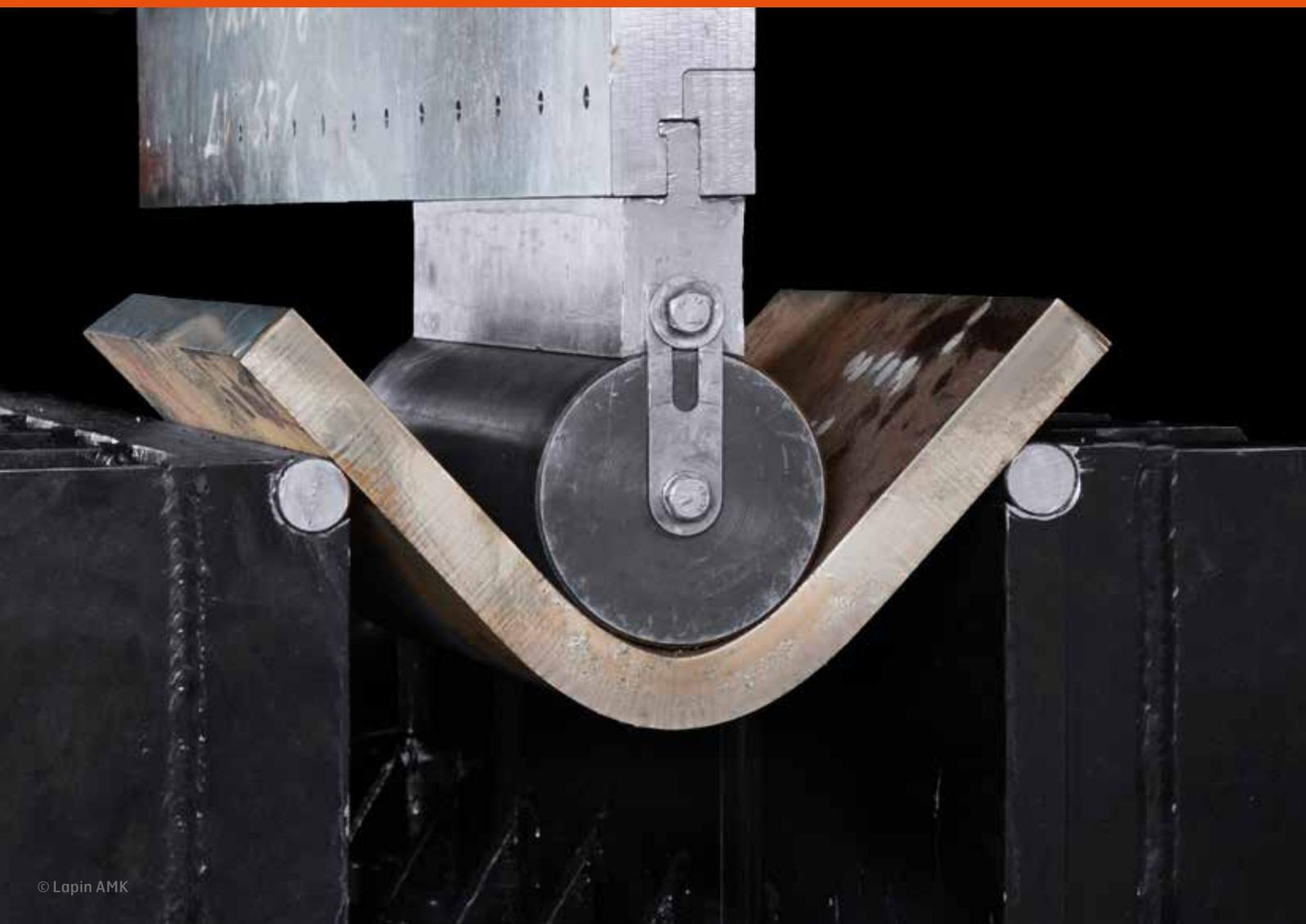


# PLIAGE ET USINAGE



# LA SOLUTION POUR TOUS VOS BESOINS SONT COUVERTS

L'acier anti-abrasion Raex est conçu pour les structures en acier soumises à une usure abrasive. Sa très bonne résistance à l'abrasion augmente considérablement la durée de vie des équipements, vous faisant gagner du temps et de l'argent.

Raex prolonge la durée de vie des structures en acier grâce à son poids, plus léger que celui des aciers doux. Et comme ses composants sont plus légers, vous limitez les trajets, vous économisez du carburant et vous diminuez les émissions de carbone.

## SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1 MÉTHODES DE PLIAGE	4
2 PRÉPARATION AVANT PLIAGE	5
3 INSTRUCTIONS DE PLIAGE	6
3.1 Instructions de pliage pour l'atelier	6
3.2 Force de pliage	6
3.3 Rayon minimum de pliage	7
3.4 Écartement de la tôle à plier	8
4 APTITUDE À L'USINAGE	9
4.1 Perçage	9
4.2 Taraudage mécanique	10
4.3 Sciage	11
4.4 Fraisage et tournage	12
5 SÉCURITÉ AU TRAVAIL	13

## INTRODUCTION

Raex est produit à partir de matières premières soigneusement sélectionnées via des processus intégrés étroitement contrôlés. Il en résulte un acier performant d'excellente qualité offrant une dureté, une aptitude au pliage, une qualité de surface et une planéité exceptionnelles. Les aciers Raex sont livrés en tôles fortes et tôles coupées à longueur, avec une dureté de 300 à 500 HB. Raex est particulièrement apprécié dans les ateliers, pour ses facilités de découpe, de soudage et de pliage. Il prolonge la durée de vie des machines, élargit les possibilités de conception et permet de créer des produits légers avec un meilleur rendement énergétique.

Ce manuel décrit les principes du pliage libre et du pliage en frappe et fournit des recommandations pratiques spécifiques à Raex. Vous y apprendrez notamment que la force de pliage et le niveau de retour élastique requis sont généralement proportionnels à la limite d'élasticité de l'acier.

Pour tirer pleinement parti de l'aptitude au pliage des aciers Raex, il convient d'adopter des pratiques de travail rigoureuses. Des outils usés, une mauvaise lubrification, une surface endommagée ou des bavures sur les arêtes peuvent altérer la qualité du pliage. Les tôles stockées au froid doivent être portées à température ambiante avant d'être formées à froid.

Cette brochure fournit également des informations et des recommandations relatives à l'usinage des aciers Raex, notamment :

- le perçage,
- le filetage,
- le sciage,
- le fraisage et le tournage.



# 1 MÉTHODES DE PLIAGE

Dans la presse, la tôle est placée entre le poinçon et la matrice. Elle est pliée selon l'angle prévu ou selon un rayon de pliage libre.

