

S7	Techniques et procédés de mise en œuvre
2.2	MOYENS ET TECHNIQUE D'USINAGE 1 / 11

LE SCIAGE

1°) Définition:

Le sciage est un procédé de **découpe** de matériaux de natures diverses. Il s'effectue par **enlèvement** de matière, à l'aide d'un outil appelé **lame**. Cet outil est pourvu de **dents** dont les formes sont censées répondre aux besoins de l'opération en termes de **qualité** d'exécution et **d'intérêt** économique. La denture est dans certains cas remplacée par des **concrétions**, dépôts de grains de haute dureté dont le rôle est de faire office d'arête coupante.

2°) Principales caractéristiques du sciage :

GÉNÉRALITÉS

Les matériaux sciés :

- Les métaux, les bois, les matières plastiques, les matériaux composites, les minéraux tendres sont les **principaux matériaux** que l'on peut scier

Les principaux métiers utilisant le sciage :

- Les métiers de l'industrie mécanique et de la construction métallique ;
- La sidérurgie
- L'industrie de la filière du bois
- Les métiers du bâtiment

De façon générale, ce sont tous les métiers nécessitant de tronçonner des matériaux sans les dénaturer.

MODES DE SCIAGE

Sciage alternatif : L'outil coupant est constitué d'une lame droite pourvue de dents, dont l'épaisseur est très réduite en regard de ses autres dimensions. La lame est tendue par ses extrémités sur une monture ou un archet, pour ne pas flamber exagérément sous l'effort de coupe. Le sciage est réalisé par le mouvement rectiligne alternatif de la lame. Ce mode de sciage peut être manuel ou mécanique et se rencontre aussi sur des machines électroportatives (machines « scie sauteuse », « scie sabre ») ; dans ce cas, la lame n'est maintenue que par une seule extrémité.

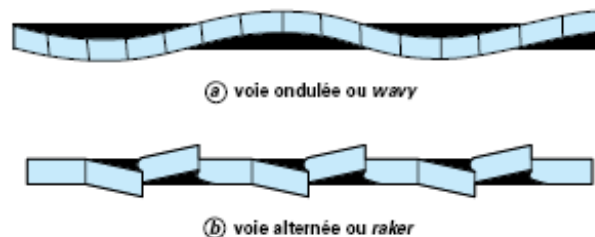
Sciage circulaire : L'outil coupant est constitué d'un disque pourvu de dents sur toute sa circonférence. L'épaisseur de la lame est très réduite par rapport à son diamètre. La lame est montée et fixée sur un arbre motorisé. Le sciage est réalisé par le mouvement circulaire uniforme de la lame. Ce mode de sciage est mécanique. On distingue deux familles de machines : les machines stationnaires, les machines électroportatives.

Sciage à ruban : L'outil coupant est constitué d'une lame souple sans fin dont l'épaisseur est très réduite par rapport à ses autres dimensions. La lame est dentée sur toute sa longueur. Elle est montée et tendue entre deux volants ou plus animés d'un mouvement de rotation. Le sciage s'effectue sur un des brins tendus où la lame est rectiligne, par un mouvement continu de défilement à travers la pièce à couper.

GÉOMÉTRIE DE L'OUTIL

Scies alternatif manuel : En sciage manuel, il existe deux longueurs normalisées de lames (NF E 73-071, NF E 73-072/ISO 2336 ; cf. [Doc BM 7 096]), correspondant à l'entraxe des trous de fixation :

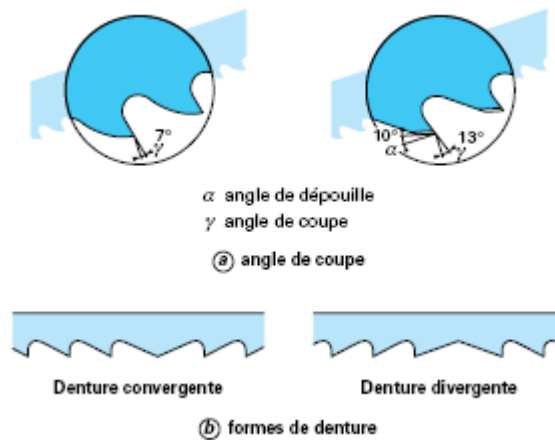
- 250 mm ou 10", modèle surtout utilisé en Amérique du Nord et dans certains pays d'Asie ;
- 300 mm ou 12", modèle le plus répandu au monde.
- Les lames pour le sciage alternatif manuel, appelées lames de scie à main pour métaux, ont essentiellement une petite denture, de 6 à 12 dents au centimètre, dont l'angle de coupe est pratiquement nul (inférieur ou égal à 1°).
- Le passage de la lame dans la coupe est obtenu par avoyage (écartement latéral des dents) de deux façons différentes : l'ondulation ou l'avoyage dent par dent



