatif, les conditions de livraison en terme de dimensions et aspects de surface, les tolérances de fabrication...

Les caractéristiques dimensionnelles et mécaniques sont présentées en détail pour les profilés suivants :

- les poutrelles classiques de type I, H et U,
- les poutrelles alvéolaires et les poutrelles intégrées au béton IFB et SFB,
- les tubes et profils creux pour construction,
- les laminés marchands (barres et profilés laminés à chaud) et les profilés à froid,
- les barres et profilés en aciers inoxydables,
- les palplanches et les rails de ponts roulants.

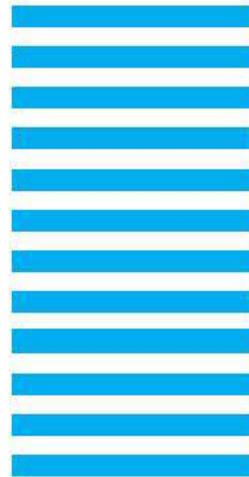
On trouvera aussi des informations générales concernant les produits plats laminés à chaud, y compris ceux en aciers inoxydables, les tôles revêtues - galvanisées, électrozinguées, aluminées et prépeintes, les tôles nervurées et les panneaux sandwich.

DEJAG/IMC - Imprimé le 02/2010 - Imprimé en France - PFC/10-31-144

ConstruirAcier

20, rue Jean Jaurès - 92800 Puteaux
Tél. 33 (0)1 55 23 02 30 - Fax 33 (0)1 55 23 02 49
<http://www.construiracier.fr>

ACIER
Construir
Code 15001



PRODUITS EN ACIER
POUR CONSTRUCTION

CARACTÉRISTIQUES
GÉOMÉTRIQUES ET
MÉCANIQUES

Édition 2010

Construir **ACIER**

5. Gamme d'aciers disponibles en termes de caractéristiques, propriétés.

5.1 La résistance mécanique. Limite d'élasticité et résistance à la traction

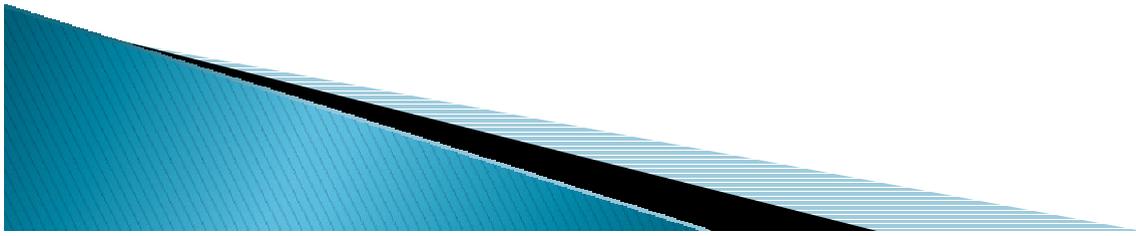
5.2 La sécurité d'emploi. Plasticité et allongement à la rupture