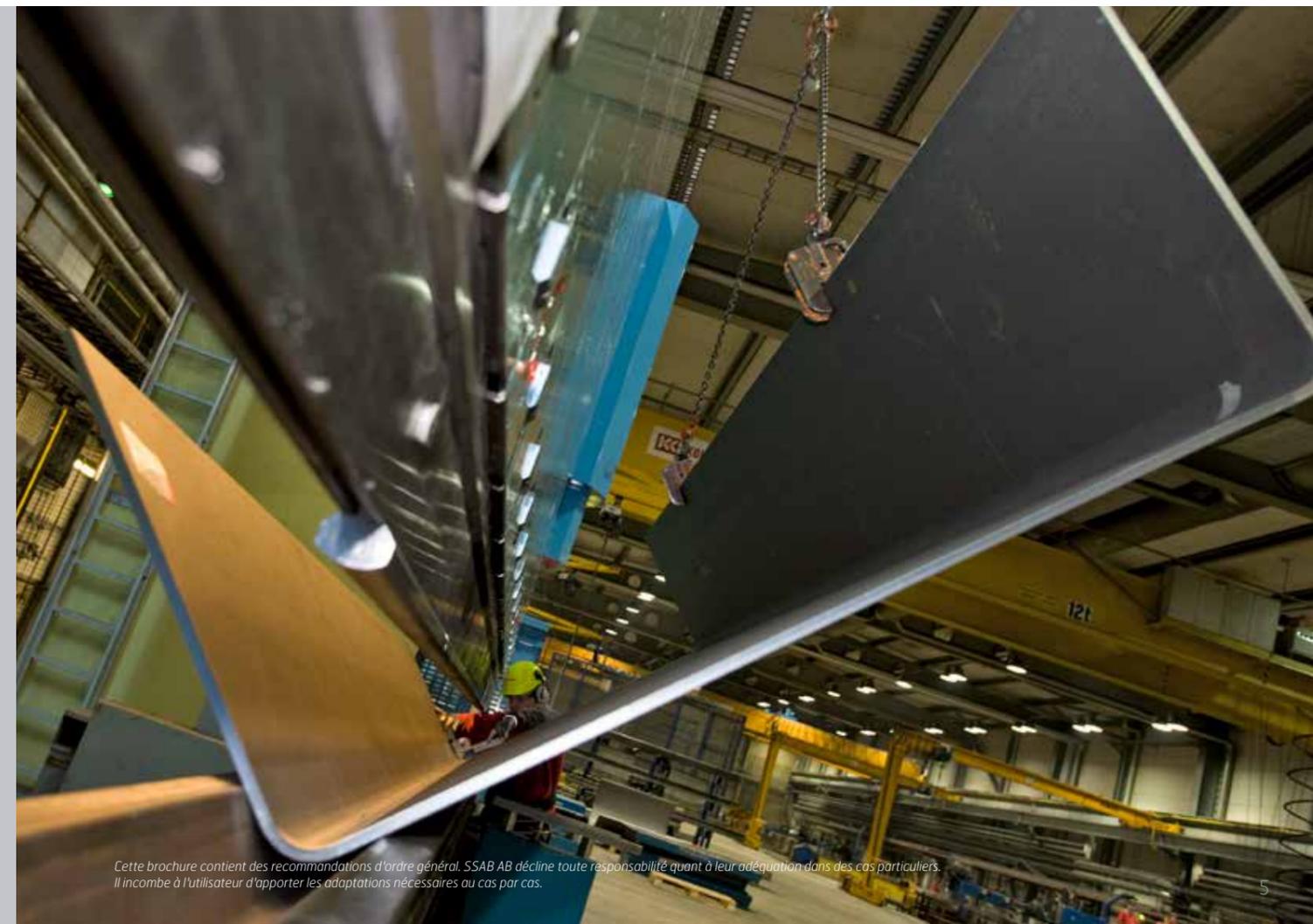
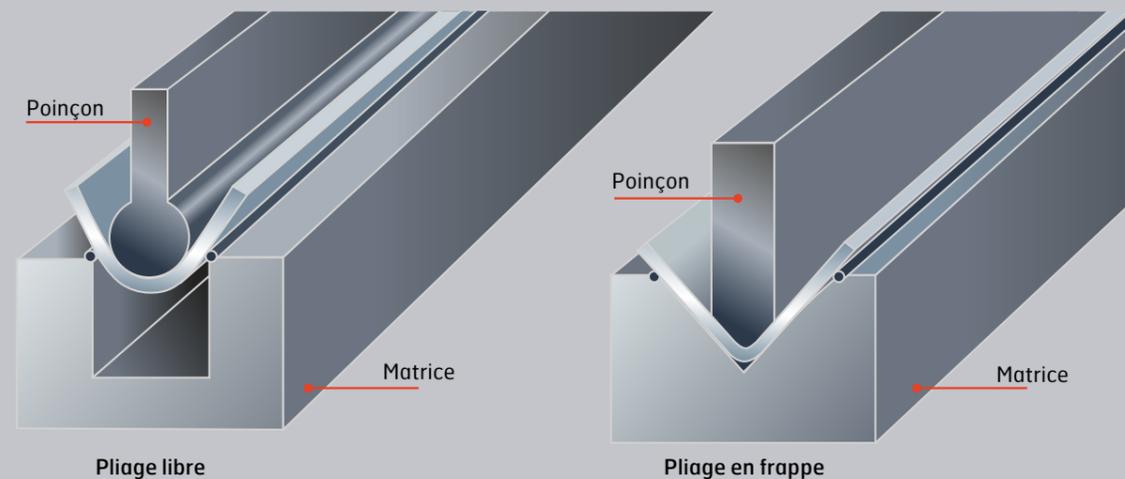
Lors du pliage libre, la plaque repose sur les arêtes supérieures de l'interstice de matriçage pendant toute la durée de la passe. Vous pouvez ajuster la longueur de la course pour régler l'angle de pliage (figure 1). Vous pouvez aussi régler l'interstice de matriçage.

Lors du pliage en frappe, la longueur de course est réglée de manière à ce que le poinçon pousse la plaque jusqu'au fond de la matrice. Une forme se fait au niveau du contact entre la plaque, le poinçon et la matrice (figure 1). L'interstice de matriçage (Vé) a une largeur fixe, qui n'est pas réglable.

