



Pensez **HSS**

METALLURGIE DES ACIERS RAPIDES

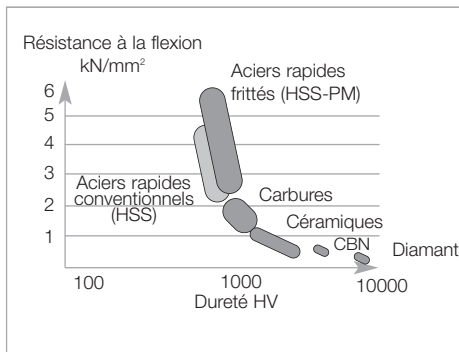
- 2 Une excellente résistance
- 3 Une grande acuité d'arête
- 4 Des outils sûrs et fiables
- 5 Les éléments d'alliage
- 6 Influence des éléments d'alliage
- 7 Compositions standards d'aciers rapides
- 8 La révolution des aciers rapides frittés
- 9 Pourquoi choisir des aciers rapides frittés
- 10 Une microstructure uniforme
- 11 La métallurgie des poudres
- 12 Compositions standards d'aciers rapides frittés
- 13 Aciers rapides frittés et revêtements

LES REVÊTEMENTS

- 14 Revêtements PVD modernes pour les meilleures performances
- 15 Avantages des outils en acier rapide revêtus
- 16 Revêtements PVD standards
- 17 Types de revêtements modernes
- 18 Inhibition de la propagation des fissures dans les revêtements
- 19 Conductivité thermique des revêtements
- 20 Le procédé PVD

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Une excellente
résistance
mécanique*



Les aciers rapides offrent la résistance à la flexion la plus élevée de tous les matériaux de coupe.

Une grande résistance à la flexion permet :

- une meilleure résistance à l'écaillage des arêtes de coupe,
- des profondeurs de coupe plus importantes, c'est à dire un nombre de passes réduit,
- l'augmentation de l'avance à la dent.



Grâce à la résistance exceptionnelle des aciers rapides, les fabricants d'outils peuvent produire des arêtes de coupe très vives. Une grande acuité d'arête comporte de nombreux avantages :

- **Alliages difficiles à usiner**

Usinage amélioré dans les alliages de titane.
Moins d'écrouissage dans les aciers inoxydables austénitiques et les alliages de nickel.

- **Qualité améliorée**

Etats de surface et tolérances des pièces usinées meilleurs, car le métal est coupé et non arraché.
Efforts de coupe moindres – très important pour l'usinage d'ailes minces.

- **Durée de vie d'outil plus longue**

Températures d'arête plus basses en raison d'efforts de coupe moins élevés.

- **Et l'usinage est plus économique !**

Réduction de la puissance consommée par la machine.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Des outils sûrs
et fiables*



Grâce à la résistance mécanique exceptionnelle des aciers rapides, les outils coupants en HSS risquent moins souvent de casser et durent plus longtemps. Les outils coupants en acier rapide :

- **Résistent aux vibrations**, quel que soit le type de machine-outil, même si la rigidité a diminué avec le temps, et quelles que soient les conditions de bridage.
- **Résistent aux chocs mécaniques** au niveau des dents dans les opérations de fraisage ou de taillage d'engrenages.
- **Sont adaptés aux usinages spéciaux et difficiles** : matériaux non homogènes, trous, cordons de soudures, empilements de tôles, plans inclinés, etc...
- **Résistent aux chocs thermiques**, et sont adaptés à tous les types de lubrification.

