

# SUPRA 50 - SP 510

## ALLIAGES MAGNETIQUES DOUX FeNi

### I. INTRODUCTION

La gamme des alliages magnétiques vers 50% de Nickel d'Imphy Alloys se compose des nuances suivantes :

- SUPRA 50 / SUPRA 50 SP
  - SUPRA 50 G / SUPRA 50 GSP
  - SUPRA 50 T
  - SP 510
- Les alliages SUPRA 50 ont tous en commun des valeurs d'induction à saturation les plus élevées dans la famille des alliages Fe-Ni mais sont différenciés par leurs valeurs de perméabilité et de champ coercitif.
- Le SP 510 se distingue par un compromis entre propriétés magnétiques (induction à saturation, champ coercitif, perméabilité) et aptitude à la corrosion

Le tableau ci-dessous indique leur composition chimique en % pondéraux :

	Ni	Mn	Si	C	Cr	Fe
Supra 50 Supra 50 SP Supra 50 G Supra 50 GSP Supra 50 T	47,5	0,5	0,1	0,00 5	-	Balance
SP 510	50	0,5	0,2	0,01	10	Balance

### II. APPLICATIONS

Les principales applications de ces alliages sont :

- Sécurité différentielle (relais)
- Signalisation ferroviaire (relais)
- Horlogerie (moteur pas à pas)
- Téléphonie (écouteurs et centraux téléphoniques)
- Capteur magnétique (courant, position angulaire, déplacement)
- Appareil à gaz (bouchons de sécurité)
- Toutes les applications nécessitant l'emploi d'un matériau magnétique à haute induction et faible niveau de pertes : rotor et stator de moteurs, synchro résolveur
- Pièces de canon à électrons de tube cathodique

### **III. PRESENTATION DES DIFFERENTES NUANCES**

#### **III.1 SUPRA 50 et SUPRA 50 SP**

Ces nuances de base (qualité isotrope) intéressent toutes les applications courantes (champ coercitif :  $H_c = 2,8$  A/m, valeur type). Leurs hautes performances et leurs niveaux de pureté chimique les destinent particulièrement aux applications à haute sensibilité et à grande précision.

Les nuances SUPRA 50 et SUPRA 50 SP se distinguent par des process de laminage à froid différents ainsi que des états de surface, des tolérances dimensionnelles et des plages d'épaisseurs différentes.

Elles sont principalement utilisées en téléphonie (pièces pour écouteurs), en fonction sécurité (pièces pour bouchon de sécurité des appareils à gaz) et en électrotechnique (transformateurs, relais de signalisation, capteurs). On utilise également cette nuance en horlogerie (pièces de moteur pour montre à quartz analogique), en aéronautique (corps d'oscillateur hyper-fréquences) en péri-informatique (pièces polaires de tête d'imprimantes), en sécurité électrique (pièces de relais de disjoncteur différentiel) et pour de l'appareillage médical (appareils auditifs).

#### **III.2 SUPRA 50 T**

Cette nuance semi-isotrope est proposée en bande laminée à froid à l'état écroui (épaisseurs types : 0,08mm – 0,35 mm), pour la découpe de profils divers, ou pour réaliser des tores en bande enroulée.

Les profils, après traitement thermique adéquat, présentent une recristallisation à grains secondaires géants conduisant à des perméabilités initiales très élevées et un champ coercitif très faible ( $H_c = 1,4$  A/m).

Les principales utilisations se trouvent en téléphonie, télématique (transformateurs d'impédance) et en régulation et mesure d'énergie (transformateurs d'intensité, inductances).

#### **III.3 SUPRA 50 G et SUPRA 50 GSP**

Ces nuances de qualité isotrope ont une aptitude à la découpe mécanique améliorée par rapport aux nuances SUPRA 50 et SUPRA 50 SP.

#### **III.4 SP 510**

Cette nuance se caractérise par une induction à saturation proche de celle des alliages Fe-Ni80%, un champ coercitif faible ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion. De part ces propriétés, la principale utilisation se trouve en horlogerie pour les stators avec isthmes de moteurs pas à pas.