# 2 PRÉPARATION AVANT PLIAGE

- La température de la tôle doit être au moins à +20 °C.
- Nous vous recommandons de rentrer les tôles stockées au froid dans l'atelier, au moins un jour avant le pliage.
- Vous pouvez, si besoin, chauffer la zone à plier à l'aide d'une flamme au gaz.
- Le préchauffage réduit la force de pliage nécessaire et améliore l'aptitude générale au formage. Il doit être maintenu entre +100 et +200 °C.
- Identifiez le sens de laminage de la plaque.
- Les éventuels défauts de surface pouvant apparaître sur la face exposée aux tensions doivent être éliminés.
- Après une découpe thermique ou mécanique, meulez les défauts sur l'arête de la plaque, au moins sur la partie qui sera pliée.
- Un nettoyage par soufflage excessif peut avoir un impact négatif sur la pliability. Les recommandations pour les produits Raex sont fondées sur des tests sans surface grenaillées.

FIGURE 1. MÉTHODES ET OUTILS DE PLIAGE.



### 3 INSTRUCTIONS DE PLIAGE

- Lors de chaque pliage, respectez les consignes de sécurité.
- Augmentez la force de pliage, le niveau de retour élastique et le rayon de pliage proportionnellement à la limite d'élasticité de l'acier.
- Le rayon de pliage doit être aussi important que possible.
- Effectuez le pliage en une seule passe.
- Servez-vous à la fois de vos connaissances théoriques et empiriques pour optimiser votre pratique.
- Pour déterminer les valeurs de pliage, faites un pliage d'essai et prenez en compte l'angle de retour élastique.
- L'angle de retour élastique varie en fonction du réglage des outils. Pour la nuance Raex 400, il est compris entre 8° et 25° et pour la nuance Raex 500, il est compris entre 15° et 35°. Plus l'interstice de matricage est large, plus l'angle de retour élastique est grand.
- Faites, si possible, des essais préalables.

#### 3.1 INSTRUCTIONS DE PLIAGE POUR L'ATELIER

Lors du pliage ou du bordage, le diamètre du poinçon sera choisi en fonction de la nuance d'acier, de l'épaisseur de la tôle et du rayon de pliage. Le tableau 1 indique le plus petit diamètre du poinçon (D) pour Raex 400, Raex 450 et Raex 500 d'après l'épaisseur de la plaque (t).

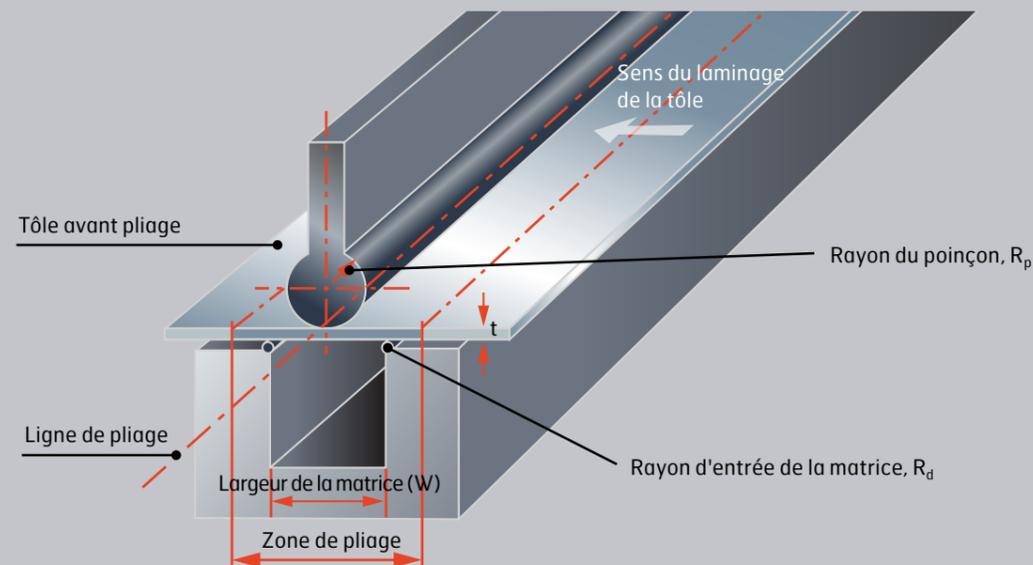
#### 3.2 FORCE DE PLIAGE

Pour estimer la force de pliage (P, en tonnes métriques) nécessaire au pliage des tôles d'acier, utilisez la formule suivante :

$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9800}$$

- P = Force de pliage, tonnes métriques
- t = Épaisseur de la tôle, mm
- W = Largeur de la matrice, mm (figure 2)
- b = Longueur de pliage, mm
- R<sub>m</sub> = Résistance à la traction, MPa (tableau 2)
- R<sub>d</sub> = Rayon d'entrée de la matrice, mm (figure 2)
- R<sub>p</sub> = Rayon du poinçon, mm

FIGURE 2. NOUS VOUS RECOMMANDONS DE PLIER PERPENDICULAIREMENT AU SENS DU LAMINAGE.