Cr	W	Mo	V	Co
Chrome Teneur <ul style="list-style-type: none"> • Environ 4 % Rôle <ul style="list-style-type: none"> • Augmente la trempabilité • Prévient la formation d'oxyde Origine <ul style="list-style-type: none"> • Pays variés 	Tungstène Teneur <ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 20 % Rôle <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité de la coupe • Résistance à l'adoucissement Origine <ul style="list-style-type: none"> • Principalement la Chine 	Molybdène Teneur <ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 10 % Rôle <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité de la coupe • Résistance à l'adoucissement • Améliore la trempabilité Origine <ul style="list-style-type: none"> • Sous-produit de la production du cuivre et du tungstène 	Vanadium Teneur <ul style="list-style-type: none"> • 1 à 5 %, max. 10 % Rôle <ul style="list-style-type: none"> • Forme des carbures très durs, pour une bonne résistance à l'abrasion Origine <ul style="list-style-type: none"> • Présent dans beaucoup de minéraux 	Cobalt Teneur <ul style="list-style-type: none"> • 0 à 16 % Rôle <ul style="list-style-type: none"> • Améliore la résistance à la chaleur • Améliore la dureté à chaud • Améliore légèrement la conductivité thermique Origine <ul style="list-style-type: none"> • Principalement le Canada, le Maroc et le Zaïre

Note : 1 % Mo = 2 % W (% en masse)

	Cr	W	Mo	V	Co
Dureté	↗	↗	↗	↗	↗
Résistance aux chocs	→	→	↗	→	↘
Résistance à la chaleur	→	↗	↗	↗	↗
Résistance à l'usure	↗	↗	↗	↗	↗

HSS

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-2 (M2)	0,9	4	6	5	2
HS 1-8-1 (M1)	0,8	4	1,5	8,75	1
HS 2-8-2 (M7)	1	4	1,75	8,75	2
HS 18-0-1 (T1)	0,75	4	18	0	1

HSS-E

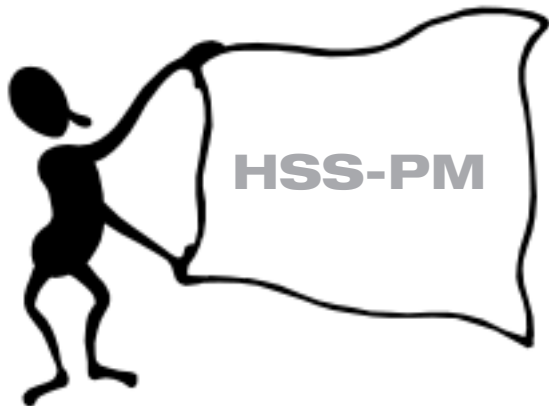
5 % cobalt

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 6-5-2-5 (M35)	0,9	4,2	6,4	5	1,9	4,8
(T15)	1.5	4	12	0	5	5

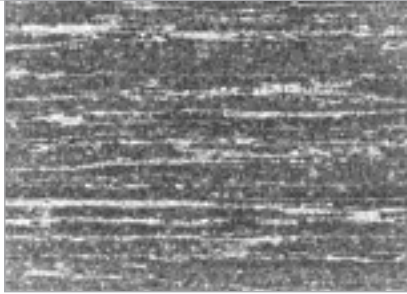
HSS-E

8 % cobalt

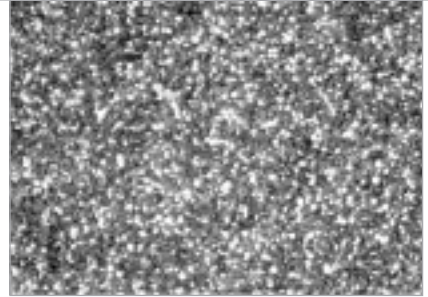
Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 2-9-1-8 (M42)	1,1	4	1,5	9,5	1,2	8



- Les aciers rapides produits par la métallurgie des poudres offrent une plus haute teneur en éléments d'alliage et une **combinaison exceptionnelle de propriétés** :
 - plus grande résistance,
 - plus grande résistance à l'usure,
 - plus grande dureté,
 - plus grande dureté à chaud.
- L'utilisation d'aciers rapides frittés **prolonge la durée de vie des outils**, rend celle-ci plus facilement prévisible, améliore les performances (avance et vitesse de coupe) et offre une solution aux problèmes d'écaillage. L'acier rapide fritté est un excellent substrat pour tirer le meilleur parti des revêtements.
- Les aciers rapides frittés ont beaucoup d'avantages **dans les applications hautes performances** comme les outils de taillage d'engrenages, l'ébauche en fraisage, le brochage, et aussi dans les cas de taraudage difficiles, et pour les opérations de perçage et d'alésage. Les aciers rapides frittés sont utilisés aussi en sciage, pour les couteaux industriels, les outils de travail à froid, les cylindres de laminage, etc.