#### IV. PROPRIETES PHYSIQUES

Caractéristiques	Unités	SUPRA 50 – SUPRA 50 SP	SUPRA 510
		SUPRA 50 G – SUPRA 50 GSP SUPRA 50 T	
Masse volumique *	g.cm <sup>-3</sup>	8,2	8,2
Chaleur spécifique *	J.kg <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup>	500	-
Conductivité thermique *	W.m <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup>	13	-
Dilatation thermique : coefficient moyen entre 0 °C et 100 °C	10 <sup>-6</sup> .°C <sup>-1</sup>	8	10
Résistivité électrique *	μΩ.cm	45	100
Température de Curie	°C	450	230
Coefficient de magnétostriction à saturation Δ/l	10 <sup>-6</sup>	24	-
Température de fusion	°C	1 425	-
Induction à saturation *	Tesla	1,6	0,75

\* mesures faites à +20 °C

#### V. PROPRIETES MAGNETIQUES

Les tableaux suivants indiquent les propriétés magnétiques mesurées après un traitement thermique optimal et en accord avec les normes ci dessous:

- ASTM : A596
- DIN : 50460
- IEC : 60404

##### V.1 Valeurs magnétiques en courant continu sur bandes laminées à froid

Les mesures sont effectuées après un traitement optimal de 4 heures à 1150 °C sous hydrogène pur et sec, sur rondelles de diamètre extérieur 36mm, de diamètre intérieur 25mm, d'épaisseur 0.34 mm pour le Supra 50, Supra 50 SP, Supra 50T, SP 510 et d'épaisseur 1.5 mm pour le Supra 50 G et Supra 50 GSP. Les valeurs données ci-dessous sont des valeurs types.

Nuance	Bs <sup>(1)</sup> (Tesla)	Br <sup>(1)</sup> (Tesla)	B à 100A/m (Tesla)	μ <sub>max</sub>	Hc (A/m)
Supra 50 Supra 50 SP	1,5	1,1	1,2	190 000	2,8
Supra 50 T	1,5	0,6	1,2	165 000	1,4
Supra 50 G Supra 50 GSP	1,5	1,1	1,2	100 000	5,1
SP 510	0,75	0,25	0,6	30 000	3,2

(1) saturation pratique Bs et induction rémanente Br mesurées pour H = 800 A/m.

## V.2 Valeurs magnétiques en courant alternatif sur bandes laminées à froid

Les mesures sont effectuées après un traitement optimal de 4 heures à 1150 °C sous hydrogène pur et sec, sur rondelles de diamètre extérieur 36mm, de diamètre intérieur 25mm, d'épaisseur 0.34 mm pour le Supra 50, Supra 50 SP, Supra 50T, SP 510. Les valeurs données ci-dessous sont des valeurs types.

Nuance	60 Hz	
	$\mu_{4z}$ (1)	$\mu_{z8}$ (2)
Supra 50 Supra 50 SP	10 400	54 000
Supra 50 T	16 500	52 000
Supra 510	7 000	-

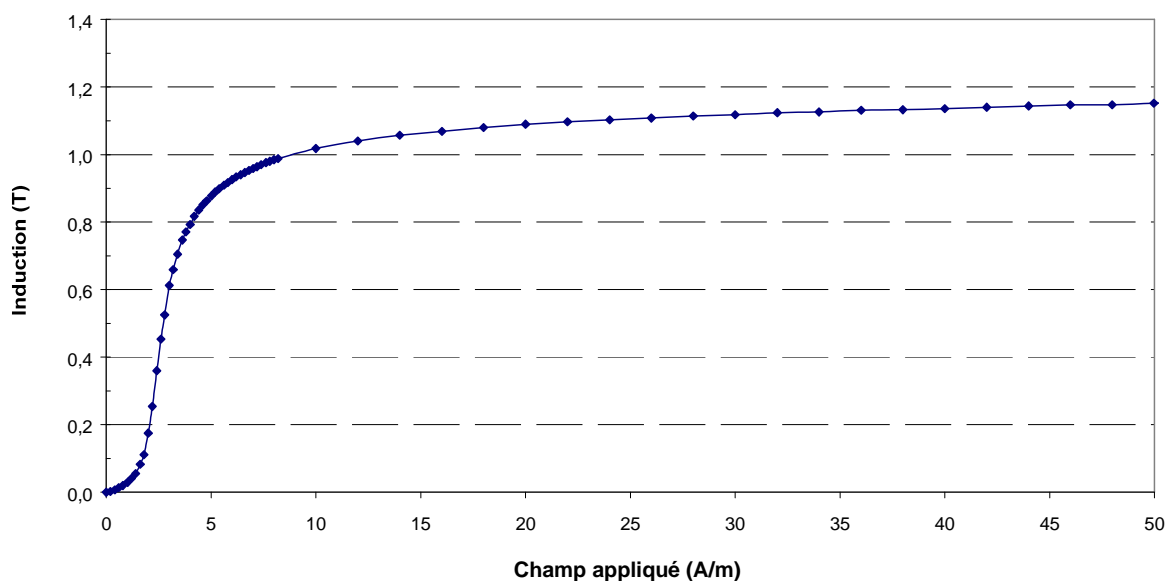
- (1) Perméabilité initiale d'impédance pour un champ d'excitation sinusoïdal de 0,4 A/m, valeur crête  
 (2) Perméabilité d'impédance pour B=0,8 T