Cette brochure contient des recommandations d'ordre général. SSAB AB décline toute responsabilité quant à leur adéquation dans des cas particuliers. Il incombe à l'utilisateur d'apporter les adaptations nécessaires au cas par cas.

TABLEAU 1. ACIERS ANTI-ABRASION RAEX. INSTRUCTIONS DE PLIAGE POUR L'ATELIER.

Choisissez le diamètre de poinçon le plus petit autorisé pour Raex, en fonction de l'épaisseur de la tôle.

Épaisseur de tôle	RAEX 400		RAEX 450				RAEX 500			
	Diamètre minimal du poinçon D (mm) à plier de manière transversale		Diamètre minimal du poinçon D (mm) à plier de manière longitudinale		Diamètre minimal du poinçon D (mm) à plier de manière transversale		Diamètre minimal du poinçon D (mm) à plier de manière longitudinale			
	Feuille/Plaque	Feuille/Plaque	Feuille	Plaque	Feuille	Plaque	Feuille	Plaque	Feuille	Plaque
2	12	16	12		16					
2,5	15	20	15		20		17,5		20	
3	18	24	18		24		21		24	
4	24	32	24		32		28		32	
5	30	40	30		40		35		40	
6	36	48	36	48	48	60	42	60	48	72
7	42	56	42	56	56	70	49	70	56	84
8	48	64	48	64	64	80		80		96
9	54	72		72		90		90		108
10	60	80		80		100		100		120
11	66	88		88		110		110		132
12	72	96		96		120		120		144
13	78	104		104		130		130		156
14	84	112		112		140		140		168
15	90	120		120		150		150		180
16	96	128		128		160		160		192
17	102	136		136		170		170		204
18	108	144		144		180		180		216
19	114	152		152		190		190		228
20	120	160		160		200		200		240

<sup>1)</sup> Ligne de pliage par rapport au sens de laminage de la plaque.

Dans le cas d'un pliage en V (90°), le rapport recommandé entre la largeur de la matrice et l'épaisseur de la plaque est W/t = 15.

Le tableau 2 indique la résistance classique à la traction des aciers Raex.

TABLEAU 2. ACIERS ANTI-ABRASION RAEX. VALEURS CLASSIQUES DE RÉSISTANCE À LA TRACTION ET DE DURETÉ.

Nuance Raex	Résistance à la traction R <sub>m</sub> (MPa)	Dureté (HBW)
Raex 300	1000	300
Raex 400	1250	400
Raex 450	1450	450
Raex 500	1600	500

Cette brochure contient des recommandations d'ordre général. SSAB AB décline toute responsabilité quant à leur adéquation dans des cas particuliers. Il incombe à l'utilisateur d'apporter les adaptations nécessaires au cas par cas.



### 3.4 ÉCARTEMENT DE LA TÔLE À PLIER

La figure 3 illustre l'écartement (A) entre la tôle à plier et le diamètre du poinçon (D). Lorsque vous travaillez des aciers à haute limite d'élasticité, vous devez prendre en compte cet écartement. Il est important de régler un angle de pliage final précis. Le rayon du poinçon a moins d'importance. Pour vous assurer de la précision du rayon de pliage, procédez à un pliage d'essai. Ensuite, sélectionnez le rayon de poinçon qui vous permettra d'obtenir l'angle de pliage final, selon le résultat souhaité. Le rayon du poinçon est généralement légèrement supérieur au rayon de pliage final.

### 3.3 RAYON MINIMUM DE PLIAGE

Le tableau 3 indique les rayons minimum de pliage des aciers anti-abrasion Raex. En production, pour le pliage ou le bordage il est recommandé d'utiliser des rayons de pliage intérieurs supérieurs aux rayons de pliage minimum. La qualité du pliage dépend non seulement de la tôle d'acier, mais aussi des techniques et des outils utilisés. Pour réussir votre pliage, il est important d'adopter les bonnes technologies et bonnes pratiques et de transformation. Des outils usés, une mauvaise lubrification, une surface endommagée ou des rayures sur la surface de l'acier peuvent altérer la qualité du formage à froid.