HSS



HSS-PM

La microstructure uniforme et la propreté inclusionnaire des aciers rapides frittés sont très importantes pour la fiabilité des outils.

Atomisation de la poudre



Frittage
(HIP)

Forgeage

Laminage



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Les producteurs
d'aciers développent
constamment de
nouvelles nuances
d'aciers rapides
frittés pour atteindre
des performances
de coupe encore
meilleures*

HSS-PM

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-3 (M3:2)	1,3	4,1	6,4	5	3
HS 6-5-4 (M4)	1,45	4,1	6,4	5	4

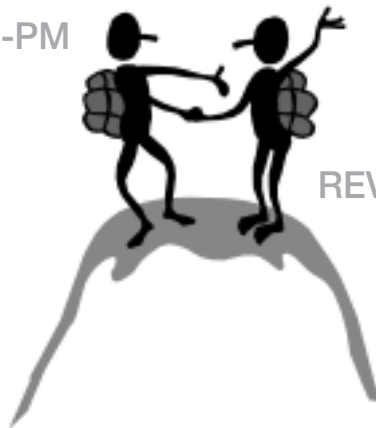
HSS-E-PM

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 12-0-5-5 (T15)	1,5	4	12	0	5	5
HS 6-5-3-8	1,3	4,2	6,4	5	3,1	8,5
HS 6-7-6-10	2,3	4,2	6,5	7	6,5	10,5

**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*Pour atteindre
des performances
encore meilleures,
combinez l'efficacité
des revêtements
PVD avec
les avantages des
aciers rapides frittés*

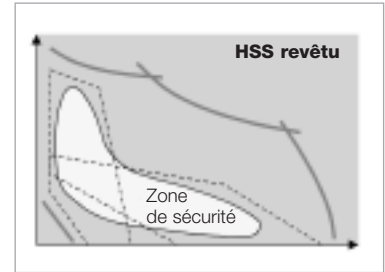
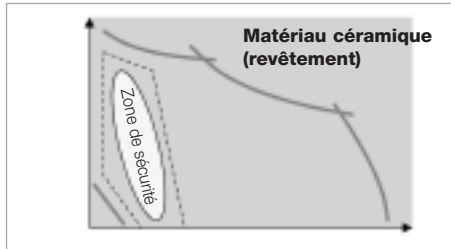
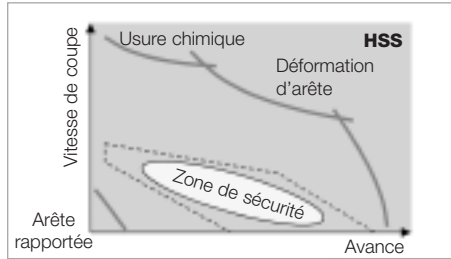
HSS-PM