## V.3 Valeurs magnétiques en courant continu sur produits massifs

Les mesures sont réalisées en courant continu sur tore de dimensions 24\*20\*10 mm après traitement thermique de 4 heures à 1150°C sous hydrogène pur et sec. Les valeurs données ci-dessous sont des valeurs types.

Nuance	Bs (1) (Tesla)	Hc (2) (A/m)	$\mu_{max_{cc}}$
Supra 50	1,5	4,8	80 000

- (1) saturation pratique mesurée pour H = 800 A/m.



- (2) champ coercitif  $H_c$  mesuré depuis H = 800 A/m.

Figure 1 : Courbe d'aimantation en courant continu pour le supra 50 sur bande laminée à froid d'épaisseur 0,34mm et après traitement thermique de 4 heures à 1150°C sous H2 pur et sec

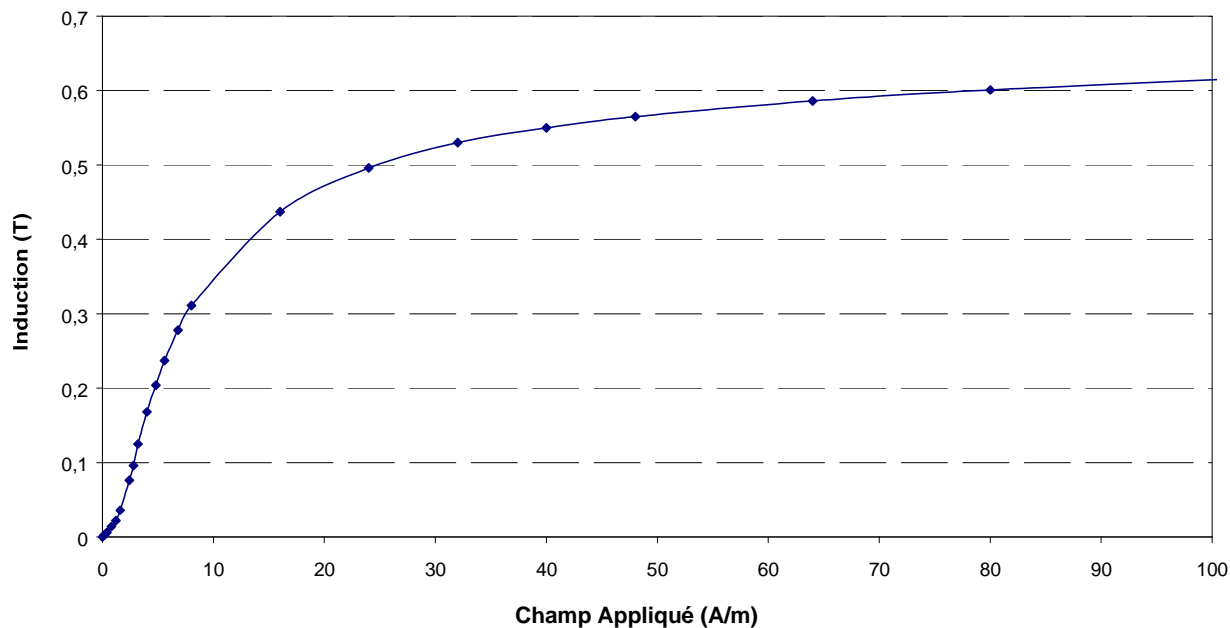


Figure 2 : Courbe d'aimantation en courant continu pour le SP 510 sur bande laminée à froid d'épaisseur 0,5mm et après traitement thermique de 4 heures à 1150°C sous H2 pur et sec

