

Partie II. Offre produits

Tableau de synthèse des produits	31
■ Aciers à très haute résistance	
Dual Phase	32
Trip	37
Multiphases	42
Ferrite bainite	45
Usibor 1500 P	49
■ Aciers à haute résistance	
HSLA	53
Bake hardening	57
IF	61
Rephosphorés	64
Isotropes	67
■ Aciers pour emboutissage	69
■ Revêtements de zinc et revêtements organiques minces	
Extragal	74
Gavannealed	77
Galfan	80
Electrozingué	83
Traitements de surface	85
Revêtements Organiques Minces (ROM)	87
■ Aciers aluminisés	
Alusi TM Aciers à revêtement allié Al-Si	89
Alusi TM Aciers aluminisés	91
■ Aciers composites	
Usilight	95
Usiconfort-Quiet Steel®	99
■ Flans multi-épaisseurs	
Arcelor tailored Blank	102
■ Sécurité produits et toxicologie	102

Tableau de synthèse
des produits Arcelor Auto

LAMINÉ À FROID LAMINÉ À CHAUD

	EMBOUTISSAGE							BAKE HARDENING					REPHOSPHORÉ					ISOTROPE					IF									
	07	06	05	04	03	02	01	180	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300
GRADE																																
R _E MIN	100	120	140	160	180	140	140	180	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300	220	260	300
R _M MIN	250	270	270	280	280	270	270	300	340	370	420	340	380	400	300	320	340	380	400	300	320	340	380	400	300	320	340	380	400	300	320	340
NON REVÊTU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
EZ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
EXTRAGAL		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
GALVANNEAL		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■			■	■	■							■	■	■	■	■	■	■

	HSLA										DP										TRIP			BORE
GRADE	200	240	280	320	360	400	450	500	600	780	800	880	900	980	1180	HY	590	690	780	U1500P				
R _E MIN	220	260	300	340	380	400	280	300	330	450	550	700	900				380	410	450					
R _M MIN	340	350	390	420	460	470	450	500	600	780	800	980	1180				590	690	780					
NON REVÊTU																								
EZ																								
EXTRAGAL																								
GALVANNEAL																								

	EMBOUTISSAGE										HSLA										FERRITE-BAINITE										DUAL PHASE		TRIP	MULTIPHASE				BORE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	16/15	14	13	12	11	280	320	360	420	500	450	540	560	590	590HHE*	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590		590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590

Dual Phase

Aciers à très haute résistance

■ Présentation

Les aciers **Dual Phase** se distinguent par un remarquable compromis résistance/emboutissabilité. Celui-ci provient de la microstructure constituée d'une phase dure (martensite ou bainite) dispersée dans une matrice ferritique ductile. La capacité de consolidation de ces aciers est considérable. Cette caractéristique leur assure une bonne aptitude à la répartition des déformations et donc une bonne emboutissabilité, mais aussi des caractéristiques sur pièces, notamment la limite d'élasticité, beaucoup plus élevées que sur le métal à plat.

Ce niveau élevé de résistance mécanique obtenue sur pièce se traduit par une excellente tenue à la fatigue et une bonne capacité d'absorption d'énergie, ce qui prédispose ces aciers à l'utilisation pour des pièces de structure et de renfort. Leur forte consolidation combinée à un effet BH prononcé les rend très performants pour l'allégement des pièces de peau et de structure.

■ Applications

Compte tenu de leur forte capacité d'absorption d'énergie et de leur bonne résistance à la fatigue, les aciers **Dual Phase** laminés à froid se prêtent particulièrement bien à la réalisation de pièces de structures et de sécurité pour l'automobile telle que les longerons, les traverses et les renforts.

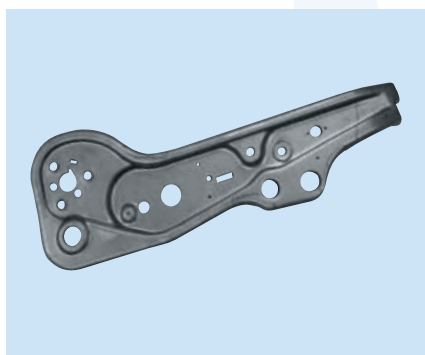
L'acier **Dual Phase 500**, par exemple, permet de réaliser des pièces visibles avec une résistance à l'indentation supérieure de 20 % par rapport aux aciers conventionnels HSLA, offrant

ainsi un potentiel d'allégement de l'ordre de 15 %.

L'acier **Dual Phase 600** laminé à chaud, par ses propriétés élevées, permet d'alléger les structures par une réduction des épaisseurs. Il peut être notamment utilisé dans l'automobile pour :

- Les voiles de roues
- Les profilés allégés
- Les coupelles d'amortisseurs
- Les éléments de fixation

FLASQUE D'ASSISE EN **DUAL PHASE 600 HHE** ÉP. ≈1.50 mm



GLISSIÈRE PROFILÉE EN **DUAL PHASE 780** ÉP. ≈1.50 mm



RENFORT DE PIED MILIEU EN **DUAL PHASE 450 EXTRAGAL**



ROUE DONT LE VOILE EST EN **DUAL PHASE 600** LAMINÉ À CHAUD



Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme et aux propriétés d'emploi de toute la gamme d'acier des **Dual Phase**. Pour intégrer cet acier dès

la conception, une équipe d'experts est en mesure de réaliser des études spécifiques soit à partir de modélisation, soit à partir d'essais de caractérisation...

■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

Garanties sur tôles nues sur éprouvette ISO 20x80

ST - sens perpendiculaire au sens de laminage / SL - Sens de laminage

■ LAMINÉ À FROID ■ LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	R _e (MPa)	R _m (MPa)	A (%)		n	BH ₂ (MPa)	DIRECTION
			L ₀ = 80 mm	L ₀ 5.65 √So (mm)			
			e < 3 mm	e ≥ 3 mm			
DUAL PHASE 450	280 - 340	450 - 530	≥ 27	-	0.16	30	ST
DUAL PHASE 500	300 - 380	500 - 600	≥ 25	-	0.15	30	SL
DUALPHASE 600 & 600HHE*	330 - 410	600 - 700	≥ 21	-	0.14	30	SL
DUAL PHASE 780	450 - 550	780 - 900	≥ 15	-	0.10	30	SL
DUAL PHASE 980	580 - 730	980 - 1100	≥ 10	-	-	30	SL
DUAL PHASE 980HY**	700 - 850	980 - 1100	≥ 8	-	-		SL
DUAL PHASE 1180HY**	900 - 1100	≥ 1180	≥ 5	-	-		SL
DUAL PHASE 600	330 - 460	580 - 670	≥ 22	≥ 24	-	30	SL

* Dual Phase 600 HHE : nous recommandons cette variante en cas de pièce nécessitant une performance en expansion de trou particulièrement élevée.

** HY : High Yield Strength

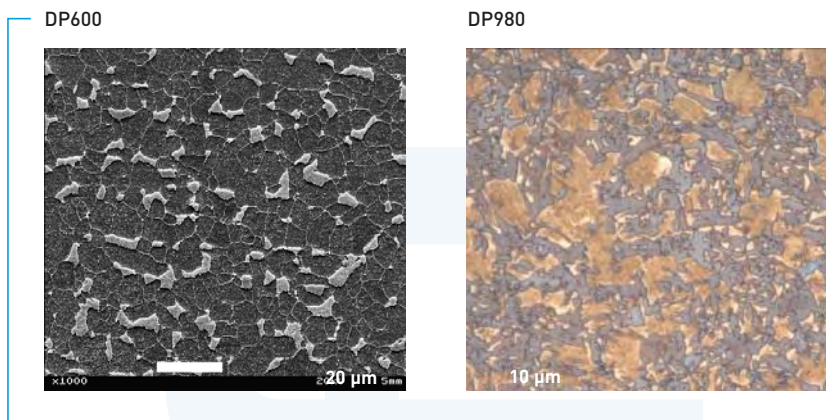
Composition chimique (%)

■ LAMINÉ À FROID ■ LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
DUAL PHASE 450	0,08	1,6	0,40
DUAL PHASE 500	0,14	1,6	0,40
DUAL PHASE 600	0,14	2,1	0,40
DUAL PHASE 600 HHE	0,08	1,6	0,40
DUAL PHASE 780	0,17	2,2	0,60
DUAL PHASE 980/980 HY	0,20	2,3	0,60
DUAL PHASE 1180 HY	0,20	2,4	0,60
DUAL PHASE 600	0,09	1,0	0,25

Les aciers **Dual Phase** laminés à froid nus et revêtus par le procédé d'électrozingage sont produits industriellement depuis 2003 au moyen du procédé de trempe TWICE (Turbulent Water Immersed Cooling Equipment). Ce procédé,

caractérisé par des vitesses de refroidissement supérieures à 1000°C/s après le maintien à haute température, permet de réaliser des aciers **Dual Phase** avec des chimies allégées.



Les propriétés d'usage des aciers **Dual Phase** sont garanties par la maîtrise du process de fabrication. En particulier le contrôle du cycle de recuit (température,

vitesse de refroidissement) assure l'obtention de la microstructure **Dual Phase** et la reproductibilité des caractéristiques mécaniques.

Revêtements et états de surface disponibles

NUANCES				
	Nu	Ez	EXTRAGAL	GALVANNEALED
DUAL PHASE 450	■	■	■	■
DUAL PHASE 500	■	■	■	■
DUAL PHASE 600	■	■	■	■
DUAL PHASE 600 HHE	■	■		
DUAL PHASE 780	■	■	■	●
DUAL PHASE 980	●	●	●	●
DUAL PHASE 980 HY	■	■		
DUAL PHASE 1180 HY	■	■		
DUAL PHASE 600	■			

■ Nous consulter pour la disponibilité des produits dans les zones en développement ou non renseignées.

Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

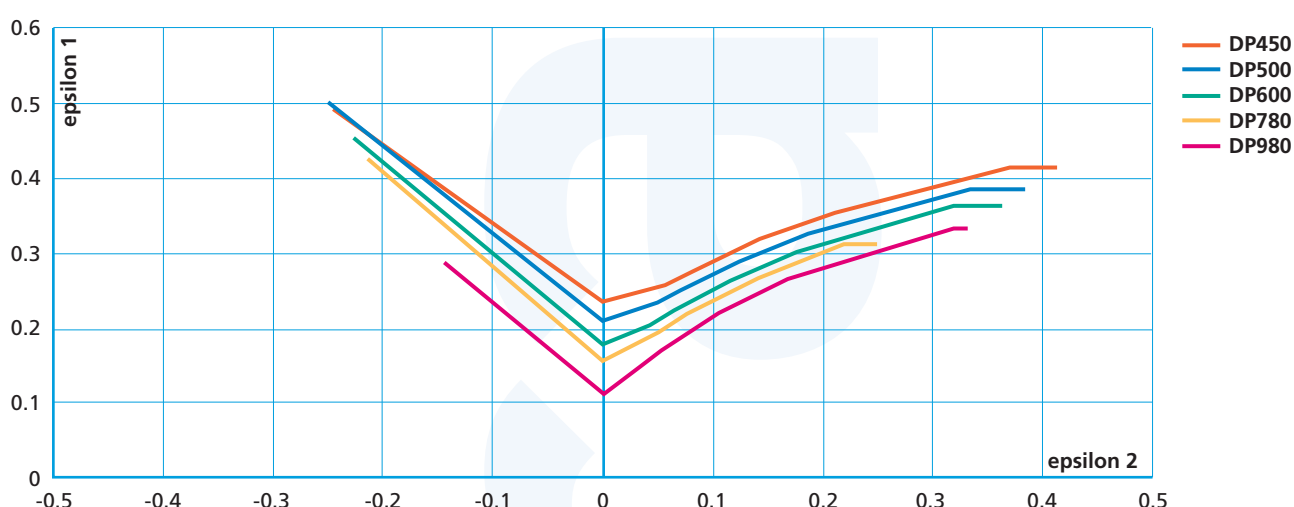
Les aciers de la famille **Dual Phase** présentent un excellent compromis résistance/emboutissabilité. Cela est dû à leur forte ductilité et à leur capacité de consolidation élevée dès le début de la déformation, et qui assure une répartition homogène des déformations entraînant des amincissements moindres.

Ainsi dans le cas d'un acier **Dual Phase 500**, la limite d'élasticité peut augmenter d'environ 120 MPa après 2 % de déformation plastique en traction uniaxiale (phénomène décrit sous le nom de "Work-hardening" ou WH_2). La limite d'élasticité peut encore être augmentée par Bake Hardening après cuisson de peinture (BH₂).

L'acier **Dual Phase 500** permet aussi de réaliser des pièces de peau (excellent comportement en expansion et en traction large).

La gamme des aciers **Dual Phase** peut être emboutie sur des outils classiques moyennant une optimisation des réglages. Ainsi dans le cas d'un **Dual Phase 600**, les efforts d'emboutissage seront augmentés d'environ 20 % par rapport à un acier de type micro-allié (HSLA) de même épaisseur. Il faut noter que ces aciers, et en particulier les plus hauts grades, sont sensibles au phénomène dit de "retour élastique". La maîtrise de la géométrie des pièces, doit être anticipée lors de la conception (faibles rayons de matrice, renforts perpendiculaires aux plis permettant de rigidifier les pièces ouvertes,...) et également lors de la définition de la gamme d'emboutissage (surpliage, outil de calibrage, frappe des rayons, application de plus fortes retenues sous serre-flan...).

COURBES LIMITES DE FORMAGE POUR LA FAMILLE DES ACIERS **DUAL PHASE** LAMINÉS À FROID (DONNÉES TYPIQUES)



■ Nous consulter pour d'autres données relatives à la mise en forme des **Dual Phase** pour des épaisseurs et des revêtements particuliers.

Soudabilité

En soudage par résistance par points, bien que plus alliés que les aciers HSLA, les aciers **Dual Phase** se soudent très bien avec les procédés classiques moyennant une adaptation des paramètres dans les conditions industrielles.

■ Exemple de domaines de soudabilité obtenus selon la norme NFA 87 001 (rupture avec déboutonnage complet) pour les **Dual Phase 450, 500, 600, 780** (voir aussi page suivante) pour différentes épaisseurs et différents revêtements :

NUANCES	DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
DUAL PHASE 450 ÉP = 1.65 mm EXTRAGAL	2.4
DUAL PHASE 500 ÉP = 1.50 mm EXTRAGAL	3.3
DUAL PHASE 600 ÉP = 1.50 mm EXTRAGAL	2.4
DUAL PHASE 600 ÉP = 1.50 mm GALVANNEALED	2.6
DUAL PHASE 780 ÉP = 1.20 mm EXTRAGAL	2.4

Dans le cas de l'acier **Dual Phase 980**, et en haut de domaine de soudabilité, les points soudés ont des charges à la rupture typique de 1250 daN en traction pure et de l'ordre de 4800 daN en traction cisaillement.