5.3 La résistance à la rupture fragile

5.4 La soudabilité

5.5 La tenue à la corrosion atmosphérique

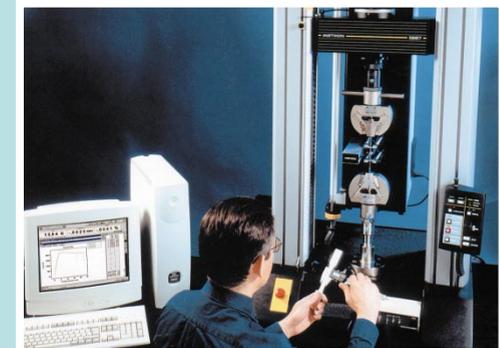
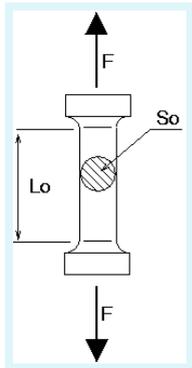
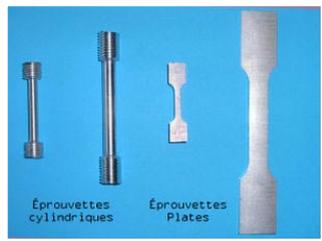
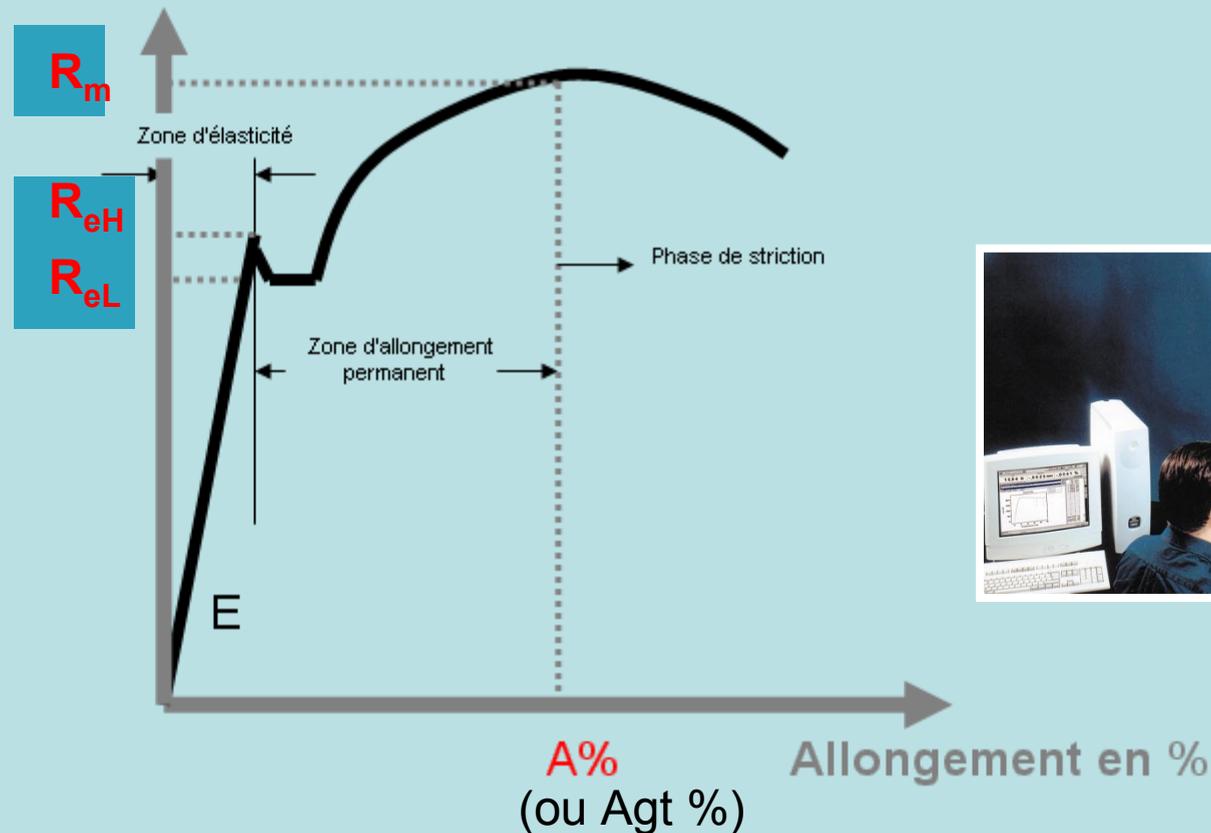
Et La résistance à la fatigue des constructions soudées



5.1 La résistance mécanique. Limite d'élasticité R_e et résistance à la traction R_m

5.2 La sécurité d'emploi. Plasticité et allongement à la rupture

Contraintes



- L_0 longueur initiale
 - S_0 section initiale
 - D_0 diamètre initial
- Éprouvettes conventionnelles:

$$L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$$

R_{eH} : limite supérieure d'écoulement

R_{eL} : limite inférieure d'écoulement

R_m : résistance à la traction

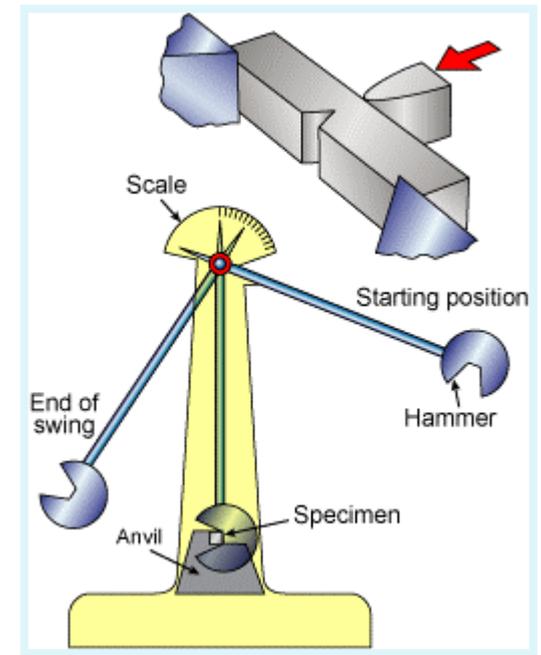
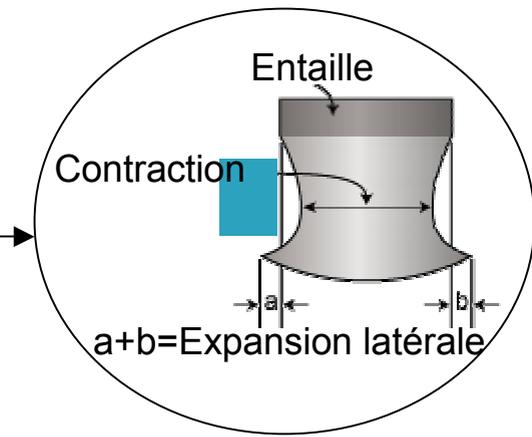
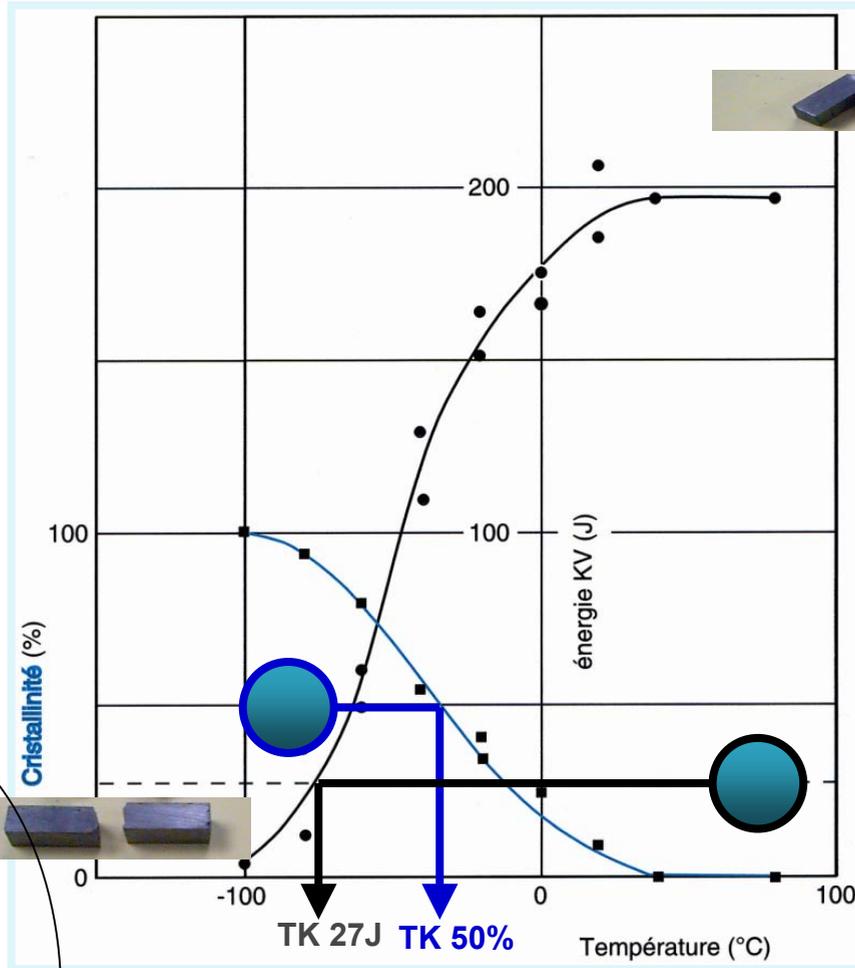
$A\%$: allongement total pour cent sous charge maximale

Diagramme de traction (avec palier d'écoulement)

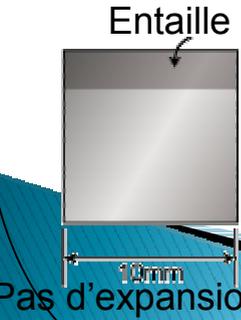
Effet Bauschinger-mobilité des dislocations ...