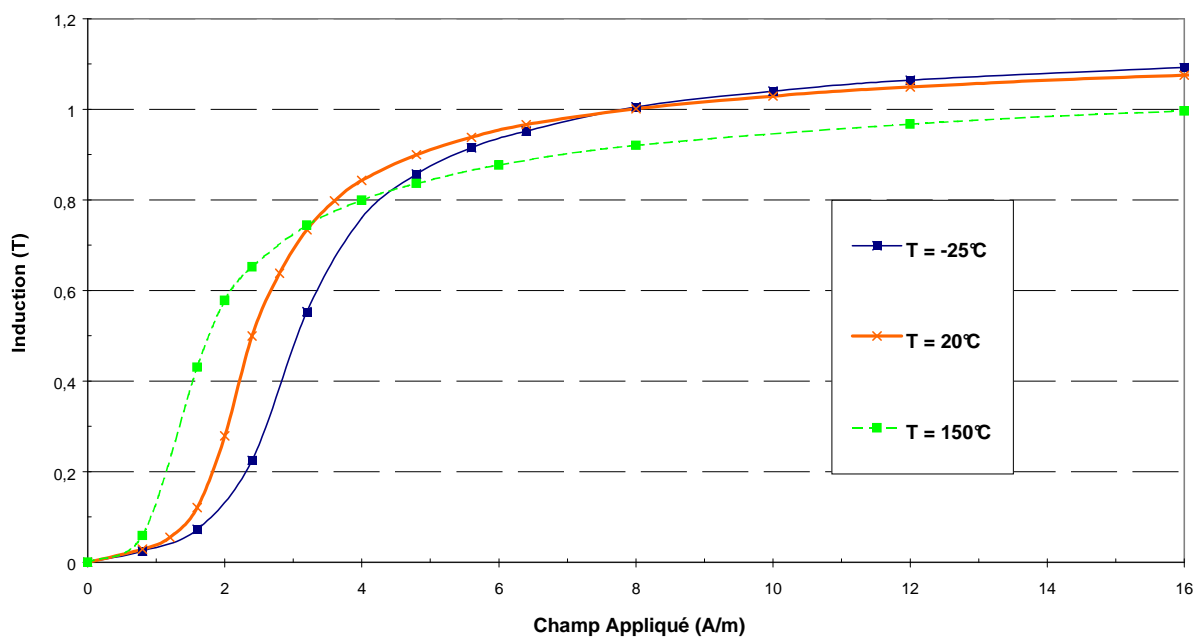


Figure 3: Courbes d'aimantation en courant continu pour le supra50 sur bande laminée à froid d'épaisseur 0,34mm, après traitement thermique de 4 heures à 1150°C sous H2 pur et sec, pour une température comprise entre -25°C et 150°C.

Imphy Alloys, sur demande, met à la disposition de ses clients les points de mesure de ces courbes en format informatique.

## VI. TRAITEMENT THERMIQUE DES PIÈCES FINIES

Les caractéristiques magnétiques optimales des alliages de la famille des Supra 50 et du SP 510 sont obtenues par traitement thermique final des pièces à haute température.

- Ce traitement thermique est d'abord destiné à recristalliser le métal. Les pièces traitées thermiquement sont à manipuler avec précaution car toute déformation plastique, même mineure en apparence, dégrade les caractéristiques magnétiques.
- Une atmosphère protectrice est indispensable pour éviter d'oxyder le métal. Le rôle de cette atmosphère est très important. L'emploi d'une atmosphère réductrice d'hydrogène pur et sec est recommandé car il favorise l'élimination de certaines impuretés résiduelles du métal telles que le carbone, notamment sur les pièces de faible épaisseur.
- Toutes les précautions doivent être prises pour garantir la pureté de l'atmosphère. Les pièces à traiter seront dégraissées et nettoyées avant traitement thermique. La poudre inerte (alumine, magnésie) souvent utilisée pour isoler les pièces entre elles doit être parfaitement anhydre. L'hydrogène sera purifié, en amont du four, par l'emploi de « deoxo » et de tamis moléculaire. Un balayage d'hydrogène de l'ordre de 7 volumes par heure est souhaitable pour renouveler l'atmosphère.

Au cours de la montée en température, un palier de 1 ou 2 heures vers 400 °C sera effectué, si nécessaire, pour améliorer la température de rosée de l'enceinte. Celle-ci doit être inférieure à - 40 °C pendant le traitement thermique à haute température.

Les alliages d'Imphy Alloys à 47.5 % de Nickel sont peu sensibles aux vitesses d'échauffement et de refroidissement. Des vitesses industrielles courantes de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de degrés Celsius par heure conviennent.

### VI.1 Oxydation par traitement thermique

Pour certaines applications, les pièces finies doivent être recouvertes d'une légère couche d'oxyde (par exemple, pour isoler électriquement des tôles de rotor ou des profils). Une telle oxydation peut être obtenue par un maintien des pièces vers 500 °C sous atmosphère oxydante contrôlée (par exemple : 1 heure à l'air).