Pour les modalités revêtues, galvanisées et galvanisées alliées, les tests de durée de vie des électrodes conduisent à des résultats caractéristiques du type de revêtement considéré, sans que le substrat en acier **Dual Phase** ne modifie sensiblement les résultats.

En soudage à l'arc MAG (Metal Active Gas) en bout-à-bout ou à clin, la dureté maximale de la zone fondue n'excède pas 300 HV pour un **Dual Phase 600**, quels que soient les

paramètres. Les formes de cordons de soudage satisfont à la classe B de la norme ISO 25817. Les produits consommables recommandés sont :

→ Pour le métal d'apport : fil type G3Si1 NF EN 440

→ Gaz de protection : $A_r + 8 \% CO_2$

En soudage laser par recouvrement d'excellentes tenues mécaniques ont été observées.

Sur la base d'une longue expérience pour la caractérisation de ces produits en soudage par points et en soudage à l'arc, **Arcelor Auto** est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout produit de la gamme **Dual Phase**.

Fatigue

La résistance à la fatigue, qui est une des caractéristiques principales de cet acier, peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale). La tenue en fatigue, est encore améliorée par un traitement thermique

de cuisson peinture. Voici quelques exemples de limites d'endurance à 5.10^6 de cycles mesurées en traction alternée avec un rapport de charge de $R_s = 0.1$ sur métal état livraison, non cataphorésé :

NUANCES	LIMITÉ D'ENDURANCE À 5.10^6 CYCLES (MPa), en contrainte maximale
DUAL PHASE 600 ÉP = 1.2 mm Nu	479
DUAL PHASE 600 ÉP = 1.5 mm GALVANNEALED	468
DUAL PHASE 780 ÉP = 1.5 mm GALVANNEALED	520

À titre d'exemple, limite d'endurance à 2.10^6 de cycles mesurée en amplitude de contrainte pour le **Dual Phase 600** laminé à chaud, et obtenue en traction alternée avec le même rapport de charge :

NUANCES	LIMITÉ D'ENDURANCE À 2.10^6 CYCLES (MPa), en contrainte maximale
DUAL PHASE 600 ÉP = 3.9 mm Nu	449

Comme on peut le constater, les aciers **Dual Phase** présentent un bon comportement en résistance à la fatigue.

Arcelor Auto est en mesure de mettre à disposition une base de données des performances en fatigue des aciers de la gamme **Dual Phase**.

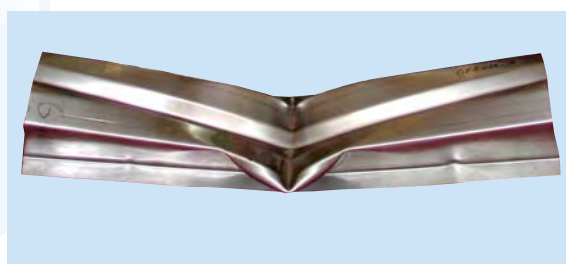
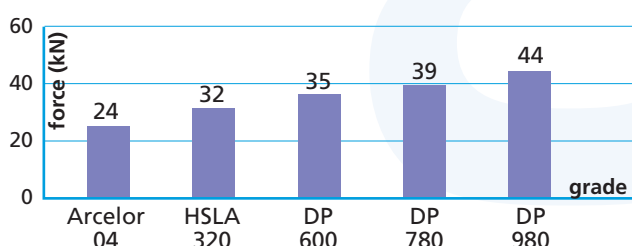
Résistance au choc

Les aciers **Dual Phase** ont été caractérisés en compression axiale sur structure oméga avec plaque de fermeture soudée par points et en flexion 3 points sur éprouvette à

section ouverte. Ces tests ont montré le très bon comportement au choc des aciers **Dual Phase**.

Le graphe suivant donne l'effort ultime avant effondrement des aciers **Dual Phase** comparés à d'autres nuances à iso épaisseur (1.50 mm), en flexion 3 points. A titre indicatif, le **Dual Phase 980** permet un allègement de l'ordre de 29 % par rapport à un acier Arcelor 04.

FORCE MAXIMALE LORS D'UN CHOC EN FLEXION (EP = 1.5 MM)



EPROUVETTE FLEXION 3 POINTS EN DUAL PHASE 980 APRÈS CRASH À 30KM/H

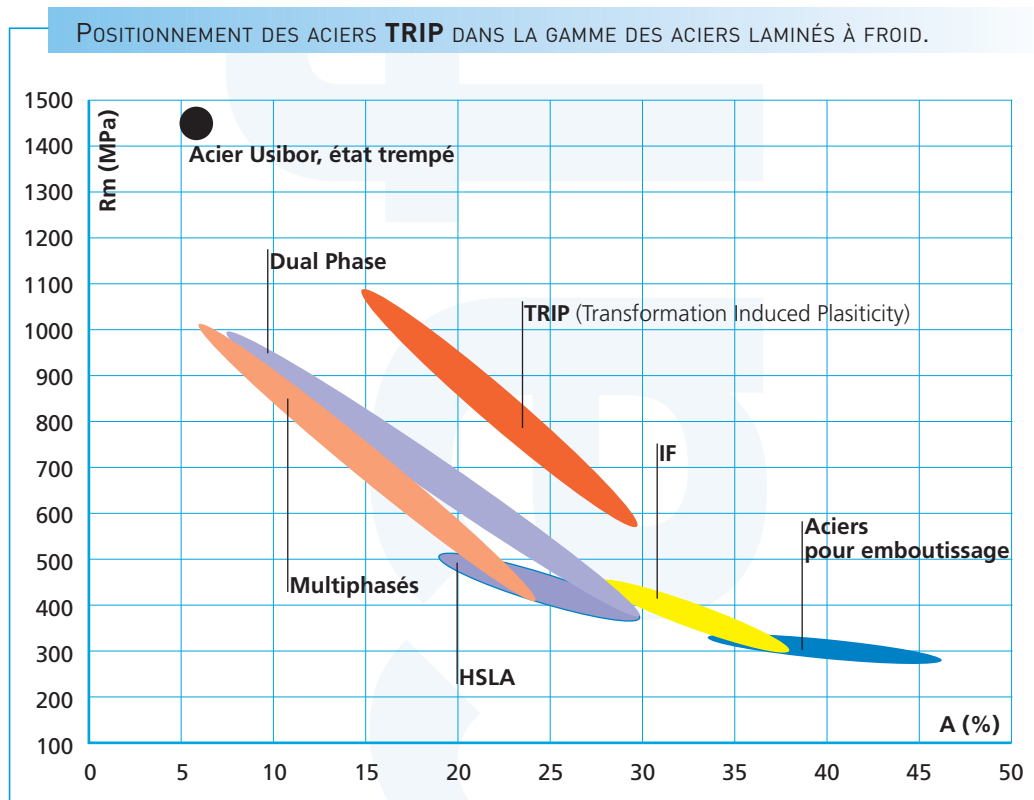
TRIP

Aciers à très haute résistance par effet TRIP ("Transformation induced plasticity")

■ Présentation

Dans l'industrie automobile, l'allègement et le respect des nouvelles normes de crash conduisent à l'utilisation d'aciers présentant des caractéristiques mécaniques les plus élevées possibles tout en conservant une formabilité. Afin de répondre à ces besoins la gamme d'acier **TRIP** a ainsi été développée pour des pièces de structure et de renfort. Les aciers **TRIP** se différencient des aciers courants par un compromis résistance / ductilité améliorée, qui résulte de leur microstructure particulière. Cette microstructure,

composée d'une matrice ferritique ductile dans laquelle se trouvent des îlots de phase bainitique dure et d'austénite résiduelle, permet d'obtenir des allongements plus importants du fait de la transformation de l'austénite en martensite sous l'effet de la déformation plastique (effet **TRIP** : "Transformation induced plasticity"). Cet effet **TRIP** confère à ces aciers un excellent compromis entre résistance et ductilité.



La capacité de consolidation de cet acier est considérable. Cette caractéristique lui assure une bonne aptitude à la répartition des déformations et donc une bonne emboutissabilité, mais aussi des caractéristiques sur pièces, notamment la limite d'élasticité, beaucoup plus élevées que sur le métal à plat. Ce fort potentiel de consolidation et une haute résistance mécanique se traduisent par une bonne capacité d'absorption d'énergie. Ceci prédispose la gamme des **TRIP** aux pièces de structure et de renfort.

En plus de leur forte capacité de consolidation les aciers **TRIP** présentent un effet BH (Bake-Hardening) prononcé après déformation. Cette propriété, qui apparaît après traitement de cuisson peinture, les rend très performants pour l'allègement des pièces de structure et de renfort et accroît encore leur capacité d'absorption d'énergie.

La gamme des aciers **TRIP** est composée de quatre qualités en laminé à froid (590, 690, 780 et 980) et d'une qualité en laminé à chaud (TRIP 780) identifiées par leur niveau minimum de résistance à la traction, exprimé en MPa.

Applications

La gamme d'acier **TRIP** est particulièrement adaptée pour toutes les pièces de structure et de sécurité (structure de sièges, traverse, longeron, renfort de pied milieu, bavolet, renfort de pare-chocs) dans le domaine automobile en raison de sa forte capacité d'absorption d'énergie et de sa bonne résistance à la fatigue.

Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme et aux propriétés d'emploi de la famille **TRIP**. Pour intégrer cet acier dès la conception, une équipe d'experts est en mesure de réaliser des études spécifiques soit à partir de modélisation, soit à partir d'essais de caractérisation.

RENFORT DE PIED MILIEU EN **TRIP 780 EZ** 1.20 mm



Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

Garanties sur tôles nues en sens long, sur éprouvette ISO 20x80

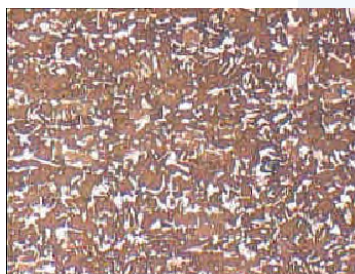
<div>LAMINÉ À FROIDLAMINÉ À CHAUD</div>						
NUANCES	R _e (MPa)	R _m (MPa)	A (%)	A (%)	n	BH ₂ (MPa)
			L ₀ = 80 mm	L ₀ 5.65 √So (mm)		
			e < 3	e ≥ 3		
TRIP 590	380 - 480	590 - 700	≥ 26	-	≥ 0.20	40
TRIP 690	410 - 510	690 - 800	≥ 25	-	≥ 0.19	40
TRIP 780	450 - 550	780 - 900	≥ 23	-	≥ 0.18	40
TRIP 780	≥ 450	780 - 900	≥ 20	≥ 23	≥ 0.14	

LAMINÉ À FROID LAMINÉ À CHAUD

WH₂ + BH₂ typique : 170 MPa

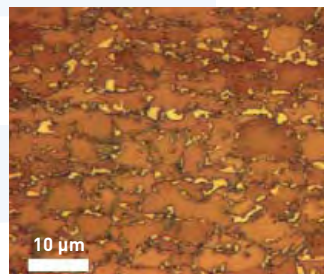
* Allongement uniforme

MICROSTRUCTURE TYPIQUE DU **TRIP 780**
LAMINÉ À FROID
(PROPORTION D'AUSTÉNITE RÉSIDUELLE D'ENVIRON 18 %)



LAMINÉ À FROID

MICROSTRUCTURE TYPIQUE DU **TRIP 690**
GALVANISÉ AU TREMPÉ
(PROPORTION D'AUSTÉNITE RÉSIDUELLE D'ENVIRON 10%)



GALVANISÉ AU TREMPÉ

Composition chimique (%)

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Al+Si MAX
TRIP 590	0,175	2,0	2,0
TRIP 690	0,200	2,0	2,0
TRIP 780	0,250	2,0	2,0
TRIP 780	0,250	2,0	2,0

Revêtements disponibles

■ DISPONIBLE

● EN DÉVELOPPEMENT

NUANCES	Nu	Ez	EXTRAGAL	GALVANNEALED
TRIP 590				■
TRIP 690	■	■	■	
TRIP 780	■	■	●	■
TRIP 780	■		●	

Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

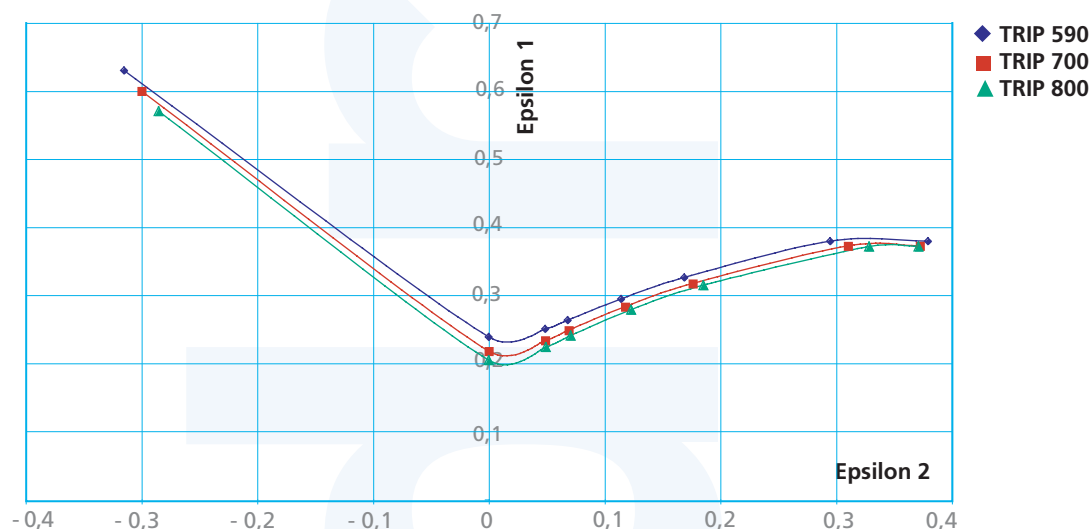
Mise en forme

Les aciers **TRIP** présentent une forte ductilité par rapport à leur niveau de résistance à la traction. Par exemple, le **TRIP 780** laminé à froid présente un allongement réparti comparable à celui d'un Arcelor 04.

Grâce à ses propriétés et à sa forte capacité de consolidation, notamment au début de la déformation, la famille d'acier **TRIP** présente une bonne aptitude à la mise en œuvre par emboutissage.

La figure ci-dessous donne un exemple de courbe limite de formage pour les aciers **TRIP 590, 690, 780** laminés à froid pour une épaisseur de 1.00 mm.

COURBE LIMITE DE FORMAGE DES ACIERS **TRIP 590, 690, 780** (ÉP. = 1.00 mm.)



Nous consulter pour des données relatives à la mise en forme de la gamme des **TRIP**.