5.3 La résistance à la rupture fragile

Ductile:
À fibres + déformation



Fragile:
À grains, brillant,
sans déformation



Tk: Températures de transition

Courbes de transition

- Triaxialité des contraintes
- Plage de températures étendue
- Valeurs de résilience (J)
- Taux de cristallinité (rupture ductile à nerf ou fragile à grains)

5.3 La résistance à la rupture fragile

L'indice de qualité d'un acier fixe son degré de **résistance à la rupture fragile**. Il est mesuré par une énergie minimale de rupture à une température donnée. Les normes européennes ont fixé différents niveaux d'énergie pour des températures comprises entre + 20° C et – 60 °C. La gamme utilisée pour les ouvrages d'art se situe entre – 20°C et – 60°C

K2, N, M, NL, ML, Q, QL, QL1

– 20°C

– 50°C

– 20°C

– 40°C – 60°C

5.3 La résistance à la rupture fragile



- CONSTRUCTION : 1946
- PONT SUSPENDU à CABLERIE DISCONTINUE :
 - CABLES PORTEURS, CABLES DE TETE
 - **EFFONDREMENT LE 16 JANVIER 1985**
 - TEMPERATURE : -23 °C
 - CAUSE : **FRAGILITE DES ACIERS EN BARRE**
- REPARATION : REMPLACEMENT

5.4 La soudabilité

Notions de réponse de l'acier au soudage
et domaines de soudabilité des aciers de construction

CEV ↓

CEV ↓
Taille de grains ↓
+Ti, N ↓



**Fissuration
à froid**

« Martensite +
Contrainte +
Hydrogène »

**Energie
de soudage**



Préchauffage



**Domaine
de
soudage**

**Energie
de soudage**



**Critère
de sécurité**

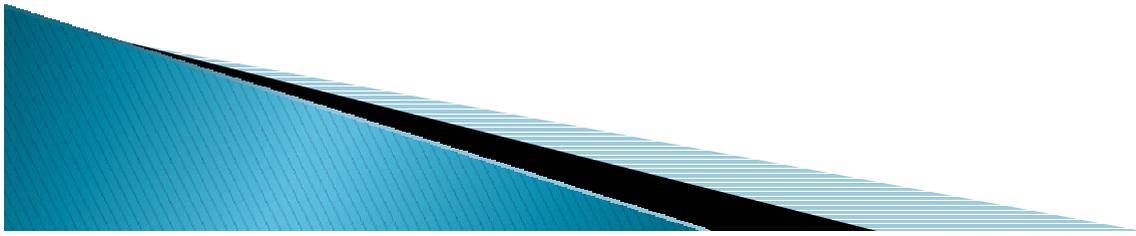


**Basse ténacité
en ZAT**

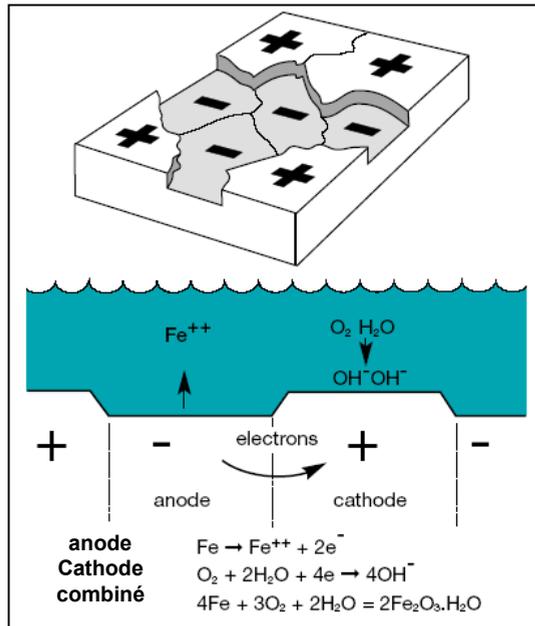
« Taille grains-
Azote- Microphases
Martensite Austénite »