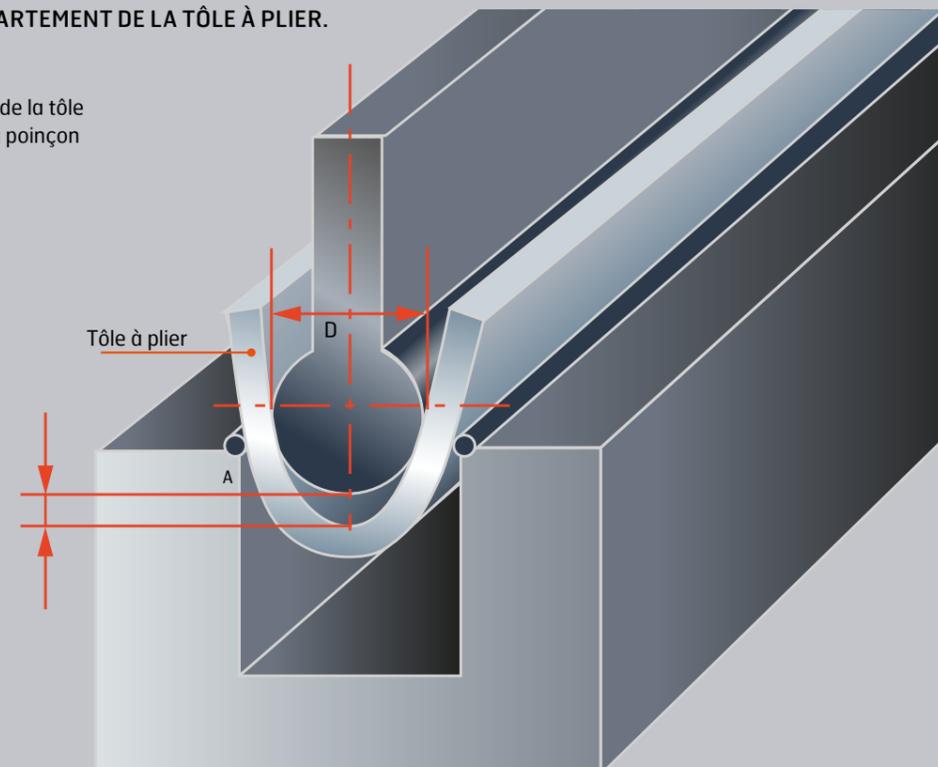
**TABLEAU 3. ACIERS ANTI-ABRASION RAEX. RAYON MINIMUM DE PLIAGE R, ANGLE DE PLIAGE  $\leq 90$ .**

Nuance Raex	Forme du produit	Épaisseur (mm)	R/t minimum transverse	R/t minimum longitudinal	Largeur d'ouverture de la matrice W/t minimum
Raex 300	Tôle	2-8	3	3	12
Raex 400	Tôle	2-8	3	4	12
	Plaque	6-20	3	4	14
Raex 450	Tôle	2-8	3	4	12
	Plaque	6-20	4	5	14
Raex 500	Tôle	2,5-7	3,5	4	14
	Plaque	6-20	5	6	14

*Cette brochure contient des recommandations d'ordre général. SSAB AB décline toute responsabilité quant à leur adéquation dans des cas particuliers. Il incombe à l'utilisateur d'apporter les adaptations nécessaires au cas par cas.*

**FIGURE 3. ÉCARTEMENT DE LA TÔLE À PLIER.**

A = Écartement de la tôle  
D = Diamètre du poinçon



*Cette brochure contient des recommandations d'ordre général. SSAB AB décline toute responsabilité quant à leur adéquation dans des cas particuliers. Il incombe à l'utilisateur d'apporter les adaptations nécessaires au cas par cas.*



## 4 APTITUDE À L'USINAGE

### INSTRUCTIONS GÉNÉRALES POUR L'USINAGE :

- La machine doit être fixe et stable.
- Bridez fermement la pièce à travailler, en particulier au niveau de la zone à découper.
- N'utilisez pas de porte-outils ou un porte-à-faux trop long.
- Évitez toute vibration pendant toute la durée de l'usinage.
- Faites particulièrement attention au démarrage d'une découpe.
- Meulez toute arête rugueuse due à l'oxycoupage, dans la partie sur laquelle vous commencerez la découpe.
- Assurez-vous que l'avance et la profondeur de découpe sont suffisantes.
- L'arrosage d'huile de coupe doit être abondant.
- En cas de découpe à sec, réduisez la vitesse de coupe.
- Si vous usinez régulièrement des aciers anti-abrasion, choisissez des outils en métal dur conformément aux fiches techniques des fabricants.