Afin d'utiliser au mieux les potentialités des aciers **TRIP**, il convient lors de la conception des pièces de prendre en compte les caractéristiques du métal après mise en forme et non celles sur métal à plat. Schématiquement, la très

bonne emboutissabilité de cette famille d'aciers permet de réaliser des pièces de sécurité et de structure de géométrie simple ou complexe si le retour élastique est pris en compte dès la conception.

Soudabilité

Soudage par points

Les aciers **TRIP** sont soudables avec les procédés classiques moyennant une adaptation des paramètres. Compte tenu de l'augmentation du carbone équivalent, il est nécessaire d'augmenter les efforts et d'adapter les cycles afin d'obtenir

des points de bonne qualité. En soudage homogène **TRIP/TRIP**, le mode de rupture peut être partiellement interfacial. Cette tendance peut être réduite par le choix de paramètres de soudage optimisés.

A titre indicatif, voici un exemple de données de soudage par points sur **TRIP 690 EXTRAGAL** et **TRIP 780 EZ**, sur la base de combinaisons homogènes selon la NFA 87-001 :

LAMINÉ À FROID				
NUANCES	INTENSITÉ MAXI (kA)	DIAMÈTRE BOUTON (mm)	TRACTION PURE (kN)	TRACTION-CISAILLEMENT (kN)
TRIP 780 ÉP = 1.2 mm ELECTROGALVANIZED	7.7	6.7	5	17.2
TRIP 690 ÉP = 1.2 mm EXTRAGAL	8.0	6.5	5	15.5

Soudage à l'arc MAG

Le soudage à l'arc MAG (Metal Active Gas) met en œuvre un fil d'apport fusible sous protection gazeuse active. Il peut être utilisé pour des épaisseurs supérieures à 0.8 mm. La soudabilité en MAG du **TRIP 780** a été évaluée à partir de CMOS (caractérisation de mode opératoire de soudage basée sur la norme EN 288 et EN 25817) sur assemblage bout à bout en 1.5 mm d'épaisseur. L'énergie de soudage utilisée est de l'ordre de 2 kJ/cm.

La composition chimique du **TRIP 780** conduit à un C_{eq} typique relativement élevé de l'ordre de 0.50. Néanmoins aucune précaution particulière n'est à prendre vis-à-vis des risques de fissuration à froid. En effet les faibles épaisseurs mises en œuvre (< 2 mm) minimisent les contraintes de bridage lors du soudage.

La combinaison la mieux appropriée pour le soudage MAG du **TRIP 780** dans la gamme d'épaisseur de l'ordre de 1.5 mm est :

→ Fil d'apport de type G3Si1 selon EN 440

→ Gaz de protection argon + 8 % de CO₂, (M21 selon EN 439).

Les CMOS montrent que le comportement global de la soudure est satisfaisant vis-à-vis des critères de tenue mécanique imposés par les normes :

→ Les pliages sont bons à 120° et fissurent côté envers à 180°

→ Lors des essais de traction toutes les ruptures sont localisées dans le métal de base et ceci même avec le fil G3Si1 grâce à la dilution métal de base métal d'apport.

Soudage laser

Les tests menés en soudage laser n'ont pas signalé de difficultés particulières. Le soudage laser par recouvrement est particulièrement bien adapté aux assemblages **TRIP/TRIP**.

Sur la base d'une longue expérience pour la caractérisation de ces produits en soudage à l'arc et par points.

Arcelor Auto est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout produit de la gamme **TRIP**.

Fatigue

Compte tenu de leur résistance mécanique élevée, les aciers **TRIP** offrent des propriétés de résistance à la fatigue très intéressantes par rapport aux aciers courants. La tenue à la fatigue est encore améliorée par un traitement thermique de

cuisson peinture. La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale).

Le tableau ci-dessous donne les limites d'endurance des aciers **TRIP** mesurées sous sollicitation axiale, avec un rapport de chargement égal à $R_s = -1$ à 2 millions de cycles.

NUANCES		σ_D À 5.10 ⁶ CYCLES (MPa)
		$R_s = -1$
TRIP 690 EXTRAGAL	ÉP = 1.66 mm	346
TRIP 780 EZ	ÉP = 1.48 mm	382
TRIP 780	ÉP = 3 mm	362

Les résultats de fatigue obtenus sur assemblages monopoint sont comparables à ceux obtenus à partir de nuances conventionnelles. Le mode de rupture est classique, par déboutonnage du point.

Résistance au choc

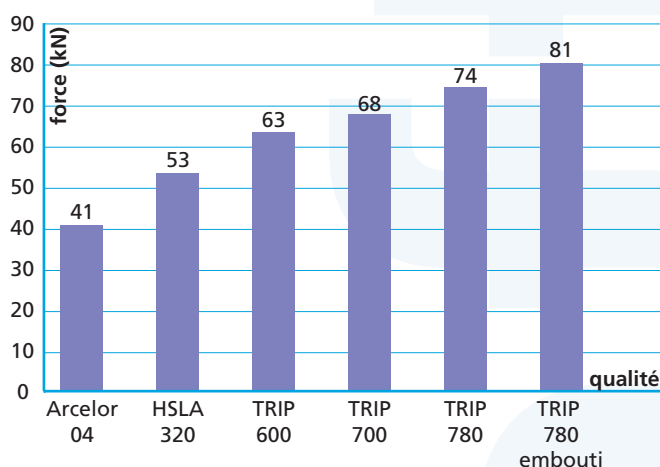
Des essais en compression axiale à grande vitesse (58 km/h) sur structure oméga avec plaque de fermeture soudée par

points ont montré un très bon comportement au choc des aciers **TRIP**.

Le graphe suivant montre pour la gamme **TRIP** le niveau d'énergie absorbée en compression axiale comparé à d'autres nuances à iso épaisseur 1.5 mm) pour 150 mm d'écrasement.

A titre indicatif, sur ce type de pièces, le **TRIP 780** permet un allègement de 21 % par rapport à un acier Arcelor 04.

FORCE MOYENNE D'ÉCRASEMENT (ÉP. = 1.5 mm)
EFFET D'UN EMBOUTISSAGE



EPROUVETTE DE COMPRESSION AXIALE
EN **TRIP 780** AVANT
ET APRÈS ESSAIS DE CHOC À 58 KM/H.



Ces résultats sont obtenus pour des éprouvettes fabriquées par pliage. La consolidation lors de l'emboutissage a un effet très bénéfique sur le potentiel d'absorption d'énergie de cette qualité. Ainsi des essais d'écrasement ont montré un gain de 7 % sur l'énergie absorbée en faveur des pièces embouties par rapport à une solution pliée.

Afin d'utiliser au mieux les potentialités des aciers **TRIP**, il convient lors de la conception des pièces de prendre en compte les caractéristiques du métal après mise en forme (consolidation) et non celles sur métal non déformé.

Multiphase

Aciers à très haute résistance mécanique

■ Présentation

La famille d'acier **Multiphase** vient compléter la gamme des aciers THR (acier à très haute résistance) en tôle à chaud d'**Arcelor**. Ces aciers permettent la réalisation d'éléments de structure mis en forme à froid avec réduction de poids, comme par exemple des renforts de portières et des longerons, de géométrie adaptée aux propriétés de ce type d'acier.

L'intérêt principal de cette famille d'acier est le bon compromis résistance-ductilité, obtenu par des microstructures ferrito-bainitiques très fines (pour le **Multiphase 800**), une structure bainitique durcie par des précipités (pour le **Multiphase 1000 ou 800 HY**), ou une structure martensitique (pour le **Multiphase 1200**).

■ Applications

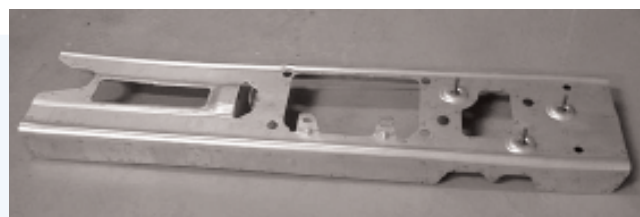
La gamme d'acier **Multiphase**, acier à très haute résistance en tôle à chaud, est disponible à partir d'une épaisseur de 1,6 mm à l'état nu ou revêtu.

Ces nuances sont particulièrement adaptées aux pièces automobiles de sécurité destinées à la résistance aux chocs de par sa limite d'élasticité élevée, sa haute résistance en traction grande vitesse et son haut niveau de résistance en fatigue.

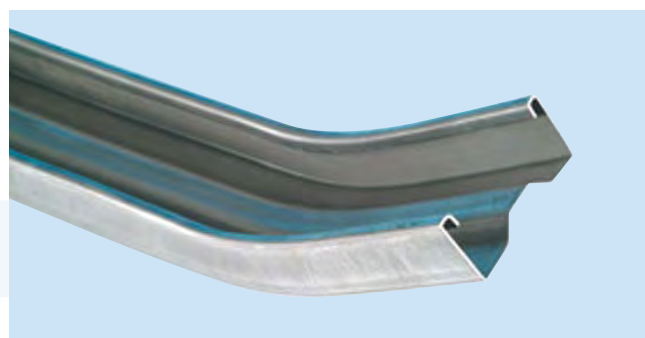
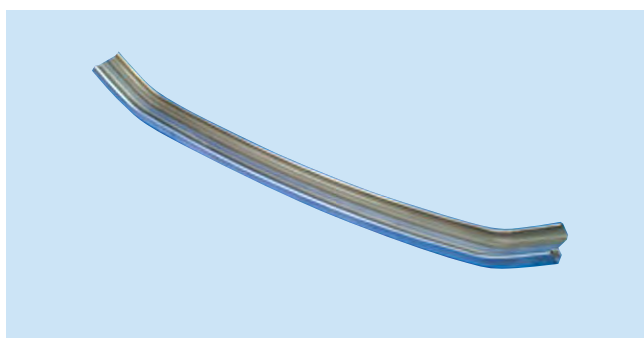
BARRE DE PORTE EN **MULTIPHASE 1000** (ÉP. = 2 mm)



RENFORT PLANCHER EN **MULTIPHASE 800** (ÉP. = 2 mm)



POUTRE PARE-CHOC EN **MULTIPHASE 1000** (OBTENUE PAR PROFILAGE)



Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

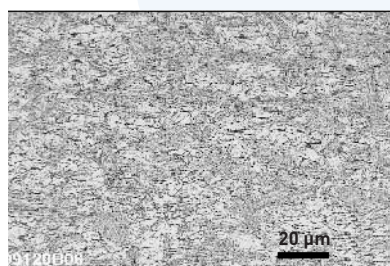
Garanties sur tôles nues en centre bande à la température ambiante, sur éprouvette ISO 20x80

LAMINÉ À CHAUD

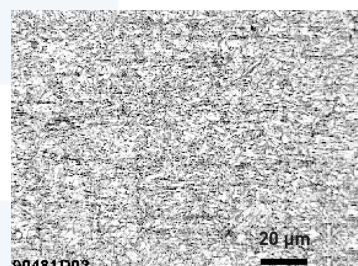
NUANCES	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	DIRECTION
			$L_0 = 80 \text{ mm}$	
			$e < 3 \text{ mm}$	
MULTIPHASE 800	620 - 750	≥ 750	≥ 10	SL
MULTIPHASE 800 HY	680 - 830	≥ 800	≥ 10	ST
MULTIPHASE 1000	800 - 950	≥ 950	≥ 10	SL
MULTIPHASE 1200	900 - 1150	≥ 1200	≥ 5	ST

LES VALEURS DE R_e SONT DONNÉES À L'ÉTAT DÉCAPÉ.

MICROSTRUCTURE DU MULTIPHASE 800



MICROSTRUCTURE DU MULTIPHASE 1000



Composition chimique (%)

LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
MULTIPHASE 800	0,250	1,40	0,40
MULTIPHASE 800 HY	0,100	1,60	0,25
MULTIPHASE 1000	0,135	1,60	0,25
MULTIPHASE 1200	0,200	1,50	0,25

Revêtements et états de surface disponibles

■ DISPONIBLE

● EN DÉVELOPPEMENT

LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	NU	EXTRAGAL
MULTIPHASE 800	■	■
MULTIPHASE 800 HY	■	■
MULTIPHASE 1000	●	■
MULTIPHASE 1200	■	

■ Nous consulter pour les produits en développement.

Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

Cette famille d'acier présente de bonnes caractéristiques de formage pour son niveau de résistance.

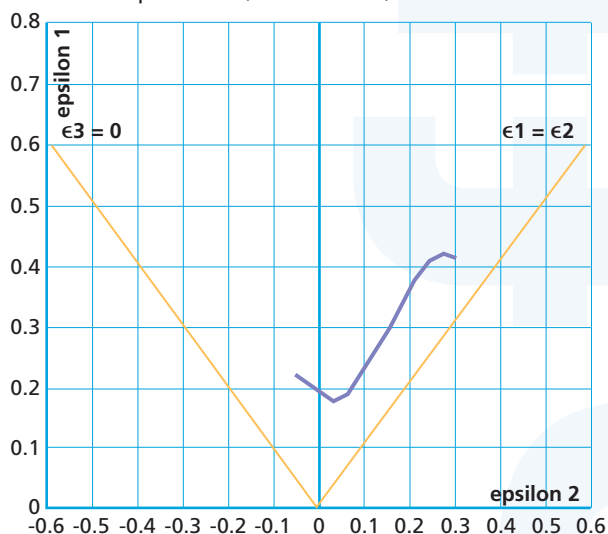
L'utilisation des courbes limites de formage permet de définir les limites dans lesquelles un matériau peut être déformé

sans striction selon différents chemins de déformation.

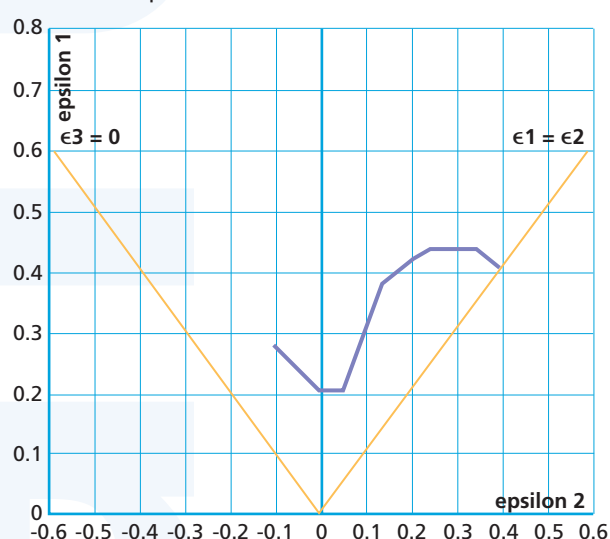
La formabilité du **Multiphase 1000** est proche de celle du **Multiphase 800** malgré l'augmentation de la résistance à la rupture.