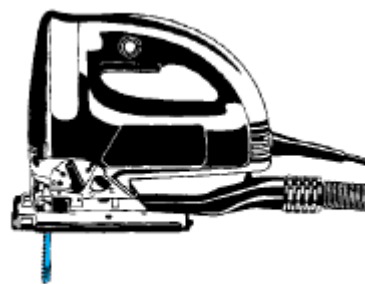
- On peut ajouter que, dans le cas de la denture avoyée dent par dent, la lame gagne en confort de coupe et en agressivité par rapport à la denture ondulée. Cependant, pour les dentures très fines (12 dents au centimètre), l'avoyage dent par dent n'est pas possible.

Scies alternatif mécanique : Les lames ont la même configuration que les lames de scies à main. Elles ont des dimensions cependant plus variées dépendant du type de machine. Les longueurs sont comprises entre 300 et 1 000 mm pour des sections de 25 x 1,25 à 123 x 3 mm.

- Les dentures sont généralement à angle de coupe nul, mais certains modèles existent avec un angle de coupe positif de 7 à 13°.
- On trouve également des lames à denture progressive, divergente, convergente .



Scies portatif, électrique ou pneumatique : Il existe deux grandes familles de lames, les scies sauteuses dont la course est perpendiculaire à l'axe de la machine, les scies sabres dont la course est dans l'axe de la machine.



(a) scie sauteuse à poignée étrier



(c) scie sauteuse

- Dans chacune de ces deux familles on trouve plusieurs formes de fixation, propres à chaque constructeur de machine (figure 1).
- La longueur des scies sauteuses peut atteindre 150 mm, la plus courante étant de 100 mm. Les scies sabres, quant à elles, peuvent atteindre 600 mm, la longueur moyenne étant de 200 mm.
- C'est sans doute dans ces deux familles de lames de scie que l'on trouve la plus grande variété de denture, depuis la forme de dents la plus classique avec ou sans angle de coupe, jusqu'à la forme isocèle, gencive, crochet ou américaine, avec ou sans angle d'inclinaison d'arête, à pas variable ou à pas constant, à concrétion de carbure... et parfois même des formes originales développées par des fabricants pour des applications particulières (figure 2).
- Le passage de la lame est réalisé soit par avoyage, dent par dent ou ondulation, soit par dépouille des flans de la lame (figure 3).



Figure 1 – Différentes attaches des lames de scies sauteuses et de scies sabres

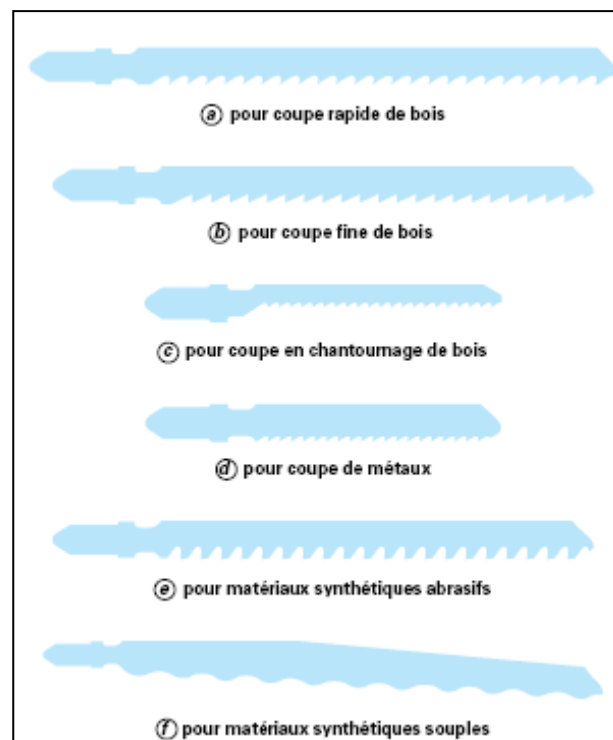


Figure 2 – Différentes formes de dents de lames de scies sauteuses et de scies sabres