### 4.1 PERÇAGE

Les tableaux 4, 5 et 6 indiquent les paramètres de perçage recommandés pour les forets en acier rapide non allié (HSS) et les forets HSS en alliage cobalt. Le tableau 6 indique également les paramètres de perçage recommandés pour la nuance d'acier Raex 500 si vous utilisez des forets monobloc en carbure cémenté. Raex 400 et Raex 450 peuvent être percés avec des forets HSS. Pour percer la nuance Raex 500, nous vous recommandons d'utiliser des forets en métal dur.

### INSTRUCTIONS GÉNÉRALES RELATIVES AU PERÇAGE :

- La machine de perçage doit être fixe et stable pour limiter les vibrations.
- Bridez fermement la pièce à travailler, en particulier au niveau de la zone à usiner.
- Nous vous recommandons d'utiliser des forets pour trous courts.
- Pour prolonger la durée de vie de l'outil de perçage, réduisez l'avance.
- L'arrosage d'huile de coupe doit être abondant.

**TABLEAU 4. RAEX 400. PARAMÈTRES DE PERÇAGE RECOMMANDÉS.**

	Diamètre du foret (mm)	Vitesse d'avance (mm/tour)	Vitesse d'avance (mm/minute)	Vitesse de découpe (m/minute)	Vitesse de rotation (tr/min)
Foret HSS non revêtu	5	0,10	60 - 80	9 - 12	600 - 800
	15	0,20	40 - 50	9 - 12	200 - 250
	25	0,25	30 - 40	9 - 12	110 - 150
Foret HSS-Co non revêtu	5	0,10	70 - 100	12 - 15	800 - 950
	15	0,20	50 - 70	12 - 15	250 - 320
	25	0,20	25 - 30	9 - 12	110 - 150

**TABLEAU 5. RAEX 450. PARAMÈTRES DE PERÇAGE RECOMMANDÉS.**

	Diamètre du foret (mm)	Vitesse d'avance (mm/tour)	Vitesse d'avance (mm/minute)	Vitesse de découpe (m/minute)	Vitesse de rotation (tr/min)
Foret HSS non revêtu	5	0,08	40 - 50	8 - 10	500 - 650
	15	0,20	35 - 45	8 - 10	170 - 210
	25	0,25	25 - 35	8 - 10	100 - 130
Foret HSS-Co non revêtu	5	0,10	60 - 75	8 - 10	600 - 750
	15	0,20	35 - 45	8 - 10	170 - 210
	25	0,20	15 - 20	6 - 8	75 - 100

**TABLEAU 6. RAEX 500. PARAMÈTRES DE PERÇAGE RECOMMANDÉS.**

	Diamètre du foret (mm)	Vitesse d'avance (mm/tour)	Vitesse d'avance (mm/minute)	Vitesse de découpe (m/minute)	Vitesse de rotation (tr/min)
Foret HSS non revêtu	5	0,10	25	4	250
	15	0,15	15	4	85
	25	0,15	8	4	50
Foret HSS-Co non revêtu	5	0,10	25 - 35	4 - 6	250 - 380
	15	0,15	15 - 20	4 - 6	80 - 130
Foret en carbure cémenté monobloc	16	0,15	120	40	800



#### 4.2 TARAUDAGE MÉCANIQUE

Pour le filetage, nous vous recommandons d'utiliser des tarauds HSS-E (micro-alliés) ou HSS-Co (alliés au cobalt) avec quatre arêtes de coupe. Vous obtiendrez de meilleurs résultats en utilisant de l'huile ou de la pâte de coupe. Nous vous recommandons de fileter des trous 3 à 5 % plus larges que les valeurs standard indiquées. Sachez toutefois que cela peut diminuer la résistance mécanique du joint. L'utilisation d'un diamètre de trou plus large allonge considérablement la durée de vie des outils. Pendant le cycle de taraudage, évacuez les copeaux sans revenir en arrière ni modifier le sens de rotation. Pour fileter des trous peu profonds, utilisez des tarauds adaptés (voir le tableau 7).

#### 4.3 SCIAGE

Lors du choix de la machine de sciage et de la lame, n'oubliez pas de prendre en compte la dureté et la haute limite d'élasticité des aciers. L'arrosage d'huile de coupe doit être abondant. Pour un sciage à la scie à ruban, vous obtiendrez de meilleurs résultats avec un pas à dents asymétrique (voir le tableau 8).