COURBES LIMITES DE FORMAGE EXPÉRIMENTALES

Multiphase 800 (ÉP. = 2.04 mm).



Multiphase 1000 (ÉP. = 1.71 mm)



■ Nous consulter pour d'autres données relatives à la mise en forme de la gamme des **Multiphase** pour des épaisseurs et des revêtements particuliers.

Soudabilité

Aptitude au soudage par points

La gamme d'acier **Multiphase** possède une très bonne soudabilité par points. Le domaine de soudabilité, obtenu

pour les conditions de soudage préconisées par la norme NFA87-001, est étendu.

■ Exemple de données paramétriques de soudage par points obtenues selon la norme NFA 87-001 pour le **Multiphase 1000** :

NUANCES	DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
MULTIPHASE 1000 ÉP = 2 mm	3

■ LAMINÉ À CHAUD

Aucune rupture partielle de bouton n'a été observée. En haut de domaine de soudabilité, les points soudés ont des

charges à la rupture typique de 2100 daN en traction pure et de l'ordre de 4800 daN en traction cisaillement.

Aptitude au soudage laser

Les tests menés en soudage laser n'ont pas signalé de difficultés particulières.

Arcelor Auto est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout produit de la gamme **Multiphase**.

Fatigue

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale). La limite d'endurance en traction ondulée par la méthode de l'escalier est de 629 MPa à $2 \cdot 10^6$ cycles pour le **Multiphase 800** et de 733 MPa à $2 \cdot 10^6$ cycles pour le **Multiphase 1000**.

Les résultats en fatigue pour le **Multiphase 800** sont très bons pour un acier présentant ces caractéristiques mécaniques.

Les résultats pour le **Multiphase 1000** sont exceptionnels. Cela représente un gain de plus de 16 % par rapport au **Multiphase 800**.

Arcelor Auto est en mesure de mettre à disposition une base de données complètes des performances en fatigue et en choc des aciers de la gamme **Multiphase**.



Ferrite - Bainite

Aciers laminés à chaud à haute résistance

■ Présentation

Cette gamme d'aciers laminés à chaud à haute résistance a été mise au point pour répondre aux besoins d'allègement. Elle comprend 4 niveaux de résistance : **FB 450, 540, 560** et **590**. Cette gamme complète celle des aciers microalliés HSLA par des produits à haute résistance à la traction (R_m)

avec d'excellentes aptitudes à la déformation et au poinçonnage (relevés de collets). La microstructure de ces aciers, composée de ferrite et de bainite, leur confère une gamme de résistance à la traction garantie R_m allant de 450 à 590 MPa.

■ Applications

Ces aciers sont généralement emboutis à froid.

Les principales applications sont :

→ Les pièces de structure (longerons, traverses, éléments de châssis et de liaison au sol)

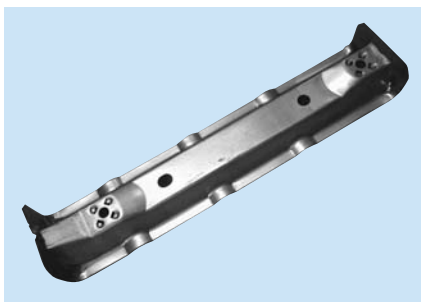
→ Les roues

→ Les pièces de mécanique (éléments de liaison au sol, boîtes de vitesse...)

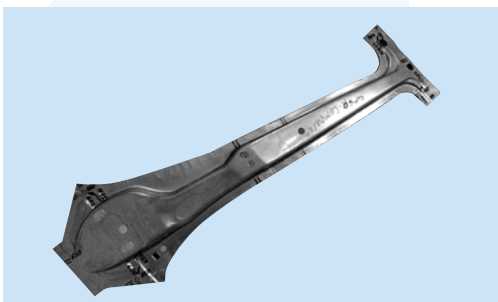
Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme et aux propriétés d'emploi de toute la gamme d'acier des **FB**.

Pour intégrer cet acier dès la conception, une équipe d'experts est en mesure de réaliser des études spécifiques soit à partir de modélisation, soit à partir d'essais de caractérisation...

TRAVERSE SOUS SIÈGES AV ET AR
FB 560 GALVANISÉ (ÉP. = 1.8 mm)



RENFORT DE PIED
FB 560 GALVANISÉ (ÉP. = 1.8 mm)



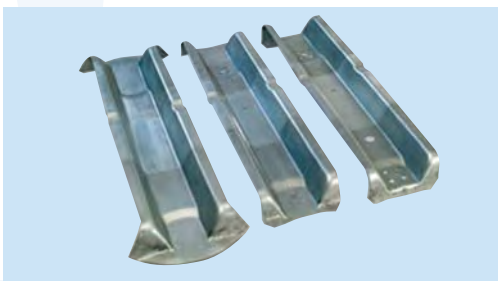
ROUE EN FB 590



BRAS DE SUSPENSION FB 560



TRAVERSE SOUS SIÈGE FB 560



■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

Garanties sur tôles nues en sens long, sur éprouvette ISO 20x80 (épaisseurs < 3 mm)

LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	R _e (MPa)	R _m (MPa)	A (%)		Direction
			L ₀ = 80 mm		
			e < 3	e ≥ 3	
FB 450	320 - 380	450 - 510	≥ 29	≥ 33	SL
FB 540	400 - 485	540 - 610	≥ 18	≥ 25	SL
FB 560	450 - 530	560 - 640	≥ 17	≥ 22	SL
FB 590*	480 - 600	590 - 670	≥ 20	≥ 22	ST
FB 590 HHE*	450 - 600	≥ 590	≥ 18 (Jis 25/50)		ST

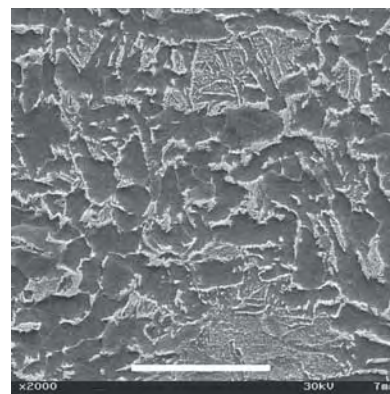
*FB 590 HHE: nous recommandons l'usage de cette variante pour les pièces nécessitant une expansion de trou élevée.

Composition chimique (%)

LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
FB 450	0,170	0,80	0,05
FB 540	0,170	1,50	0,11
FB 560	0,100	1,60	0,15
FB 590	0,100	1,60	0,15
FB 590 HHE	0,500	2,00	0,80

MICROSTRUCTURE
FERRITIQUE/BAINITIQUE DU FB 540



Revêtements disponibles

■ DISPONIBLE

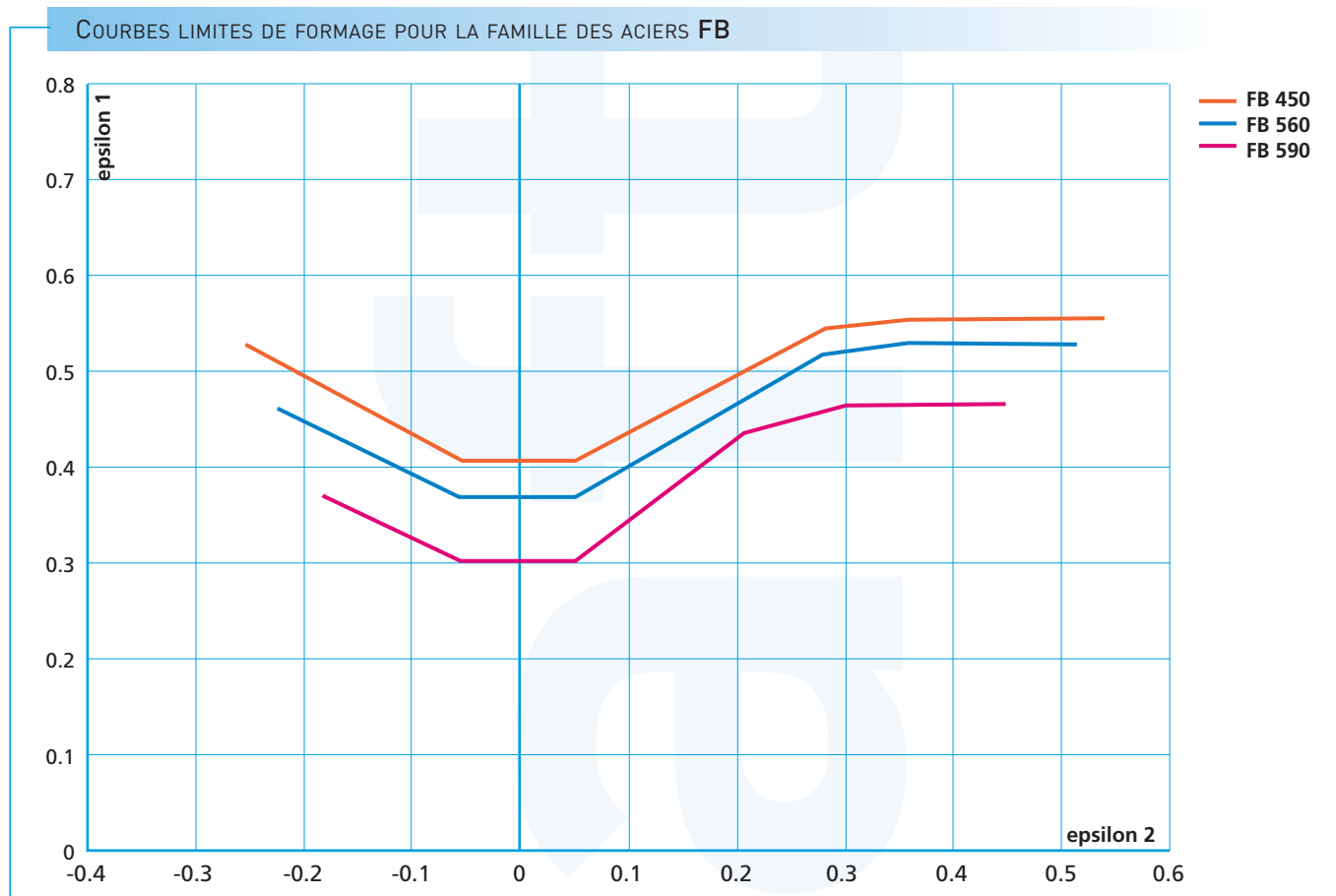
LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	Nu	EXTRAGAL
FB 450	■	■
FB 540	■	■
FB 560	■	■
FB 590	■	■
FB 590 HHE	■	■

Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

La figure ci-dessous donne les courbes limite de formage critique calculées pour les aciers de la famille **FB** pour une épaisseur de 2.5 mm.



Nous consulter pour d'autres données relatives à la mise en forme de la gamme des **FB** pour des épaisseurs et des revêtements particuliers.

Soudabilité

Exemples de données de soudage par résistance par points obtenus selon la méthode NFA 87 001 pour des produits de la gamme **FB** avec différentes épaisseurs, à l'état nu ou revêtu. Ces aciers sont soudables à l'arc.

NUANCES	DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
FB 450 ÉP = 2.0 mm EXTRAGAL	2.6
FB 590 ÉP = 2.5 mm nu	4.3

LAMINÉ À CHAUD

Voici à titre indicatif quelques paramètres de soudage utilisés en soudage MAG :

- Métal d'apport : fil type GS2
- Gaz de protection : ATAL 5 ou ATAL 18
- Vitesse de soudage : 80 cm/min.

Arcelor Auto est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout autre produit de la gamme **FB**.

Fatigue

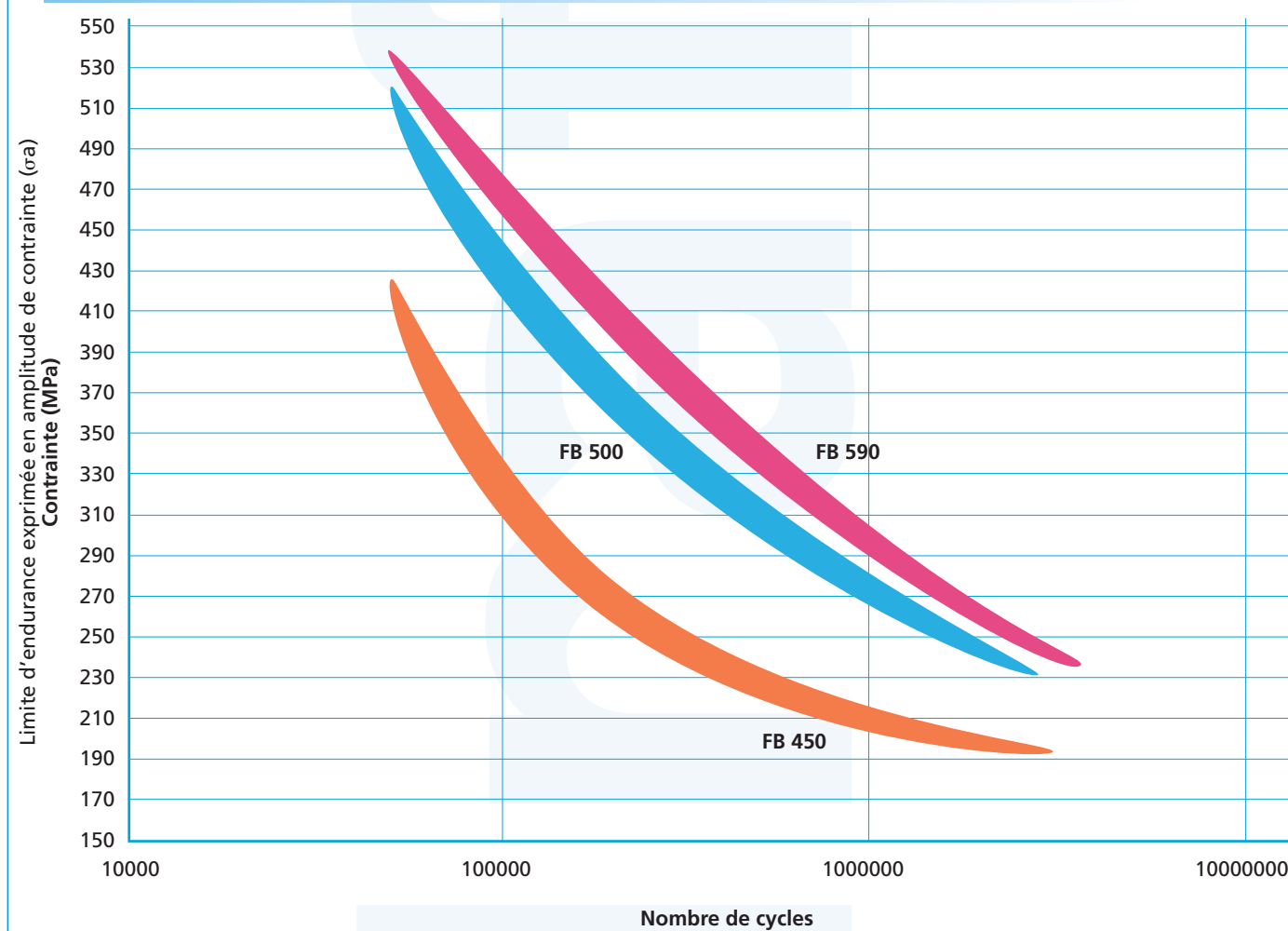
Compte tenu de leur résistance mécanique élevée et leur microstructure, les aciers **FB** offrent des propriétés de résistance à la fatigue intéressantes par rapport aux aciers microalliés **HSLA**.