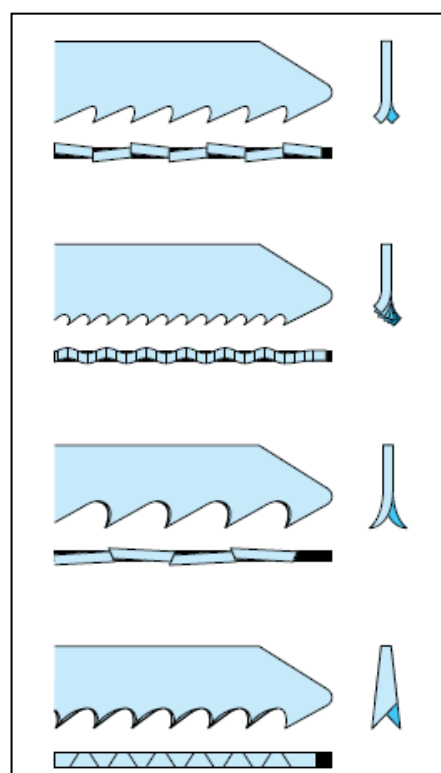


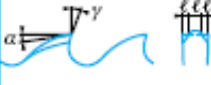
Figure 3 – Différents avoyages ou passages de scies sauteuses et de scies sabres

Scies circulaires : La fixation de ces lames se fait sur un alésage de diamètre compris entre 12,7 et 40 mm pour les lames à dents en **carbure**, entre 25,4 et 40 mm pour les lames en **acier rapide** monobloc et sur un alésage de diamètre compris entre 32 et 160 mm pour les lames à **segments rapportés**.

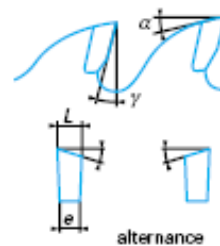
L'entraînement, selon la machine employée (stationnaire ou portative), peut se faire par pincement ou sur ergots.

Les lames en acier rapide monobloc ont un diamètre extérieur compris entre 160 et 400 mm pour des épaisseurs de 1,6 à 4 mm. Les lames à dents en carbure ont un diamètre extérieur compris entre 120 et 1 530 mm ; celles à segments rapportés un diamètre extérieur compris entre 275 et 2 040 mm.

Pour le sciage circulaire à froid, les lames sont systématiquement dépouillées (pour les lames à segments rapportés, seul le segment est dépouillé) .

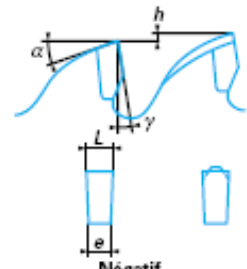
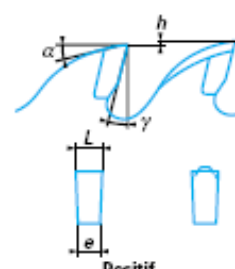
Profil	Type	Abréviation	Application
	Droite couchée	A	Matériaux minces Rainurage peu profond
	Droite ACME	Aw	Rainurage peu profond
	Simple ou crochet	B	Rainurage
	ACME	Bw	Tubes et profilés minces
	Heller ou Cochrane	C ou HZ	Tubes et profilés forte section
	Alternée	CNS	Profilés minces acier et non ferreux
α angle de dépouille γ angle de coupe κ angle d'incinaison d'arête			

(a) en acier rapide monobloc

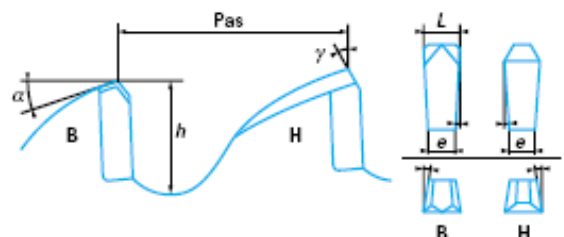


h profondeur = $\frac{\text{pas}}{2}$
 B dent basse
 H dent haute
 L largeur de coupe
 e épaisseur du disque
 α angle de dépouille
 γ angle de coupe