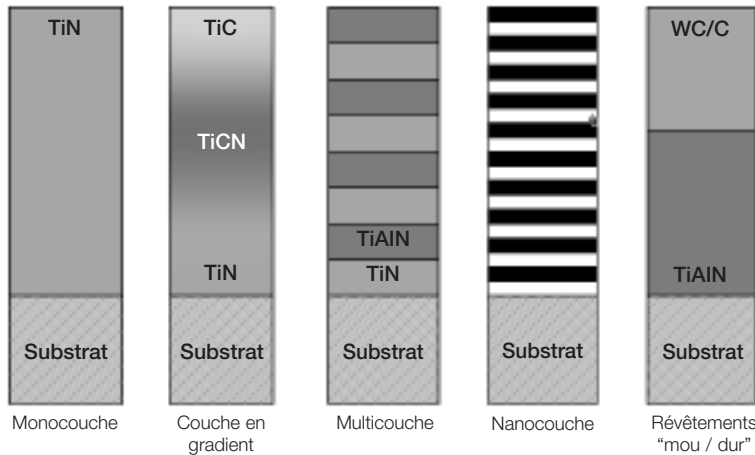
REVÊTEMENTS

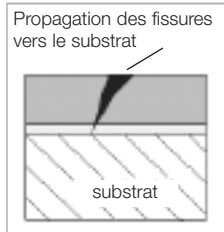
- Les aciers rapides conventionnels et les aciers rapides frittés sont d'excellents substrats pour tous les revêtements PVD comme les TiN, TiAlN, TiCN, les lubrifiants solides et les revêtements multicouches.
- Les revêtements **augmentent considérablement la performance** des outils en terme de productivité, **durée de vie**, vitesse de coupe, avance, possibilité d'usinage à sec et dans l'usinage des matériaux difficiles à usiner.
- Les revêtements apportent :
 - Une **augmentation de la dureté en surface**, pour une **meilleure résistance à l'usure** (usure par abrasion et par adhésion, usure en dépouille et en cratère),
 - Une **réduction du coefficient de frottement** pour une meilleure évacuation des copeaux, une réduction des efforts de coupe, la prévention de la formation d'arêtes rapportées, une génération de chaleur moindre, etc...
 - Un **échauffement moindre de l'outil**,
 - Une grande résistance à la corrosion et à l'oxydation, grâce à la **barrière chimique** créée,
 - Une grande résistance à l'usure en cratère,
 - Une **amélioration de l'état de surface** des pièces finies.

REVETEMENTS PVD MODERNES POUR LES MEILLEURES PERFORMANCES

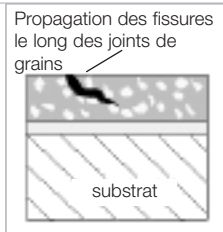


TiN Or	TiCN Gris-violet	TiAlN ou TiAlCN Noir-violet	WC-C ou MoS₂ Gris-noir	CrN Métal
<p>Dureté HV (0,05) 2300</p> <p>Coeff. de frottement : 0,3</p> <p>Stabilité thermique 600° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revêtement d'usage général • Pour un meilleur glissement de l'arête de coupe • Améliore la résistance à l'abrasion 	<p>Dureté HV (0,05) 3000</p> <p>Coeff. de frottement : 0,4</p> <p>Stabilité thermique 750° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revêtement polyvalent • Haute performance dans les aciers de construction • Plus grande résistance à l'usure que les revêtements TiN • Disponible en mono et multicouche 	<p>Dureté HV (0,05) 3000-3500</p> <p>Coeff. de frottement : 0,45</p> <p>Stabilité thermique 800° à 900° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revêtement haute performance pour augmenter les conditions de coupe et la durée de vie. Également adapté à l'usinage à sec • Réduit l'échauffement de l'outil • Les versions multicouches, alliées et nano-structurées sont encore plus efficaces 	<p>Dureté HV (0,05) 1000-3000</p> <p>Coeff. de frottement : 0,1</p> <p>Stabilité thermique 300° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Améliore le glissement • Mais résistance à la chaleur limitée • Pour les matériaux collants comme les alliages d'aluminium, de cuivre et les matériaux non-métalliques 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour cuivre, étain, bronze

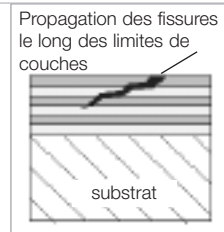




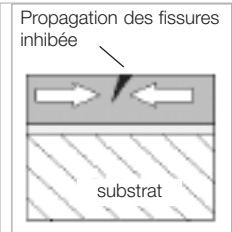
Monocouche avec un faible niveau de contraintes résiduelles de compression