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale). Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de limite d'endurance en traction alternée avec un rapport de charge de $R_g = 0,1$:

LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	LIMITE D'ENDURANCE À 2.10 ⁶ CYCLES (MPa)	LIMITE D'ENDURANCE À 2.10 ⁶ CYCLES (MPa)
	en amplitude de contrainte	en contrainte maximale
FB 450 ÉP = 2.5 mm	193	429
FB 560 ÉP = 2.5 mm	236	524
FB 590 ÉP = 3.1 mm	245	544

COURBES DE WOHLER DES ACIERS DE LA GAMME FB



Arcelor Auto est en mesure de mettre à disposition une base de données complètes des performances en fatigue des aciers de la gamme **FB**.



Usibor 1500 P

Acier prérevêtu Al-Si au Manganèse-Bore pour emboutissage à chaud

■ Présentation

L'acier **Usibor 1500 P**, par ses caractéristiques mécaniques très élevées après emboutissage à chaud, se positionne dans la gamme des aciers développés pour répondre aux exigences d'allègement des véhicules. L'**Usibor 1500 P** est un acier destiné aux pièces de structures et de sécurité pour l'automobile. Il est conçu pour être traité thermiquement puis trempé pendant l'opération d'emboutissage à chaud. Les caractéristiques mécaniques finales obtenues sur pièces permettent un allègement très significatif (jusqu'à 50 % par rapport à un acier à haute limite d'élasticité standard). Sa très haute limite d'élasticité après traitement thermique d'emboutissage à chaud le destine aux **fonctions anti-intrusion du véhicule** (poutre de pare-chocs, renforts de porte, pied milieu, montant de baie...). Son élaboration et son traitement thermo-mécanique lors du laminage à chaud lui confèrent une excellente trempabilité ainsi qu'une bonne homogénéité structurale, propice à un bon comportement sous sollicitations mécaniques.

L'**Usibor 1500 P** est pré-revêtu avec un revêtement à base d'aluminium et de silicium et a été développé afin de protéger le métal de l'oxydation (calamine) et de la décarburation lors de l'emboutissage à chaud. Ce pré-revêtement appliqué en continu sur les coils résiste parfaitement au traitement thermique d'emboutissage à chaud ; il permet d'accroître sa tenue

à la corrosion après peinture des pièces obtenues par cette technique de mise en forme et permet ainsi d'éviter un post-traitement de protection contre la corrosion. Les avantages principaux de l'**Usibor 1500 P** sont :

- Séparation des fonctions de mise en forme et des propriétés d'emploi
- Formabilité à chaud importante et absence totale de retour élastique
- Résistance exceptionnelle à la fatigue et aux chocs permettant d'envisager d'importantes diminutions d'épaisseur et en conséquence de la masse
- Suppression de l'étape de grenaillage (pas de calamine) qui est nécessaire avec les aciers conventionnels non revêtus pour emboutissage à chaud
- Plus grande tolérance géométrique des pièces finies (pas de grenaillage, donc pas de déformation)
- Excellente résistance à la corrosion des pièces finies
- Absence de décarburation
- Simplification du process et gains économiques (pas de grenaillage, pas d'atmosphères inertes spécifiques dans les fours)

■ Deux fiches de sécurité sont disponibles. Une pour le produit à la livraison, une pour le produit après traitement thermique. Il n'y a pas de précaution particulière propre à cet acier.

■ Applications

L'**Usibor 1500 P** est particulièrement adapté pour toutes les pièces de structure pour l'automobile, en particulier pour les pièces de sécurité de par sa très grande résistance aux chocs et à la fatigue.

La plupart des applications actuelles sont centrées sur des pièces anti-intrusion (habitacle ou moteur) :

- Poutres de pare-chocs avant/arrière
- Renforts de portière
- Renfort de montant de baie
- Renfort de pied milieu
- Renforts de planchers et de toits

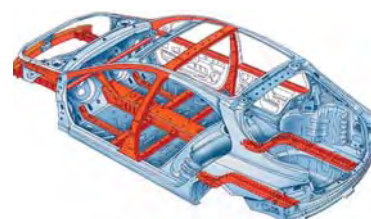
POUTRES DE PARE-CHOC (ÉP. = 1 à 2 mm)



RENFORT DE MONTANT DE BAIE (ÉP. = 1 à 2 mm)



AUTRES PIÈCES EN USIBOR 1500 P : PIÈCES DE STRUCTURES ET PIÈCES DE SÉCURITÉ (ÉP. = 0.8 à 3 mm)



Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme et aux propriétés d'emploi de l'acier **Usibor 1500 P**. Pour intégrer cet acier dès la conception,

une équipe d'experts est en mesure de réaliser des études spécifiques soit à partir de modélisation, soit à partir d'essais de caractérisation.

■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

À L'ÉTAT DE LIVRAISON, AVANT EMBOUTISSAGE À CHAUD

NUANCES	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A (%)
			$L_0 = 80$ mm
			$e < 3$ mm
USIBOR 1500 P	370 - 490	> 550	≥ 10

APRÈS EMBOUTISSAGE À CHAUD TYPIQUE (VALEURS TYPIQUES*)

NUANCES	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A (%)
			$L_0 = 80$ mm
			$e < 3$ mm
USIBOR 1500 P	1100	1500	≥ 6

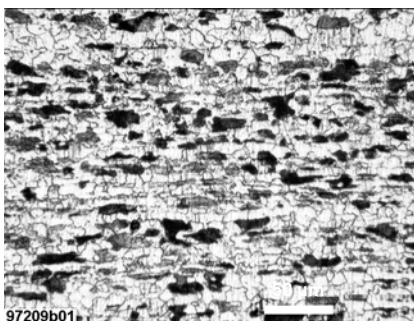
* Traitement thermique du type 900°C - 950°C pendant 5 à 10 minutes suivi d'une trempe entre outils d'emboutissage parfaitement refroidis (vitesse de refroidissement > 30°C/sec)

Les ajouts de Carbone, de Manganèse, de Chrome et de Bore permettent d'avoir une bonne trempabilité entre outils d'emboutissage à chaud après austénitisation dans les fours. Lors d'une trempe à l'eau les propriétés mécaniques seront sensiblement plus élevées (environ 100 à 150 MPa en plus).

Avant traitement thermique d'emboutissage à chaud, l'**Usibor 1500 P** montre une répartition homogène de perlite ainsi qu'une matrice ferritique à grains équiaxes. Le revêtement, d'environ 25 μ m est composé d'une couche de diffusion alliée Fe-Al-Si et d'une couche d'aluminium-silicium.

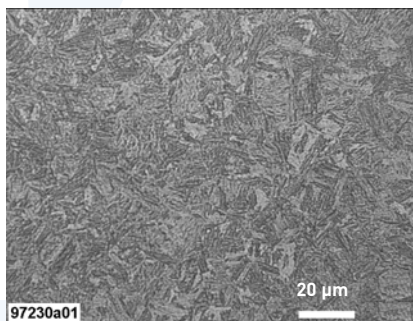
Après traitement thermique et trempe, la structure métallurgique est 100 % martensitique. Le revêtement Al-Si, quant à lui, s'est transformé dans le four en une couche alliée Al-Fe-Si, protectrice et parfaitement adhérente.

STRUCTURE MÉTALLURGIQUE AVANT TRAITEMENT THERMIQUE D'EMBOUTISSAGE À CHAUD (ÉTAT À LIVRAISON).
ASPECT DU REVÊTEMENT AVANT EMBOUTISSAGE À CHAUD.



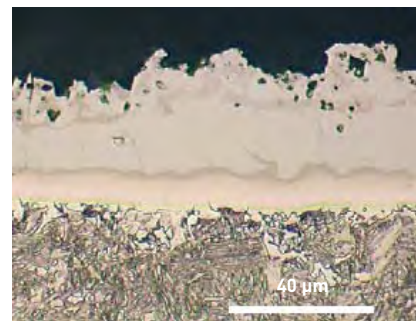
STRUCTURE MÉTALLURGIQUE MARTENSITIQUE APRÈS TRAITEMENT THERMIQUE D'EMBOUTISSAGE À CHAUD (EX : AUSTÉNITISATION À 900°C PENDANT 5 MINUTES SUIVIE D'UNE TREMPE À L'EAU OU ENTRE OUTILS D'EMBOUTISSAGE).

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE.



ASPECT DU REVÊTEMENT APRÈS EMBOUTISSAGE À CHAUD.

MICROSCOPIE OPTIQUE



La composition chimique et la microstructure de l'**Usibor 1500 P** sont optimisées pour faciliter l'obtention d'une structure martensitique homogène pour une grande plage de vitesse de refroidissement ce qui donne à l'intégralité de la pièce de très hautes caractéristiques mécaniques avec une grande régularité.

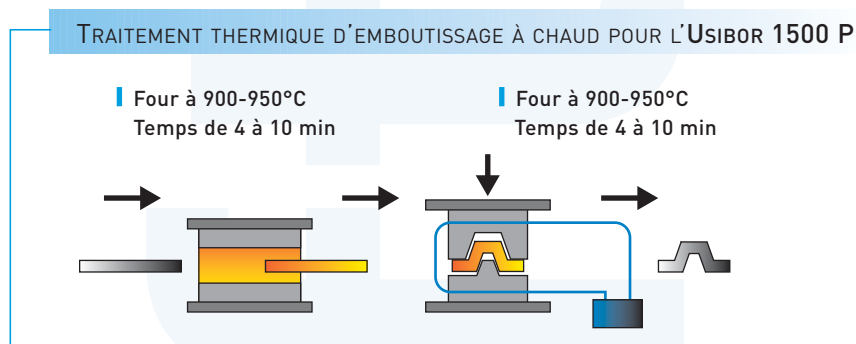
Le revêtement Al-Si de l'**Usibor 1500 P**, quant à lui, a été optimisé afin de résister au traitement thermique, à l'opération d'emboutissage à chaud, d'éviter tout phénomène d'oxydation et de formation de calamines.

Traitement thermique d'emboutissage à chaud

L'**Usibor 1500 P** a été développé spécialement pour un procédé direct d'emboutissage à chaud : austénitisation des flans dans des fours de traitement thermique, emboutissage de ces flans chauds sur presse, trempe martensitique dans les

outils d'emboutissage qui sont refroidis par des circulations d'eau. Toutes les déformations se font "à chaud". Nous déconseillons les pré-déformations à froid avant le traitement thermique d'austénitisation.

■ Nous consulter pour toutes données et conseils relatifs à l'emboutissage à chaud de l'**Usibor 1500 P**



Traitements de surface

Après emboutissage à chaud et trempe, la surface des pièces en **Usibor 1500 P** est prête à être peinte directement. Il n'y a strictement aucune calamine de surface et la couche alliée Al-Fe-Si obtenue après traitement thermique est parfaitement adhérente au substrat. Cette couche assure une bonne protection contre la corrosion généralisée.

Les pièces en **Usibor 1500 P** peuvent être peintes par cathorèse ou par tout autre système de peinture organique.

La surface de l'**Usibor 1500 P** après emboutissage à chaud n'est pas modifiée par le passage dans les bains de phosphatation. Elle ne pollue pas les bains par une dissolution d'Al.

Enfin les pièces en **Usibor 1500 P** embouties à chaud acceptent la plupart des colles, y compris les colles structurales.

■ Nous consulter pour toute donnée et conseil relatifs aux traitements de surface de l'**Usibor 1500 P** après emboutissage à chaud.

Soudabilité

L'**Usibor 1500 P** présente une excellente soudabilité par points, aussi bien pour des assemblages homogènes qu'hétérogènes, aussi bien à 50 Hz qu'à 1000 Hz.

Les domaines de soudabilité sont larges et les tenues mécaniques des assemblages (traction, cisaillement) sont conformes aux exigences des constructeurs automobiles et aux normes. Grâce à la nature de la couche alliée obtenue après emboutissage à chaud, la durée de vie des électrodes

de soudage est considérée comme exceptionnelle (plusieurs milliers de points sans dégradation) par rapport aux revêtements métalliques conventionnels. Le soudage MAG, le soudage MIG, le brasage peuvent être employés sans problème.

Sur la base d'une longue expérience pour la caractérisation de ces produits en soudage par points et en soudage à l'arc.

■ **Arcelor Auto** est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage.

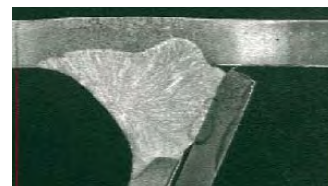
Soudage homogène USIBOR + USIBOR



Soudage hétérogène triple-épaisseurs avec acier multiphasé.



Soudage MAG



Fatigue

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale).

Usibor 1500 P présente d'excellentes propriétés en fatigue,

meilleures que celles obtenues sur aciers pour emboutissage à chaud nu (sans revêtement), qui présentent une surface décarburée défavorable aux propriétés en fatigue.

■ Ci-dessous les limites d'endurance, exprimées en MPa, après deux millions de cycles, pour un test de fatigue en traction uniaxiale ondulée pour $R = 0.1$ et $R = -1$.

NUANCES	σ_D À 2.10 ⁶ CYCLES (MPa)	
	R = 0.1	R = -1
USIBOR 1500 P	727	475
"22MnB5" STANDARD Nu (SANS PRÉ-REVÊTEMENT)		
SURFACE DÉCARBURÉE APRÈS EMBOUTISSAGE À CHAUD D'ENVIRON 30 μm	617	305

Ces essais ont été réalisés sur des éprouvettes d'épaisseur 1,5 mm. Cet exemple, montre une fois de plus, les

gains potentiels d'allègement que l'on peut obtenir avec l'acier **Usibor 1500 P**.