Affûtage alterné

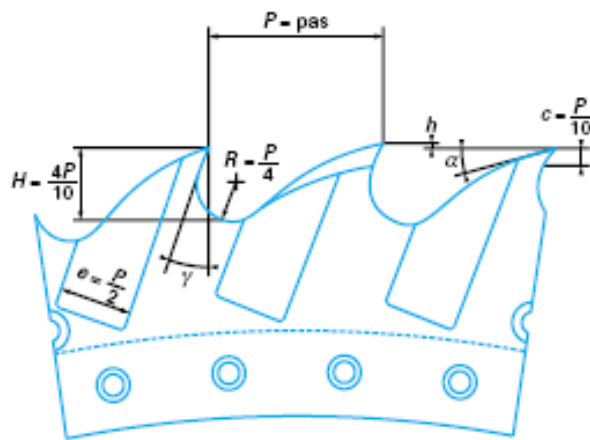


Affûtage Cochrane

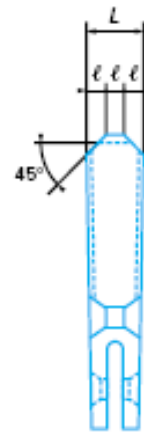


Affûtage trapézoïdal

(b) dents en carbure



© à segments rapportés

Valeurs de h (en mm) en fonction du pas (en mm)

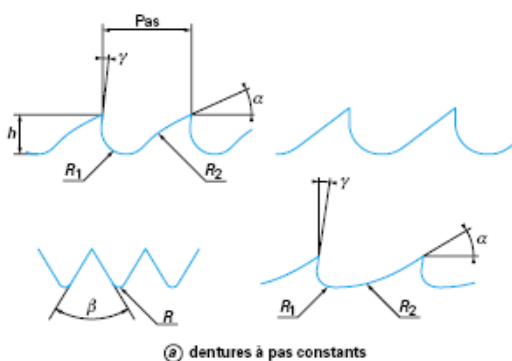
Pas P	h
7 à 12	0,20
13 à 17	0,30
18 à 20	0,35
21 à 24	0,45
25 à 32	0,50
32 à 40	0,60
40 et >	0,75

Scies à ruban : on rencontre des dentures avec angle de coupe **positif** entre la nécessité de loger un certain volume de copeaux et la résistance mécanique de la dent. Pour s'adapter aux diverses conditions de coupe (section et résistance mécanique du matériau coupé), il faut disposer d'une variété importante de formes et de dimensions de denture

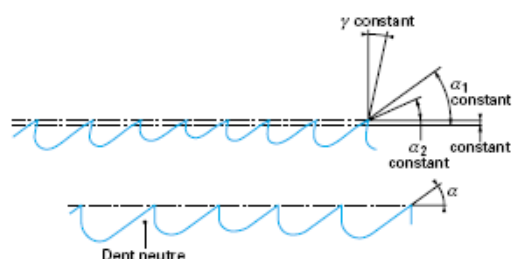
Afin d'éviter le **coincement** de la lame dans la coupe, on effectue, comme pour le sciage alternatif, un **avoyage** de la denture. Il est réalisé dent par dent ou par ondulation, quelquefois par dépouille dans le cas des rubans à dents en carbure.