« Vers les basses énergies »

«Vers les hautes énergies »



5.5 La tenue à la corrosion atmosphérique



Mécanisme de corrosion
eau et oxygène sont nécessaires
simultanément

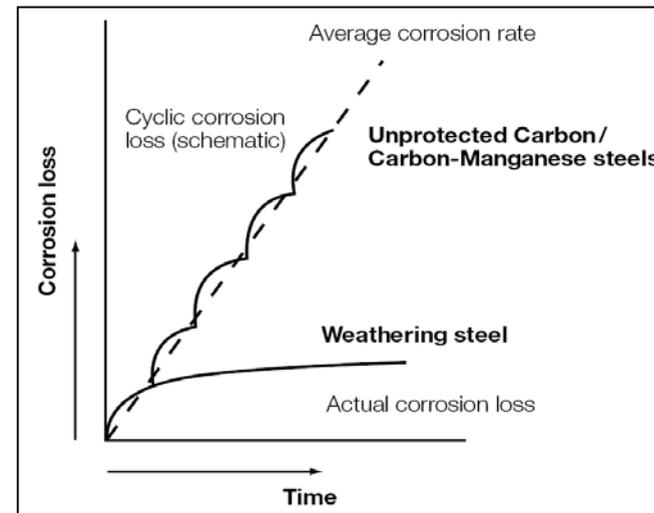
Systèmes de peinture 3 couches

- Primaire au zinc
- Effet barrière
- Aspect & protection

Galvanisation

- Galvanisation au trempé à chaud

Aciers dits « autopatinables »



Sans protection « caisson & air sec »

- Séchage de l'air et recirculation

5.5 La tenue à la corrosion atmosphérique

→Le Grenailage – Peinture

protection anticorrosion temporaire, selon NF EN 10238, qui consiste en :

- un grenailage selon standard Sa 2,5 ou Sa 3,
- l'application d'une couche de peinture primaire de 15 à 20 microns.



La garantie anti-corrosion pour un primaire d'épaisseur 15/20 microns est de 3 à 12 mois :

Epoxy Zinc : 12 mois

Silicate faible teneur en Zinc : 6 mois

Silicate forte teneur en Zinc : 18 mois

Oxyde de fer à liant époxy : 6 mois

Oxyde de fer à liant vinyle Butyral : 3 mois

5.5 La tenue à la corrosion atmosphérique

→ **Galvanisation à chaud**: revêtement d'une couche de Zinc → formation d'une patine de protection



5.5 La tenue à la corrosion atmosphérique

→ Les aciers auto-patinables

= aciers de construction à résistance à la corrosion atmosphérique améliorée

Selon la norme NF EN 10025-5 ; 2 nuances et 7 qualités

S235J0W, S235J2W, S355J0WP, S355J2WP, S355J0W, S355J2W, S355K2W

→ formation d'une **couche d'oxyde auto-protectrice** dépendante de nombreux facteurs tels que l'atmosphère environnante (humidité, impuretés, alternance de périodes sèches et humides), la conception et l'exposition.



Pont Trencat en Espagne



Pont TGV au Japon

Conclusion : Gamme des aciers disponibles

Large gamme d'aciers disponibles en termes :

- De formes géométriques
- De dimensions
- De compositions chimiques
- De procédés de fabrication → filière fonte / électrique
→ en termes de procédés de laminage
- De caractéristiques mécaniques (résistance à traction, rupture, soudabilité, etc.)
- D'états de livraisons (brut, pré-peints, autopatinables, galvanisés)

Aujourd'hui très bonne connaissance et maîtrise de tous ces enjeux pour élaborer des **ACIERS à HAUTE LIMITE d'ELASTICITE**

ATTENTION : Disponibilité limitée via des réseaux de vente

⇒ **Direct usine:** cas des produits toujours « sur mesure » des ponts en acier

⇒ Vente par le **négoce** indépendant « marchands de fer » pour le courant

Différentiation entre gamme réalisable et aciers disponibles à l'achat :
tonnage, prix, DELAI !...

MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Construir **A** **CIER**

20 rue Jean Jaurès
92800 Puteaux
Tel : +33.1.55.23.02.38
Fax : +33.1.55.23.02.49
www.construiracier.fr
michel.royer-muller
@construiracier.fr

Photo Dillinger Hutte GTS