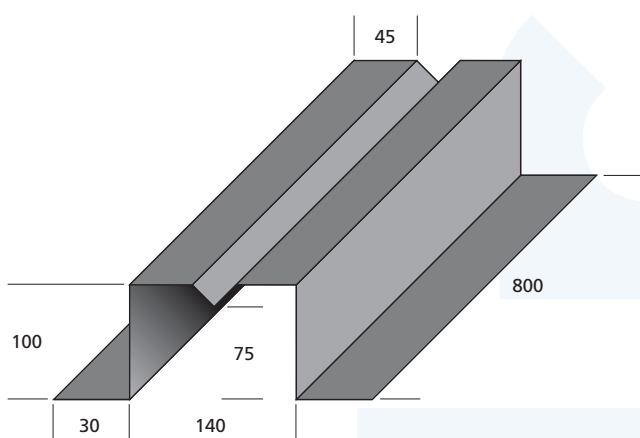
Résistance au choc

Le domaine de prédilection de l'**Usibor 1500 P** est la résistance au choc. De nombreuses données sont disponibles pour montrer l'exceptionnelle résistance aux chocs et les propriétés anti-intrusions de l'**Usibor 1500 P**.

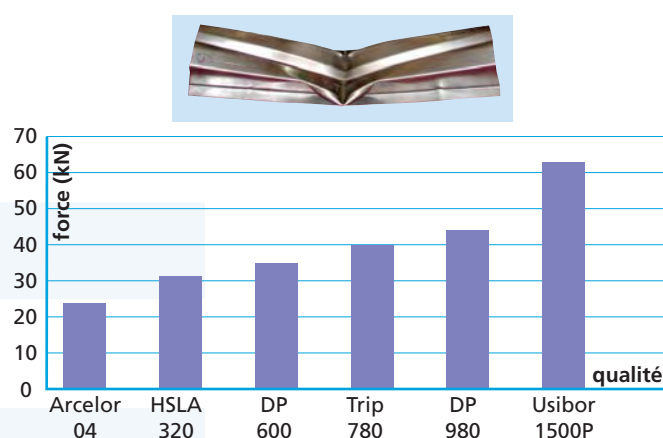
Grâce à l'utilisation de l'**Usibor 1500 P**, il est possible de diviser par 2 l'épaisseur nécessaire pour atteindre des performances similaires à celles obtenues avec des aciers courants pour emboutissage.

■ L'exemple ci-dessous présente les résultats d'un essai de "flexion trois points dynamiques" à 29 km/h, pour une énergie de 10 kJ. Sont exprimés les efforts maximums enregistrés lors de cet essai réalisé sur des éprouvettes ayant une section du type oméga et des épaisseurs de 1.5 mm. Cet exemple illustre le potentiel d'allègement apporté par l'**Usibor 1500 P** par rapport à d'autres aciers plus conventionnels.

FORME DES ÉPROUVETTES UTILISÉES
POUR L'ESSAI DE FLEXION 3 POINTS DYNAMIQUE



EFFORTS ULTIMES MESURÉS LORS D'UN ESSAI
DYNAMIQUE À 29 KM/H (10 kJ) ÉP. = 1.5 mm





HSLA

Aciers microalliés pour formage à froid

■ Présentation

Pour les aciers de la gamme **HSLA**, le durcissement obtenu par précipitation et affinement de la taille de grains permet d'atteindre de hauts niveaux de résistance tout en limitant les teneurs en éléments d'alliage. Ceci est favorable aux propriétés fonctionnelles telles que soudabilité, choix de revêtement. En effet, ces aciers ne présentent ni adoucissement des zones soudées, ni grossissement de grains.

Ces produits sont particulièrement destinés aux pièces intérieures de structure : liaisons au sol, pièces de châssis et de renfort...

Ils présentent chacun, pour leur niveau de limite élastique, d'excellentes propriétés de formage à froid et de résistance à la rupture fragile à basse température (à partir du grade 320).

L'ensemble de la gamme des aciers **HSLA** se caractérise par une bonne tenue en fatigue (bras de suspension, coupelle d'amortisseur) et une bonne résistance au choc (longerons, traverses, renforts...).

Leurs caractéristiques mécaniques permettent ainsi l'allègement des pièces de renfort et des pièces de structure.

La gamme des aciers **HSLA** est disponible en laminé à chaud et en laminé à froid. Les différents grades sont identifiés par leur niveau de limite d'élasticité.

Les nuances **HSLA** laminées à chaud sont aptes à la galvanisation au trempé de classe 1 selon la norme EN 36503.

■ Applications

Les aciers de la gamme **HSLA** sont destinés aux pièces intérieures de structure : liaisons au sol, renforts, traverses, longerons, pièces de châssis...

En particulier, les caractéristiques mécaniques de la gamme laminé à chaud, ses excellentes performances au formage à froid ainsi que sa résistance à la rupture fragile à basse température, permettent de trouver des solutions écono-

miques pour de nombreuses pièces et sous ensembles qui nécessitent des réductions de poids, d'épaisseurs et d'encombrement tels que :

- Châssis ;
- Roues ;
- Glissières de siège ;
- Traverses.

TRAVERSE ARRIÈRE EN **HSLA 280** REVÊTUE EXTRAGAL.



ARMATURE AVANT EN DUALPHASE 800.
ABSORBEUR EN **HSLA 280**.



■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

Garantie sur tôle nue selon sens travers de laminage.

■ LAMINÉ À FROID ■ LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	R_e (MPa)*	R_m (MPa)	A (%)	
			$L_0 = 80 \text{ mm}$	$L_0 = 5.65 \sqrt{S_0} \text{ (mm)}$
			$e < 3 \text{ mm}$	$e \geq 3 \text{ mm}$
HSLA 200	220 - 330	340 - 420	≥ 28	-
HSLA 240	260 - 320	350 - 410	≥ 28	-
HSLA 280	300 - 360	390 - 450	≥ 26	-
HSLA 320	340 - 400	420 - 490	≥ 23	-
HSLA 360	380 - 450	460 - 530	≥ 20	-
HSLA 400	420 - 520	470 - 590	≥ 17	-

Garantie sur tôle nue selon sens long de laminage.

HSLA 280	280 - 340	370 - 420	≥ 26	≥ 29
HSLA 320	325 - 385	410 - 475	≥ 24	≥ 28
HSLA 360	360 - 435	450 - 520	≥ 23	≥ 27
HSLA 420	420 - 500	490 - 570	≥ 19	≥ 23
HSLA 460	460 - 550	550 - 650	≥ 17	≥ 21
HSLA 500	500 - 590	570 - 670	≥ 15	≥ 19

*Les aciers **HSLA** pouvant présenter des phénomènes de palier lors de la transition entre le domaine élastique et le domaine plastique, il est convenu de ne prendre en compte que le niveau inférieur (R_{eL}) des variations de R_e dans la zone du palier.

MICROSTRUCTURE D'UN ACIER HSLA 320



LAMINÉ À FROID

Composition chimique (%)

■ LAMINÉ À FROID ■ LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
HSLA 200	0,080	0,50	0,04
HSLA 240	0,080	0,50	0,04
HSLA 280	0,080	0,50	0,04
HSLA 320	0,080	0,50	0,04
HSLA 360	0,080	0,90	0,35
HSLA 400	0,140	1,60	0,40
HSLA 280	0,080	0,50	0,03
HSLA 320	0,080	0,50	0,03
HSLA 360	0,080	0,60	0,03
HSLA 420	0,080	0,60	0,03
HSLA 460	0,120	1,60	0,40
HSLA 500	0,090	1,50	0,03

Revêtements disponibles

■ DISPONIBLE

■ LAMINÉ À FROID ■ LAMINÉ À CHAUD

NUANCES	Nu	EZ	EXTRAGAL/GALFAN	GALVANNEALED
HSLA200			■	
HSLA240	■	■	■	■
HSLA280	■	■	■	■
HSLA320	■	■	■	■
HSLA360	■	■	■	■
HSLA400	■	■	■	■
HSLA280			■	
HSLA320	■	■	■	
HSLA360	■	■	■	
HSLA420	■			
HSLA460	■		■	
HSLA500	■			

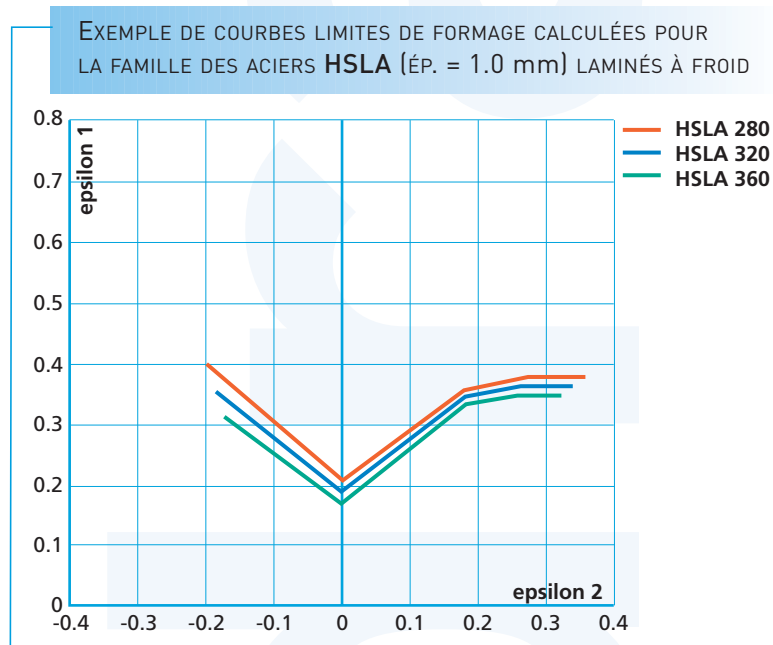
■ Nous consulter pour la disponibilité des produits dans les zones en blanc.

Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

La nuance **HSLA 200** a une emboutissabilité équivalente de celle d'un acier doux. L'emboutissabilité diminue progressivement avec l'augmentation du grade.

L'utilisation des courbes limites de formage permet de définir les limites dans lesquelles un matériau peut être déformé sans striction selon différents chemins de déformation.



■ Nous consulter pour d'autres données relatives à la mise en forme de la gamme des **HSLA** pour des épaisseurs et des revêtements particuliers.

Soudabilité

Caractérisés selon la méthode NFA 87 001.

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
HSLA 280 ÉP = 2.0 mm EXTRAGAL	3.5
HSLA 320 ÉP = 1.0 mm EXTRAGAL	1.1

Laminé à froid

Les aciers **HSLA** possèdent une bonne aptitude au soudage quel que soit le procédé de soudage.

Sur la base d'une longue expérience pour la caractérisation de ses produits en soudage par points et en soudage à l'arc,

Arcelor Auto est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout autre produit de la gamme **HSLA**.

Fatigue

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale).

Voici quelques exemples de limites d'endurance à 5 millions de cycles mesurées en traction alternée avec un rapport de charge de $R_s = 0.1$ pour deux nuances laminé à froid :

■ LAMINÉ À FROID

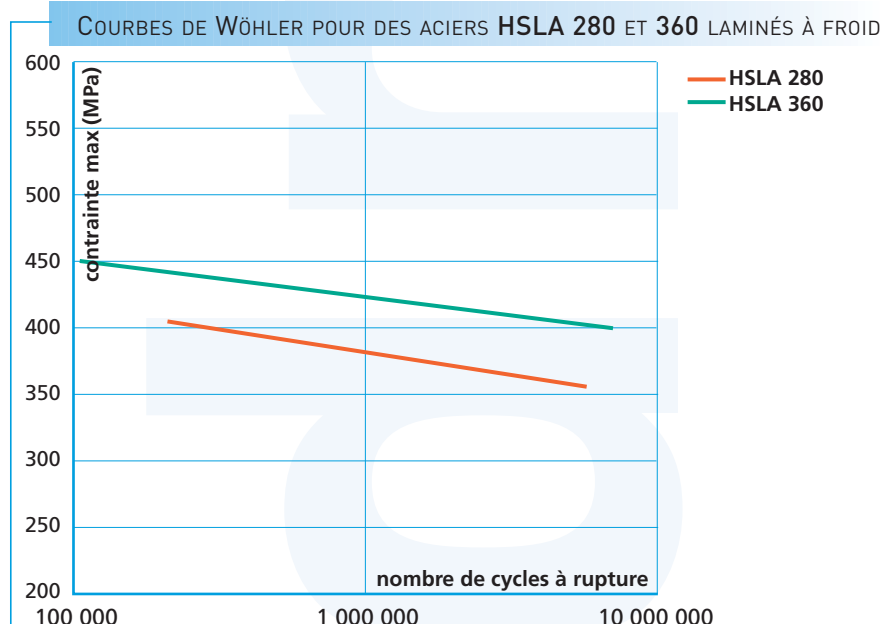
NUANCES	LIMITE D'ENDURANCE À 5.10 ⁶ CYCLES (MPa)
HSLA 280 ÉP = 1.0 mm NU	362
HSLA 320 ÉP = 0.8 mm NU	403

Laminé à froid

Vue leur limite d'endurance élevée, ces aciers présentent un grand intérêt pour les structures travaillant en fatigue. Pour retrouver les limites d'endurance du métal de base au voisinage des soudures, il y a lieu d'effectuer, dans les zones très sollicitées de manière cyclique, des traitements de parachèvement tels que fusion TIG, martelage, grenailage ou meulage au pied des cordons de soudure.

Les grades laminés à chaud, généralement utilisés pour des applications en fatigue ou soumis à des traitements de redressage/détensionnement sont les grades supérieurs au **HSLA 420**, dans des épaisseurs supérieures à 6 mm.

Ces aciers ne peuvent être portés à une température supérieure à 700°C sans risque de modifier les caractéristiques mécaniques obtenues par leur traitement thermo-mécanique.



Arcelor Auto est en mesure de mettre à disposition une base de données complètes des performances en fatigue des aciers de la gamme **HSLA**.

Bake Hardening

■ Présentation

Ces aciers sont élaborés et traités de manière à obtenir une augmentation significative de la limite d'élasticité lors d'un traitement thermique à basse température (cuisson de la peinture en particulier).

Ainsi, les aciers **Arcelor** à **Bake Hardening** permettent d'atteindre des niveaux de résistance plus élevés sur pièces finies tout en conservant des performances favorables pour la mise en forme. Le gain apporté par le traitement de cuisson appelé "effet **Bake Hardening**" (BH) est généralement supérieur à 40 MPa. Grâce à cet effet BH, les aciers **Arcelor** à **Bake Hardening** offrent deux types d'avantages par rapport à une qualité d'emboutissage classique :

→ Amélioration de la tenue à l'indentation sur toutes pièces finies, même pour les faibles taux de déformation (capot pavillon, portes, ailes).

→ Potentiel d'allègement important pour une résistance à l'indentation donnée (compensation de la diminution d'épaisseur par l'augmentation de limite d'élasticité lors du traitement thermique).