### VI.2 Supra 50 / Supra 50 SP

Le tableau ci-dessous illustre l'influence de la température de traitement thermique entre 1050 °C et 1150 °C, pour un maintien de l'ordre de 4 heures. Les mesures sont réalisées sur des rondelles de diamètre extérieur 36mm, de diamètre intérieur 25mm et d'épaisseur 0,34mm. Une température élevée favorise le grossissement du grain primaire et la purification du métal. Ceci se traduit par des perméabilités supérieures.

Caractéristique	Température de traitement thermique	
	1050°C	1150°C
$\mu_{max_{cc}}$ (1)	135 000	190 000
Hc (A/m)	3,8	2,8
$\mu_{4z}$ (2)	7 400	10 400

(1) Perméabilité maximale en courant continu

(2) Perméabilité initiale d'impédance pour un champ d'excitation sinusoïdal de 0,4 A/m, valeur crête

### VI.3 SUPRA 50 T

Un traitement thermique à température élevée (1 150 – 1 175 °C) est indispensable pour garantir une bonne recristallisation secondaire et des perméabilités très élevées. Là aussi, un maintien de 4 heures est parfaitement adapté.

Epaisseur (mm)	1050 °C		1150°C	
	μ4z (1)	Hc (A/m)	μ4z (1)	Hc (A/m)
0,34	9 500	3	16 500	1,4
0,08	6500	4,4	11 000	3

- (1) Perméabilité initiale d'impédance pour un champ d'excitation sinusoïdal de 0,4 A/m, valeur crête

## VII. PROPRIETES MECANIQUES

### VII.1 Caractéristiques mécaniques sur bandes laminées à froid.

Les valeurs ci dessous sont des valeurs types et les mesures sont faites selon les normes :

- NF EN 10002 pour les essais de tractions
- EN ISO 6507 pour la dureté
- NFA 04102 pour la taille de grain

Caractéristique	Supra 50 / Supra 50 SP Supra 50 G / Supra 50 GSP			Supra 510		
	Etat écroui	Etat adouci	Pièces finies traitées à 1 150 °C	Etat écroui	Etat adouci	Pièces finies traitées à 1 150 °C
<b>Dureté (HV)</b>	250	140	100	275	110	100
<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	850	500	450	900	520	-
<b>R<sub>p0.2</sub> (MPa)</b>	820	250	200	850	210	-
<b>A (%)</b>	3	40	35	1	40	-
<b>Grain</b>	-	9	0	-	8	-

Imphy Alloys réalise sur demande tout état non standard souhaité par l'utilisateur.

## VII.2 Caractéristiques mécaniques sur produits massifs (valeurs types)

Caractéristique	Etat naturel de transformation à chaud (barres, tôles, pièces forgées)
Rm (Mpa)	540
Dureté (HV)	170 +/- 50
Grain	4 - 10

Imphy Alloys réalise sur demande tout état non standard souhaité par l'utilisateur.

## VIII. MISE EN OEUVRE

### VIII.1 Découpe-cisailage

Pour cette opération, le métal est utilisé à l'état écroui. Il est recommandé d'effectuer plusieurs essais de matériaux avec des duretés différentes pour adapter la nuance aux outils de découpe.

### VIII.2 Pliage, emboutissage, étirage, repoussage

Pour de telles mises en forme, le métal est utilisé à l'état adouci. Les applications emboutissage profond doivent être spécifiées car Imphy Alloys propose un état particulièrement adapté.

Lorsque le métal adouci subit une déformation plastique importante, il enregistre un durcissement qu'il est possible d'estimer avec le tableau suivant :

Taux d'écrouissage (%)	10	25	50	75
Dureté (HV)	200	225	250	265
Rm (Mpa)	590	710	850	930
Allongement A (%)	20	7	3	2

L'utilisateur doit parfois réaliser un recuit d'adoucissement intermédiaire lors du façonnage des pièces.

Imphy Alloys préconise la procédure suivante : maintien pendant une heure minimum à 800°C – 850°C. Il est indispensable de prendre toutes les précautions pour éviter une pollution du métal : four et pièces propres, atmosphère protectrice (ou même réductrice), point de rosée inférieur à – 40 °C.

### VIII.3 Usinage

Le Supra 50 est la nuance utilisée pour l'usinage de pièces dans la masse, barre ou tôle laminée à chaud.