Les longueurs des rubans ne sont pas normalisées. Chaque constructeur de machine à scier adapte les longueurs des lames rubans à la conception de ses modèles

Pour les machines à scier destinées à la coupe des métaux, les longueurs des lames rubans s'échelonnent, suivant les capacités et les constructeurs, de 1,2 m à environ 15 m. Les sections des rubans sont, quant à elles, normalisées (normes NF E 73-076, ISO 4875 / I)



a) dentures à pas constants



b) dentures à pas variables

α angle de dépouille γ angle de coupe β angle de taillant



Avoyage ondulé



Avoyage « Raker » pour pas fixes



Avoyage « Raker » pour pas variables



Avoyage « TDA »



Vue de côté de l'avoyage

S7	Techniques et procédés de mise en œuvre
2.2	MOYENS ET TECHNIQUE D'USINAGE 7 / 11
<u>MATÉRIAUX DE L'OUTIL</u> <i>Aciers au carbone</i> On distingue dans cette appellation : — les aciers à haute teneur en carbone comme XC75, XC100 par exemple ; — des aciers alliés (58CrV4, 125Cr1...) contenant jusqu'à 2 % d'éléments d'alliage tels que : Cr, V, W. On peut appliquer à ces matériaux d'outils de la trempe totale ou de la trempe localisée. Les outils fabriqués avec ces matériaux ne peuvent couper que des matières générant peu d'échauffement ou doivent être utilisés occasionnellement seulement. L'intérêt de ce type d'outil réside dans son faible coût d'achat. <i>Aciers rapides</i> Au même titre que pour un outil d'usinage conventionnel, les nuances d'aciers rapides utilisés en sciage doivent se caractériser par une bonne résistance à l'usure et à l'échauffement. Cependant, la spécificité du sciage nécessite un compromis entre dureté et ténacité que l'on obtient en grande partie par un traitement thermique approprié. <i>Autres matériaux</i> Bimétal : Il est composé d'un fil en acier rapide, de section carrée, rectangulaire ou quelque fois trapézoïdale, soudé sur un support en acier allié. La combinaison de l'acier rapide et de l'acier allié offre l'avantage de conjuguer la résistance à l'usure et aux hautes températures du premier, à la souplesse et à la tenue en fatigue du second. Les applications de ce type de matériau sont celles qui répondent à un besoin de souplesse générale de l'outil et de dureté de la partie active. (exemple : la lame de scie ruban.) Carbure de tungstène : On rencontre deux types d'utilisations du carbure de tungstène dans le sciage : — la pointe de dent rapportée, taillée ou affûtée ; — la concrétion de grains de carbure. Le domaine d'application est celui des matériaux à la fois et séparément à faible usinabilité et très abrasifs. Diamant : Dans le domaine du sciage, la seule technique rencontrée est la concrétion de diamant, pour la coupe de matériaux très durs et très abrasifs comme les céramiques, les faïences, les verres...	

S7	Techniques et procédés de mise en œuvre
2.2	MOYENS ET TECHNIQUE D'USINAGE 8 / 11

Traitement de surface

L'intérêt d'un revêtement est de réunir les qualités de résistance à l'usure du dépôt et la ténacité du support.

PVD (Physical Vapor Deposition) : Parmi les différents procédés existants, le PVD est un procédé physique de dépôt métallique ou céramique en phase vapeur. Dans le but d'améliorer la durée et les performances des outils de sciage, apparaissent des revêtements similaires à ceux employés pour les outils d'usinage conventionnel,

Dépôt électrolytique : Outre l'usage qui en est fait pour fixer les concrétions de grains de carbure de tungstène ou de diamant, on ne rencontre pratiquement aujourd'hui que le dépôt électrolytique de chrome sous forme de chromage dur. Les caractéristiques essentielles de ce chromage particulier sont une dureté superficielle relativement élevée et un coefficient de frottement réduit. Ces propriétés destinent ce revêtement, dans le domaine du sciage, à la coupe de matériaux « collants » tels que le cuivre, l'aluminium et leurs alliages...

3°) Mise en œuvre

CONDITIONS DE COUPE POUR LE SCIAGE

Sciage alternatif mécanique

Le matériau à couper est maintenu dans un étau. Le mouvement de coupe est donné à la lame. Le cycle se déroule en **deux** temps :

- mouvement « aller », **on coupe** en donnant une avance à l'outil ;
- mouvement « retour », l'outil est légèrement **relevé** pour le dégager de la coupe et éviter le frottement des dents.