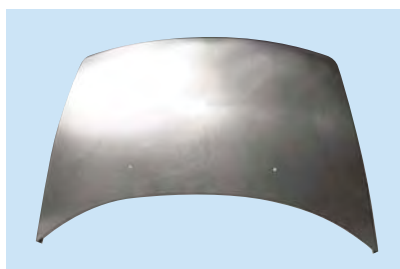
Les aciers BH apportent donc une réponse aux demandes des carrossiers automobiles : en offrant un excellent compromis entre emboutissabilité et résistance à l'indentation, ils contribuent à l'allègement et à l'esthétique des véhicules.

■ Applications

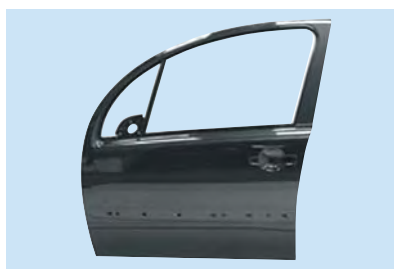
Les aciers de la gamme **Arcelor** sont destinés aux pièces d'aspect (portes, capot, hayon, ailes avant et pavillon) et aux

pièces de structure (sous-basement, renforts, traverses et doublures) pour l'automobile.

CAPOT EN ARCELOR 220 BH



PORTE EN ARCELOR 260 BH



LONGERON AVANT EN ARCELOR 300 BH



■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

Garanties sur tôles nues en sens travers, sur éprouvette ISO 20x80

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	r	n	BH ₂ (MPa)
			$L_0 = 80 \text{ mm}$			
			$e < 3 \text{ mm}$			
180 BH	180 - 230	300 - 360	≥ 34	1.6	0.17	35
220 BH	220 - 270	340 - 400	≥ 32	1.5	0.16	35
260 BH	260 - 310	370 - 430	≥ 30	-	0.15	35
300 BH	300 - 360	420 - 480	≥ 28	-	0.14	40

Composition chimique (%)

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
180 BH	0,040	0,70	0,50
220 BH	0,060	0,70	0,50
260 BH	0,080	0,70	0,50
300 BH	0,100	0,70	0,50

Définition du BH₂

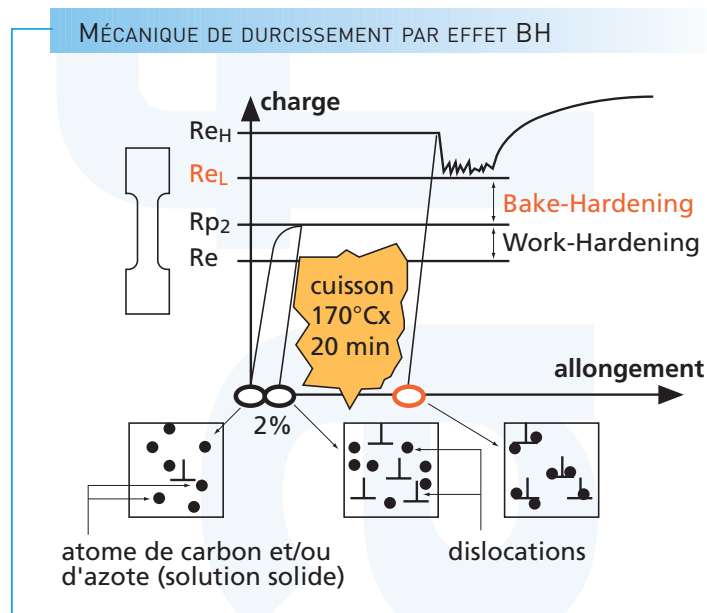
Le "Bake-Hardening" est un phénomène de vieillissement contrôlé lié à la présence de carbone et/ou d'azote en solution solide dans l'acier.

Le paramètre BH₂ permet une bonne évaluation du gain en résistance d'indentation, il est donné par :

$$\rightarrow BH_2 = R_{eL} - R_{p\ 2\%}$$

où R_{eL} est la limite élastique mesurée après traitement thermique R_{p 2%} est la limite élastique mesurée sur le métal après une déformation de 2%. La mesure du BH₂ est un moyen fiable et reproductible pour quantifier l'aptitude du métal à se durcir pendant la cataphorèse.

Le schéma ci-dessous illustre le mécanisme de durcissement à la cuisson et montre le déplacement des atomes de carbone en solution sous l'effet du traitement thermique typiquement 170° pendant 20 minutes pour venir bloquer les dislocations créées par la mise en forme. Ceci conduit finalement à l'augmentation de la limite d'élasticité du métal.

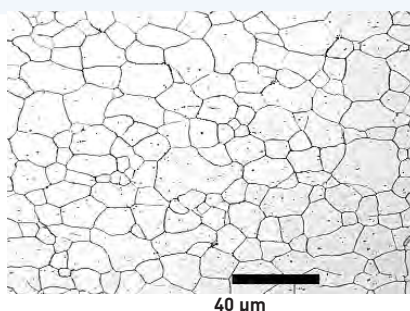


Revêtements et États de surface disponibles

	■ COMMERCIAL	● DÉVELOPPEMENT	■ DISPONIBLE EN QUALITÉ PIÈCES D'ASPECT	■ LAMINÉ À FROID
NUANCES	NU	EZ	EXTRAGAL	GALVANEALÉ
180 BH	■	■	■	■
220 BH	■	■	■	■
260 BH	■	■	■	■
300 BH	■	■	■	■

Consulter également les fiches revêtements pour connaître la disponibilité des revêtements organiques minces et revêtement organique permanent pour la gamme des aciers **Arcelor**, la cuisson de ces revêtements organiques pouvant entraîner des modifications des caractéristiques mécaniques.

MICROSTRUCTURE DE L'ARCELOR 180 BH

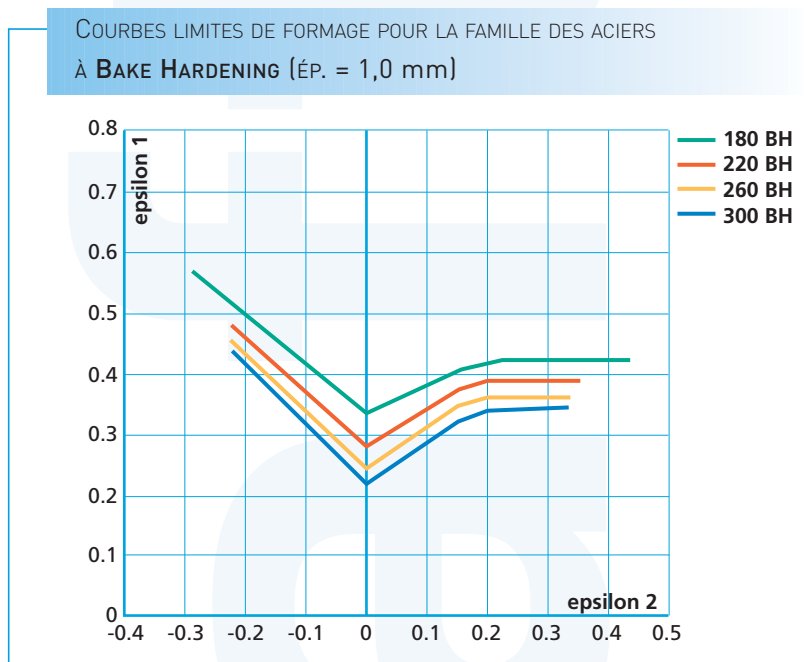


Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

La famille des aciers **Arcelor à Bake Hardening** présente dans tous les modes de déformation une bonne emboutissabilité, sensiblement équivalente à celle des aciers **IF** de même niveau de résistance d'élasticité.

La figure ci-dessous donne des exemples de courbes limites de formage pour la famille des aciers à **Bake Hardening** pour une épaisseur de 1.0 mm.



Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme des aciers **Arcelor à Bake Hardening**. Pour intégrer l'emploi de ces aciers dès la conception, une

équipe d'experts est en mesure de réaliser des études spécifiques de mise en forme soit à partir de modélisation, soit en atelier à partir de leur expérience.

Soudabilité

Caractérisée selon la méthode NFA 87 001.

Exemples de données paramétriques de soudage par résistance par points sur les produits de la gamme **Arcelor à Bake Hardening** :

LAMINÉ À FROID

NUANCES	DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
180 BH ÉP = 0.75 mm EZ	1.6
180 BH ÉP = 0.75 mm nu	1.4

Les aciers **Arcelor à Bake Hardening** étant peu alliés, ils possèdent une bonne aptitude au soudage quel que soit le procédé utilisé.

Arcelor Auto est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout autre produit de la gamme **Arcelor à Bake Hardening**.

Fatigue

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale).

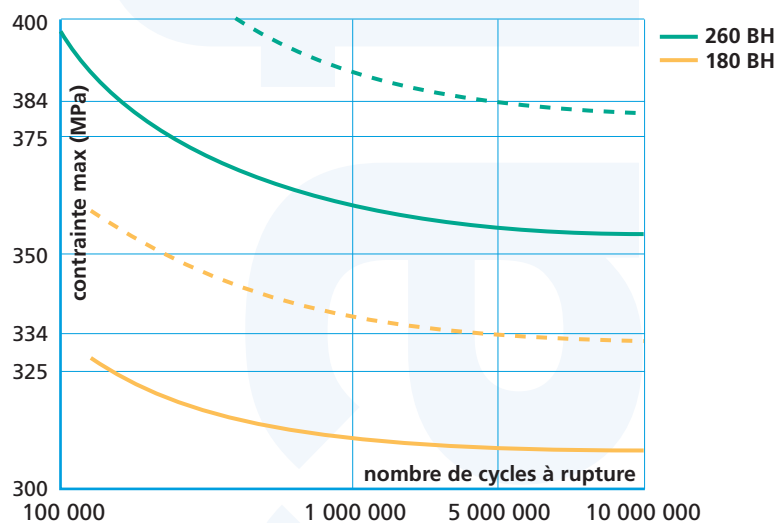
LAMINÉ À FROID

NUANCES	LIMITE D'ENDURANCE À 5.10^6 (MPa)
180 BH ÉP = 0.8 mm Nu après cuisson	334
260 BH ÉP = 1.2 mm Nu après cuisson	384

Arcelor Auto est en mesure de mettre à disposition une base de données complète des performances en fatigue des aciers de la gamme **Arcier à Bake Hardening**.

Exemples de limites d'endurance à 5.10^6 de cycles mesurées en traction alternée avec un rapport de charge de $R_s = 0.1$:

COURBES DE WÖHLER POUR DES ACIERS ARCELOR 180 BH ET 260 BH
APRÈS UN ALLONGEMENT DE 2 % ET APRÈS TRAITEMENT THERMIQUE.



IF

Aciers sans interstitiel à haute résistance IF (Interstitial Free)

■ Présentation

Ces aciers ont été conçus pour obtenir un excellent compromis entre emboutissabilité et résistance mécanique. L'emboutissabilité de l'**IF 180** se rapproche d'une qualité DC 04 (Arcelor 04) alors que la résistance à la traction se compare à celle d'un H 220 par exemple.

Le durcissement résulte de la mise en solution solide de manganèse, de silicium et de phosphore dans la ferrite. La métallurgie **IF** permet d'optimiser l'emboutissabilité.

→ Le rapport R_p/R_m est faible et le coefficient d'écrouissage n est élevé ce qui traduit une excellente aptitude à l'emboutissage profond et une bonne répartition des déformations.

→ Le coefficient élevé d'anisotropie r traduit un bon comportement en rétreint, également favorable à l'emboutissage profond.

Ces aciers sont particulièrement adaptés aux pièces complexes nécessitant simultanément de hautes caractéristiques mécaniques : passages de roues, tabliers, renforts...

Leur fort potentiel de consolidation pendant le formage leur confère une bonne résistance à l'indentation sur les pièces profondément embouties (coffres, hayons, portes, doublures, passages de roues...).

Les qualités Arcelor **IF180** à **IF260** permettent, dans certaines configurations de revêtement, de réaliser des pièces d'aspect visibles telles que des panneaux portes. Les autres qualités par contre sont plutôt destinées à des pièces de structure complexes (longerons, traverses, liaisons au sol...).

■ Applications

Leur résistance mécanique élevée assurant une bonne résistance en fatigue et en choc, ces aciers sont destinés aux pièces de structure (longerons, traverses, pieds milieu...) comme aux pièces de peau auxquelles elles confèrent une bonne résistance à l'indentation.

Par rapport à une qualité d'emboutissage classique, ces produits procurent un potentiel d'allègement d'autant plus conséquent que les pièces sont profondément embouties.

COFFRE EN **IF 180** GALVANNEALED ÉP. = 0.8 mm.



■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

Garanties sur tôles nues en sens travers, sur éprouvette ISO 20x80

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	$R_{p\ 0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	r	n
			$L_0 = 80\text{ mm}$ $e < 3\text{ mm}$		
IF 180	180 - 230	340 - 400	35	1.7	0.19
IF 220	220 - 260	340 - 400	33	1.7	0.19
IF 260	260 - 300	380 - 440	30	1.5	0.18
IF 300	300 - 340	400 - 460	28	1.5	0.17

Composition chimique (%)

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
IF 180	0,010	1,00	0,25
IF 220	0,010	0,70	0,50
IF 260	0,010	1,00	0,50
IF 300	0,010	1,00	0,50

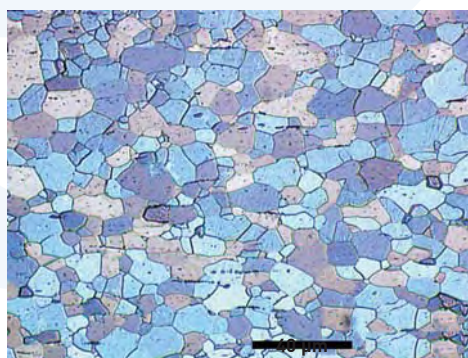
Revêtements et états de surface disponibles

NUANCES				
	Nu	EZ	EXTRAGAL	GALVANNEAL
IF 180	■	■	■	■
IF 220	■	■	■	■
IF 260	■	■	■	■
IF 300	■	■	■	■

DISPONIBLE EN QUALITÉ PIÈCES D'ASPECT

LAMINÉ À FROID

MICROSTRUCTURE DE L'IF 180



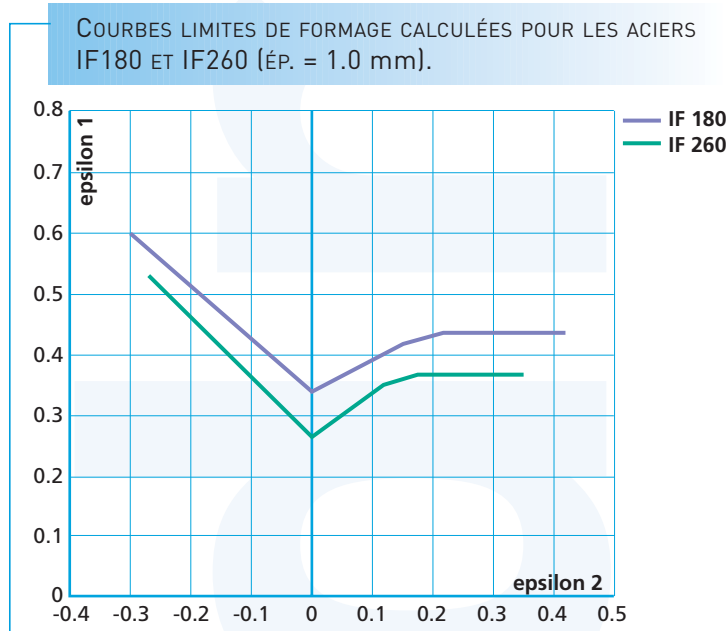
Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

Les aciers de la famille **IF** présentent une excellente emboutissabilité pour leur niveau de résistance mécanique. Ce comportement est lié à de très bons allongements à la

rupture et de très bons coefficients d'érouissage et d'anisotropie normale.