Le Supra 50 est un alliage gras dont les copeaux « collent » à l'outil. Il nécessite donc des vitesses d'usinage relativement faibles.

	Tournage		Fraisage	Perçage
	Ecrouissage	Coupe		
<b>Outil</b>	S3 ou S4 Carbure	Acier rapide	Acier rapide	Acier rapide
<b>Lubrifiant</b>	Huile soluble	Huile soluble	Huile soluble	Huile soluble
<b>Angle de coupe (°)</b>	12-17	7-10	15	-
<b>Angle de dépouille (°)</b>	5-8	6-10	3-7	9-13
<b>Vitesse de coupe (m/minute)</b>	50-75	15-20	10-15	10
<b>Avance</b>	0,2 à 0,5 mm/tour	0,03 à 0,07 mm/tour	0,05 à 0,10 mm/dent	0,10 mm/tour

Les pièces doivent être soigneusement nettoyées après l'usinage, pour réduire les risques de pollution, notamment par le lubrifiant.

### VIII.4 Soudage

Les règles de soudage des 47,5 % de Nickel sont comparables à celles des aciers austénitiques inoxydables mais il est recommandé d'effectuer auparavant un traitement thermique de détensionnement à 600°C–800 °C.

Toutes les méthodes de soudage sont réalisables: soudage par points, bombardement électronique ou sous argon. Dans le cas où il faut utiliser un métal d'apport, il est préférable d'utiliser le même type de matière (47,5 % de Nickel).

Le soudage doit normalement être effectué avant le traitement thermique final des pièces, même dans le cas d'un soudage par point.

Les soudures importantes, dégradant les caractéristiques magnétiques du produit doivent être localisées de préférence aux endroits où cette dégradation est la moins gênante.

### VIII.5 Brasage

Le brasage doit être réalisé impérativement après traitement thermique final à haute température. Les zones de brasage sont généralement dégradées magnétiquement.

### VIII.6 Résistance à la corrosion

La tenue à la corrosion du Supra 50 est meilleure que celle des aciers ordinaires en raison de sa teneur en Nickel. Il n'est toutefois pas inoxydable et sa tenue à l'oxydation doit être vérifiée dans chaque cas particulier.

### IX. FORMES DE LIVRAISON

Nuances	Tores traités (1)	Pièces traitées (1)	Bandes laminées à froid	Produits longs et massifs (2)
SUPRA 50	■	■	■	■
SUPRA 50 SP	■	■	■	
SUPRA 50 G	■	■	■	
SUPRA 50 GSP	■	■	■	
SUPRA 50 T	■	■	■	
SP 510	■	■	■	

(1) : tores, profils, empilages collés, tôles de rotors et stators, blindages, plaques pour découpe chimique vendus par MECAGIS, filiale d'Imphy Ugine Précision comme Imphy Alloys

(2) : barres, profilés, pièces forgées, tôles laminées à chaud

#### IX.1 PRODUITS PLATS

SUPRA 50, SUPRA 50 SP, SUPRA 50 G, SUPRA 50 GSP			
Forme	Epaisseur (mm)	Largeur maximum (mm)	Etat
Bande laminée à froid livrée en couronnes	0,025 à 0,07	300	Ecroui ou recuit
	0,07 à 3	640	Ecroui ou recuit
Bande laminée à froid livrée en plaques coupées à longueur (longueur maximale 3500mm)	0,10 à 3	10 à 640	Ecroui ou recuit
Tôle laminée à chaud (Supra50 uniquement)	5 à 50	500 à 2 000	Brut de laminage Décapé

SUPRA 50 T			
Forme	Epaisseur maximale (mm)	Largeur maximale (mm)	Etat
Bande laminée à froid livrée en couronnes	0,35	640	Ecroui

SP 510			
Forme	Epaisseurs types (mm)	Largeur maximale (mm)	Etat
Bande laminée à froid livrée en couronnes	0,5-0,7	640	Ecroui ou Recuit

Merci de consulter Imphy Alloys pour toute demande spécifique ainsi que pour les tolérances dimensionnelles

### **IX.2 BARRES**

SUPRA 50	
Diamètre (mm)	Longueurs courantes de fabrication (mm)
$\phi \leq 13$	2000 à 3000
$14 \leq \phi \leq 80$	3000 à 4000
$\phi > 80$	En fonction du diamètre et de la quantité commandée

Merci de consulter Imphy Alloys pour toute demande spécifique ainsi que pour les tolérances dimensionnelles

### **IX.3 PIECES FORGEES ET MOULEES**

Nous consulter pour devis.