Compte tenu des faibles vitesses de coupe et d'avance, les performances de ce mode de sciage restent modestes. Il est cependant possible de couper pratiquement **tous** les types de matériaux

Vitesses de coupe pour le sciage alternatif mécanique											
Matériaux		Nombre de dents/cm selon l'épaisseur (en mm)					Lubrifiant			Vitesse de coupe (m/min)	Pression de sciage (1)
		< 15	15/40	40/70	70/100	> 100	Sans	Huile soluble	Huile entière		
Aciers	doux	8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•		50 à 70	++
	mi-durs	8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•		50 à 60	++
	durs	8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•	•	50 à 60	+++
	alliés	8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•	•	40 à 50	+++
	prétraités	8 à 6	4	2,5 à 1,2	1,2	1,2		•	•	30 à 45	+++
Aciers à outils	non alliés	8 à 6	4	2,5	1,2	1,2		•	•	30 à 45	+++
	alliés	8 à 6	4	2,5	1,2	1,2		•	•	30 à 45	+++

Aciers rapides		8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•	•	30 à 45	+++
Aciers inoxydables		8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2			•	30 à 45	+++
Aciers réfractaires		8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2			•	30 à 45	+++
Fontes	aciérées	8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2	•			45 à 55	++
	GS	8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2	•			45 à 60	++
Cuivre		8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2			•	45 à 60	++
Laitons		8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•		45 à 60	++
Bronzes		8 à 6	6 à 4	2,5	1,5	1,2		•		45 à 60	++
Aluminium		8 à 6	4	2,5	1,2	1,2		•		60 à 75	+
Titane et alliages		8 à 6	4	2,5	1,2	1,2			•	30 à 40	+++
Plastiques durs		8 à 6	4	2,5	1,2	1,2		•		50 à 70	+
(1) + faible ; ++ moyenne ; +++ forte.											

Sciage alternatif électroportatif

Le mouvement de coupe est donné à la lame de scie sauteuse ou de scie sabre. L'avance est faite par déplacement de l'ensemble machine et lame sur le matériau à couper.

La lame coupe dans sa phase de remontée, ce qui permet d'utiliser les efforts de coupe pour plaquer la semelle de la machine contre le matériau.

Dans certains cas, les machines à scie sauteuse offrent la possibilité de dégager la lame de la coupe dans sa phase de descente afin d'éviter le frottement de la denture.

Les limites d'usage, en épaisseur coupée, sont déterminées par la longueur des lames et la course des machines utilisées. Hormis la coupe de superalliage, il n'y a pas de restriction dans la nature des matériaux coupés.

De manière générale, on limite l'usage de ce type de sciage à la mécanisation du sciage manuel.

Vitesse de coupe et avance : Ces paramètres dépendent, d'une part, de l'opérateur et de la puissance disponible sur la machine, d'autre part, de la nature de l'outil et du matériau coupé. En général, et si la machine l'autorise, on adopte des fréquences de coupe permettant un compromis acceptable entre performance et usure.

Sciage circulaire

Machines stationnaires pour la coupe des métaux :

La lame est appelée fraise-scie; elle est en acier rapide.

Les mouvements de coupe et d'avance sont donnés à la lame.

Le matériau coupé est maintenu dans un étau.

L'avance peut être manuelle ou automatique.

L'effort d'avance peut être fourni par l'opérateur, par un vérin hydraulique, par une masse appliquée au support de la lame.

Certaines de ces machines sont automatisées ou programmables.

Les coupes sont presque toujours réalisées avec lubrification.

Machines stationnaires pour la coupe de bois, de plastique :

La lame est appelée **scie circulaire** ; elle est en acier allié avec denture en **carbure** ou denture de même nature que le corps de lame.

Le mouvement de coupe est donné à la lame, cependant que l'avance est donnée au matériau coupé

Le matériau est plaqué contre un référentiel et se déplace devant la lame.

Pour les petites machines, le matériau est maintenu par l'opérateur.

Pour les machines plus importantes, c'est le poids du matériau qui suffit à son maintien.

L'effort d'avance peut être manuel ou automatique.

La coupe est faite à sec, les copeaux sont le plus souvent aspirés.

Autres types de machines stationnaires :

Un nouveau type de machine, apparenté à la scie circulaire, se développe.

La lame est appelée **scie circulaire** ; elle est en acier allié et à dents en carbure.

La configuration de ces machines, ainsi que leur fonctionnement, est **comparable** à celle des machines à fraise-scie.