- Pour éviter la dispersion des copeaux, essayez de brider la pièce à travailler en position inclinée.
- Si vous n'êtes pas en mesure de réduire la longueur de coupe, utilisez un pas à dents plus large.
- La pression des dents doit être suffisamment élevée.
- Pour diminuer le bruit de la lame, réglez la vitesse de coupe.
- Commencez l'opération avec une avance pré réglée, puis ajustez jusqu'à ce que la lame soit suffisamment stable au contact de l'acier.
- Lors du réglage de l'avance, prenez en compte la dureté et la limite d'élasticité de la pièce à travailler.
- L'arrosage d'huile de coupe doit être abondant, pour que la lame reste lubrifiée pendant toute l'opération.
- Les dents sont parfois endommagées pendant la sortie, si la lame se coince, se bloque et tressaute.

#### INSTRUCTIONS GÉNÉRALES POUR L'UTILISATION D'UNE SCIE À RUBAN :

- Assurez-vous que la lame est correctement soutenue et suffisamment tendue.
- Dans la zone où vous allez démarrer le sciage, éliminez les bavures et la couche durcie due à l'oxycoupage.

**TABLEAU 7. RAEX. TARAUDAGE MÉCANIQUE, TARAUD HSS-E.**

	Vitesse de découpe (m/min)	Taille du taraud					
		M10 Vitesse de rotation (tours/min)	M16 Vitesse de rotation (tours/min)	M20 Vitesse de rotation (tours/min)	M24 Vitesse de rotation (tours/min)	M30 Vitesse de rotation (tours/min)	M42 Vitesse de rotation (tours/min)
Raex 400	3,6	115	80	63	53	42	30
Raex 500	1,6	50	40	32	25	21	15

**TABLEAU 8. RAEX. PARAMÈTRES DE COUPE POUR LE SCIAGE.**

	Vitesse de coupe m/min Longueur de coupe mm		
	100	200	300
Raex 400	60	50	40
Raex 500	40	35	30

#### 4.4 FRAISAGE ET TOURNAGE

L'opération de fraisage la plus souvent pratiquée sur les aciers anti-abrasion est le fraisage d'ébauche. La machine à fraiser doit être fixe et robuste. Utilisez des outils en métal dur revêtu. En principe, vous pouvez utiliser les mêmes paramètres de coupe pour le tournage que pour le fraisage (voir le tableau 9).

#### INSTRUCTIONS GÉNÉRALES POUR LE FRAISAGE :

- L'arrosage d'huile de coupe doit être abondant.
- Faites particulièrement attention au démarrage du fraisage.
- Dans la zone à fraiser, éliminez les bavures et la couche durcie liée à l'oxycoupage.
- Lors du fraisage d'ébauche, faites une première coupe suffisamment profonde. Vous éviterez ainsi que l'outil coupant glisse sur la surface durcie et écaillée de la pièce.

TABLEAU 9. RAEX. PARAMÈTRES DE COUPE POUR LE FRAISAGE D'ÉBAUCHE.

Fraisage d'ébauche avec arrosage	Plaquette indexable P40		
	Vitesse de découpe (m/min)	Avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Raex 400	75 - 90	0,1 - 0,2	2 - 5
Raex 500	60 - 75	0,1 - 0,15	1 - 4

*Dans des conditions optimales, vous pouvez utiliser des paramètres de coupe jusqu'à 50 % supérieurs.  
Pour le fraisage à sec, nous vous recommandons d'utiliser des valeurs 20 à 30 % inférieures.*

## 5 SÉCURITÉ AU TRAVAIL

Soyez extrêmement prudent lors du travail et de la manipulation des aciers à ultra haute limite d'élasticité. Si vous utilisez un rayon de pliage trop petit, par exemple, une fissure peut apparaître au point de pliage et la plaque risque d'être éjectée de l'outil de pliage dans le sens de la courbure. En tant qu'opérateur chargé du pliage des plaques, vous devez prendre toutes les précautions nécessaires pour vous protéger. Aucune autre personne n'est autorisée à entrer dans la zone de travail.

Le lieu le plus sûr est en général à côté de la machine de pliage. Les instructions de manipulation du fournisseur de l'acier et les instructions de sécurité de l'atelier doivent être respectées scrupuleusement. Tout nouvel opérateur doit recevoir une formation adéquate avant de mettre en œuvre les aciers à ultra haute limite d'élasticité.

**RAEX CERTIFIED PARTNER EN FRANCE**

**BLANCHARD**  
OXYCOUPAGE

**Blanchard Oxcoupage**

208 Route de Paris  
44980 Sainte Luce sur Loire Cedex, France

Tel. +33 2 40 52 98 98, Fax. +33 2 40 52 98 99  
blanchard@oxycoupage.com  
www.oxycoupage.com