La figure ci-dessous donne des exemples de courbes limites de formage pour la famille des aciers **IF** pour une épaisseur de 1.0 mm.



Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme des aciers **IF**. Pour intégrer l'emploi de ces aciers dès la conception, une équipe d'experts est en

mesure de réaliser des études spécifiques de mise en forme soit à partir de modélisation, soit en atelier à partir de leur expérience.

Soudabilité

Les aciers **IF** possèdent une bonne aptitude au soudage quels que soient les procédés de soudage.

Voici quelques exemples de données paramétriques de soudage par points obtenues selon méthode NFA 87 001, sur produits de la gamme **IF** :

NUANCES		DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
IF 180	ÉP = 2.0 mm GALVANNEALED	1.8
IF 260	ÉP = 1.0 mm EXTRAGAL	1.4

LAMINÉ À FROID

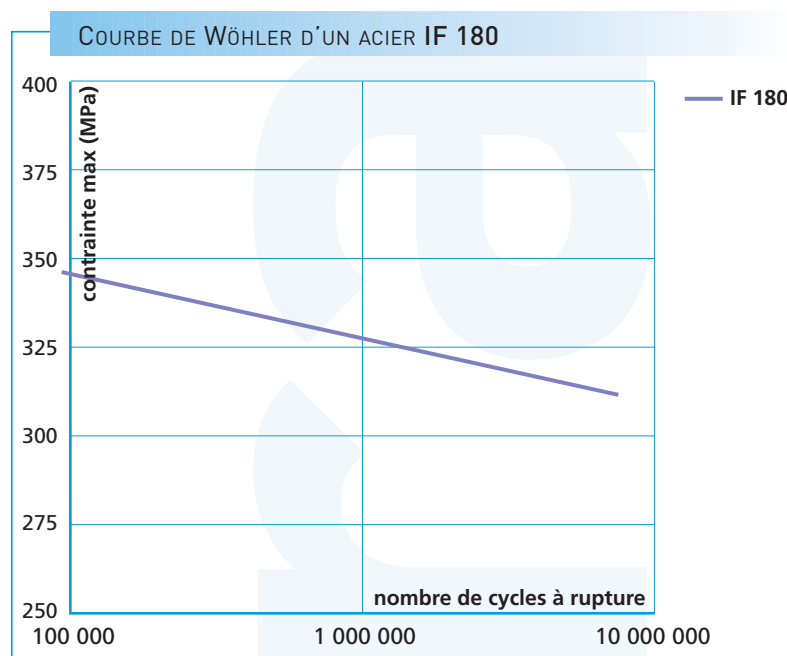
Sur la base d'une longue expérience pour la caractérisation de ces produits en soudage par points et en soudage à l'arc. **Arcelor Auto** est en mesure d'apporter une assistance

technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout autre produit de la gamme **IF**.

Fatigue

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale).

Exemple de limite d'endurance mesurée en traction alternée avec un rapport de charge de $R_s = 0.1$:



Arcelor Auto est en mesure de mettre à disposition une base de données complètes des performances en fatigue des aciers de la gamme **IF**.

Rephosphorés

Aciers rephosphorés à haute limite d'élasticité

■ Présentation

Les aciers **Arcelor H** sont conçus pour offrir des niveaux de résistance élevée, tout en conservant une bonne aptitude à la mise en forme par emboutissage. Le durcissement est obtenu en particulier grâce à la présence de phosphore en solution solide dans la ferrite.

Leur compromis résistance mécanique / emboutissabilité les destine à de multiples usages. Ils sont en particulier

recommandés pour les pièces de structures ou de renforts (longerons, traverses, pieds milieu...) pour lesquelles de bonnes tenues en fatigue ou de bonnes résistances au choc sont requises.

Les aciers rephosphorés sont des calmés aluminium moins performants en emboutissage que les aciers de la gamme IF.

■ Applications

LONGERON EN ARCELOR H 260 EXTRAGAL (ép. = 1.8 mm)



TRAVERSES EN ARCELOR H 260



■ Caractéristiques techniques

Propriétés mécaniques

Garanties sur tôles nues en sens travers, sur éprouvette ISO 20x80

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	R _e (MPa)	R _m (MPa)	A%	r	n
			L ₀ = 80 mm e < 3 mm		
H 220	220 - 280	340 - 400	≥ 32	1.3	0.16
H 260	260 - 320	380 - 440	≥ 29	-	-
H 300	300 - 360	400 - 480	≥ 26	-	-

Composition chimique (%)

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	C MAX	Mn MAX	Si MAX
H 220	0,060	0,70	0,50
H 260	0,080	0,70	0,50
H 300	0,100	0,70	0,50

Revêtements et États de surface disponibles

■ COMMERCIAL

● DÉVELOPPEMENT

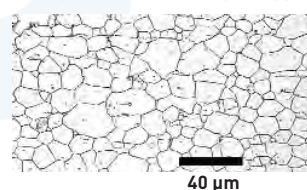
■ DISPONIBLE EN QUALITÉ PIÈCES D'ASPECT

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	Nu	EZ	EXTRAGAL	GALVANNEALED
H220	■	■	■	■
H260	■	■	■	■
H300	■	-	-	-

La présence de revêtement dur (Galvannealed) peut réduire les garanties en A % et r.

MICROSTRUCTURE DE L'ARCELOR H 260



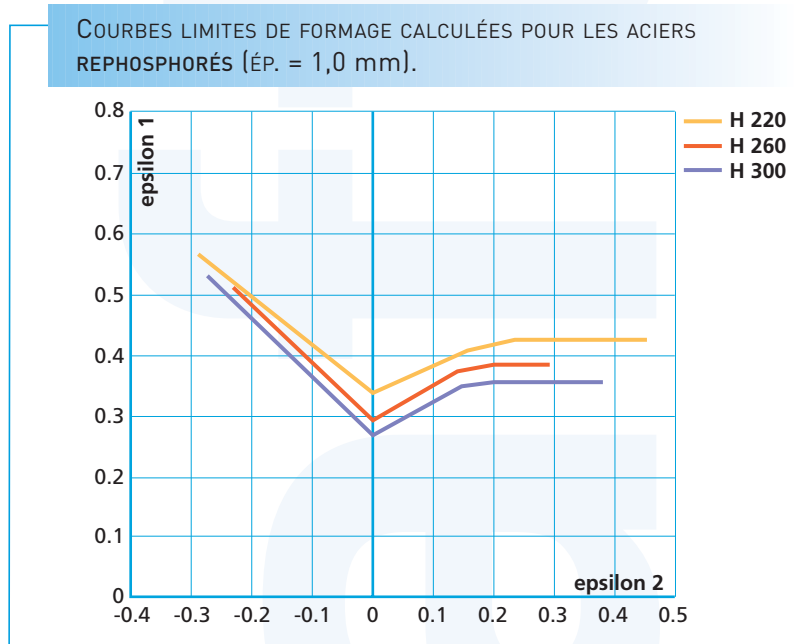
Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Mise en forme

Arcelor Auto dispose d'un ensemble de données relatives à la mise en forme des aciers **Arcelor H**. Pour intégrer l'emploi de ces aciers dès la conception, une équipe d'experts

est en mesure de réaliser des études spécifiques de mise en forme soit à partir de modélisation, soit en atelier à partir de leur expérience.

La figure ci-dessous donne des exemples de courbes limites de formage pour la famille des aciers rephosphorés pour une épaisseur de 1.0 mm.



Soudabilité

Les aciers **Arcelor H** possèdent une bonne aptitude au soudage quels que soient les procédés de soudage.

Caractérisés selon la méthode NFA 87 001, voici quelques exemples de données paramétriques de soudage par résistance par points, sur des produits de la gamme **Arcelor H** :

LAMINÉ À FROID

NUANCES	DOMAINE DE SOUDABILITÉ (kA)
H 220 ÉP = 0.7 mm EXTRAGAL	1.3
H 260 ÉP = 0.8 mm EXTRAGAL	1.4
H 300 ÉP = 0.8 mm EXTRAGAL	1.2

Arcelor Auto est en mesure d'apporter une assistance technique pour l'adaptation des paramètres de soudage pour tout autre produit de la gamme **Arcelor H**.

Les données relatives à la soudabilité à l'arc et par laser des aciers **Arcelor H** sont aussi disponibles

Fatigue

La résistance à la fatigue peut être caractérisée par la limite d'endurance (exprimée en contrainte maximale).

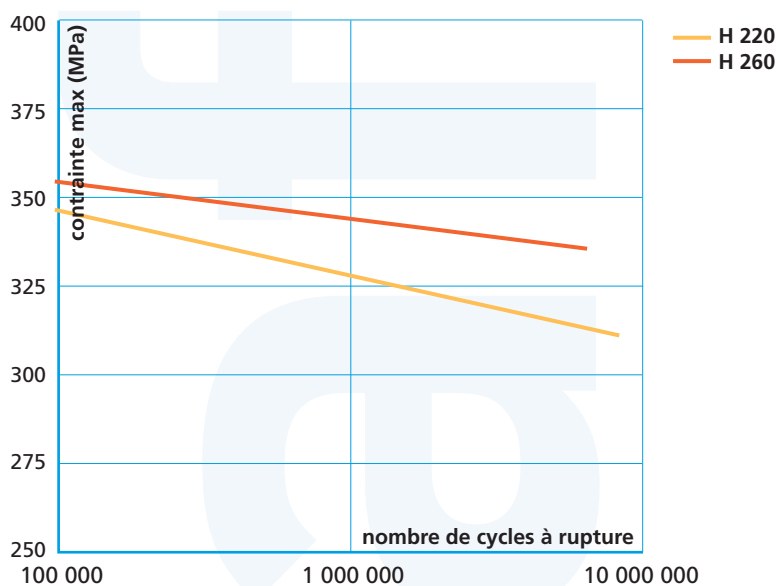
Arcelor Auto est en mesure de fournir toute autre donnée relative aux performances en fatigue des aciers **Arcelor H**.

Exemples de limite d'endurance mesurée en traction alternée avec un rapport de charge de $R_s = 0,1$:

LAMINÉ À FROID

NUANCES	LIMITE D'ENDURANCE À $5 \cdot 10^6$ CYCLES (MPa)
H 220 ÉP = 0.9 mm NU	318
H 260 ÉP = 1.9 mm NU	339

COURBE DE WÖHLER DES ACIERS ARCELOR H





Isotropes

■ Présentation

Arcelor a développé une gamme d'acier visant à obtenir une bonne formabilité (avec une forte isotropie) associée à une résistance à l'indentation améliorée. La métallurgie originale proposée par Arcelor est une métallurgie basée

sur l'utilisation d'ajouts d'éléments durcissant comme le manganèse et le silicium dans une composition de référence permettant d'atteindre une ductilité élevée.

■ Caractéristiques Techniques

Propriétés mécaniques

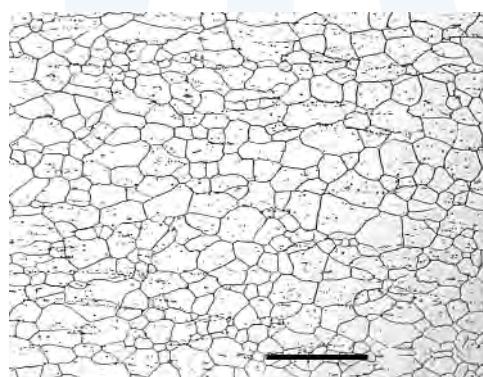
Garanties sur tôles nues à 90° du sens de laminage, sur éprouvette ISO 20x80

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	n
			$L_0 = 80 \text{ mm}$ $e < 3 \text{ mm}$	
E 220 i	220 - 260	300 - 380	34	0.19
E 260 i	260 - 300	320 - 400	32	0.17

La microstructure des aciers **Isotropes** se caractérise par des grains équiaxes qui apportent à cette gamme d'aciers sa forte isotropie.

MICROSTRUCTURE D'UN ACIER ISOTROPE E 220 i



Revêtements et états de surface disponibles

■ COMMERCIAL

● DÉVELOPPEMENT

■ DISPONIBLE EN QUALITÉ PIÈCES D'ASPECT

■ LAMINÉ À FROID

NUANCES	Nu	EZ	EXTRAGAL	GALVANNEALÉ
E 220 i	■	■	■	
E 260 i	■	■	■	

Les **Isotropes E220 i** et **260 i** ne sont disponibles en pièce d'aspect que pour des épaisseurs inférieures à 1.0 mm.

Ces produits aussi sont disponibles avec un revêtement organique mince dans certaines configurations.

Conseils d'Utilisation et de Mise en œuvre

Soudabilité

Cette famille d'aciers a été mise au point pour présenter une facilité d'emploi et de mise en œuvre maximale. Il n'est pas nécessaire de prendre de précaution particulière

concernant le soudage par point à l'exception des précautions liées à la présence de revêtement métallique et/ou organique.

Mise en forme

Les aciers HSLA, à haute limite d'élasticité, comme le HSLA 280 présentent des coefficients d'écroutissage et d'anisotropie normale faibles ce qui limite leur capacité d'emboutissage en expansion comme en rétreint. En

revanche, les aciers **Isotropes** présentent une bonne aptitude à l'emboutissage grâce à des allongements à la rupture et à des coefficients d'écroutissage élevés. Ils sont adaptés à l'emboutissage des pièces de peau, dans des configurations particulières mettant en évidence des exigences liées à l'isotrope,

La figure ci-dessous donne des exemples de courbes limites de formage pour la famille des **Isotropes** pour une épaisseur de 1.0 mm.

COURBES LIMITES DE FORMAGE CALCULÉES POUR LES ACIERS LAMINÉS À FROID (ÉP. = 1.0 mm).