Tableau 3 – Sciage circulaire par fraise-scie (acier rapide monobloc)

Nature des matériaux		Dureté (kgf/mm ²)	Angles d'affûtage (1)		Vitesse de coupe (m/min)	Avance (mm/min)
			γ	α		
Aciers	doux	35 à 50	18 à 20	8 à 10	28 à 35	70 à 160
	demi-durs	50 à 65	16	8	20 à 28	60 à 120
	durs	70 à 85	16	8	15 à 22	40 à 100
	alliés et traités	100	12	6	12 à 18	25 à 50
Aciers inoxydables	austenitiques	50 à 70	18 à 20	8	8 à 12	30 à 45
	martensitiques	50 à 80	16	6 à 8	7 à 10	20 à 35
Profilés	roulés à froid	35 à 45	15	8 à 10	25 à 40	80 à 130
Tubes	paroi mince	35 à 60	12 à 15	10	40 à 80	80 à 150
	paroi épaisse	35 à 60	15	10	30 à 50	70 à 130
Poutrelles		35 à 60	18	8	19 à 30	70 à 130
Fonte grise		15 à 30	12	8	15 à 25	80 à 110
Métaux non ferreux	aluminium		20 à 24	10	900 à 1 500	1 200 à 2 400
	cuivre	> 60	18 à 20	10	80 à 400	400 à 600
	laiton		14	10	400 à 600	800 à 1 000
	bronze	20	10	8	40 à 120	400 à 800
Plastiques durs			8 à 10	25	900 à 1 500	1 200 à 2 400

(1) α angle de dépouille.
 γ angle de coupe.

Tableau 4 – Sciage circulaire par scie circulaire (dents en carbure de tungstène)

Matériau		Vitesse de coupe (m/s)			Avance			Denture type			Angle de coupe		Nombre de dents	
		Basse	Moyenne	Élevée	Faible	Moyenne	Forte	Plate	Alternée	Heller	Positif	Négatif	Faible	Élevé
Bois tendres	En long			60 à 100			●	●	●		●		Pour épaisseurs fortes, sans état de surface soigné	Pour un bon état de surface ou épaisseurs faibles
	En travers			60 à 100		●			●		●			
Bois durs	En long		50 à 80			●		●	●		●			
	En travers		50 à 80		●				●		●			
Contreplaqués				60 à 90		●		●	●		●			
Agglomérés			50 à 80		●			●	●		●			
Panneaux stratifiés			50 à 70		●				●	●		●		
Panneaux de plâtre			40 à 60				●	●			●			
Fibrociment		10 à 40				●		●			●			
Plastiques durs		20 à 40			●				●	●	●	●		
Plastiques tendres			30 à 70		●				●	●	●	●		
Métaux non ferreux	Profilés		50 à 80		●					●		●		

Sciage à ruban

La lame ruban est montée **tendue** sur des volants. L'un de ces volants est motorisé et transmet la vitesse de coupe à l'outil. Le mouvement d'avance peut être transmis à la pièce coupée ou à l'archet sur lequel est montée la lame ruban. Pour les machines horizontales ou pendulaires, la pièce est maintenue dans un étau.

L'avance est souvent hydraulique, parfois manuelle, utilisant le poids de l'archet.

Pour les machines verticales, le matériau à couper peut être soit maintenu sur une table mobile à avance automatique ou manuelle, soit déplacé devant la lame ruban sur une table fixe ou encore fixé devant la lame ruban qui, dans ce cas, est animée du mouvement d'avance.

Dans tous les cas d'usage de la lame ruban, le tensionnement revêt une importance capitale.

Vitesse de coupe et avance : De façon générale, les vitesses de coupe en sciage à ruban sont beaucoup plus élevées qu'en usinage conventionnel à natures d'outils et matériaux coupés équivalents. Elles dépendent du type de matériau de ruban utilisé et du matériau coupé. Elles sont couramment indiquées en intervalles admissibles. Le choix, dans une plage de vitesses, est dicté par l'objectif fixé (performance, durée de vie, qualité de la coupe) ou par l'état de la machine (puissance moteur, rigidité, vétusté). Il est à noter qu'il existe des machines à vitesse variable par variateur mécanique ou à vitesse fixe par réducteur.