Structure nanocrystalline



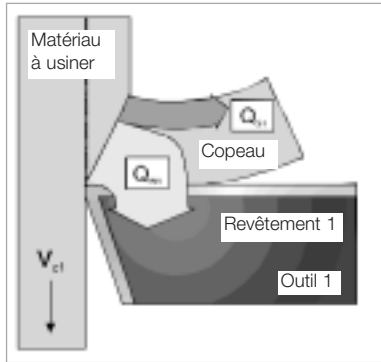
Multicouche



Monocouche avec un haut niveau de contraintes résiduelles de compression

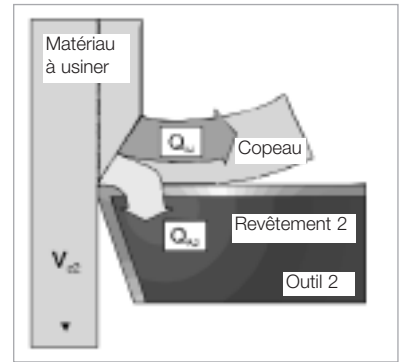
- La ténacité des couches est aussi importante que la dureté du revêtement pour retarder la propagation des fissures.
- Un équilibre entre un fort niveau de contraintes résiduelles de compression (adhérence faible) et un faible niveau de contraintes résiduelles de compression (faible résistance à la fissuration) est nécessaire.

INHIBITION DE LA PROPAGATION DES FISSURES DANS LES REVETEMENTS



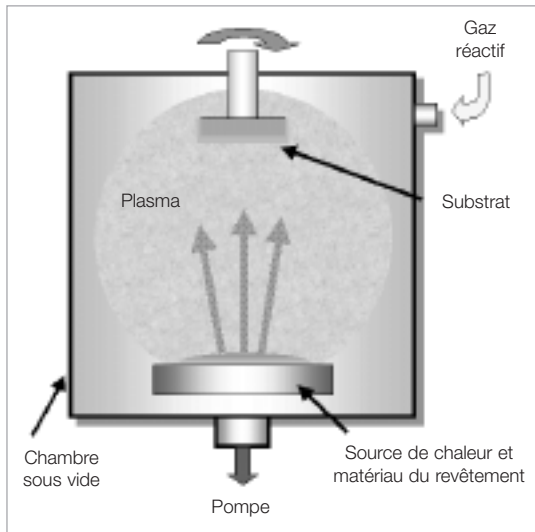
Revêtement avec une haute conductivité thermique

- Vitesse de coupe $V_{c1} = V_{c2}$
- Flux de chaleur, copeau $Q_{s2} > Q_{s1}$
- Flux de chaleur, outil $Q_{w2} > Q_{w1}$
- Effort de coupe $F_{c1} > F_{c2}$
- Longueur de la zone de contact $l_{k1} > l_{k2}$



Revêtement avec une faible conductivité thermique

CONDUCTIVITE THERMIQUE DES REVETEMENTS



- Le matériau de revêtement est d'abord évaporé ; il se condense ensuite sur le substrat (= l'outil)
- Vide : 10^{-6} - 10^{-4} torr
- Température: 200 - 500° C
- Assisté plasma



Vous pensez **fiabilité**, Pensez **HSS**

PERÇAGE

OUTILS DE PERÇAGE

- 2 Zoom sur un foret
- 3 Quel acier rapide pour un rendement maximum ?
- 4 Traitements de surface pour les meilleures performances
- 5 Lexique
- 6 Choisir la longueur optimale de goujure
- 7 Choisir la bonne conception
- 8 Autres conceptions de forets monoblocs
- 9 Épaisseur d'âme
- 10 Les différents angles d'hélice
- 11 Angles de pointe
- 12 Exemples de conception de pointes
- 13 Exemples d'amincissements d'âme
- 14 Avantages de l'amincissement d'âme

15 Types de forets

16 Précision du trou et positionnement

17 Montage des forets

LE PROCEDE DE PERÇAGE

18 Les bases du perçage

19 Vitesses de coupe typiques

20 Avances

21 L'arrosage et l'évacuation des copeaux

22 Les forets à arrosage central

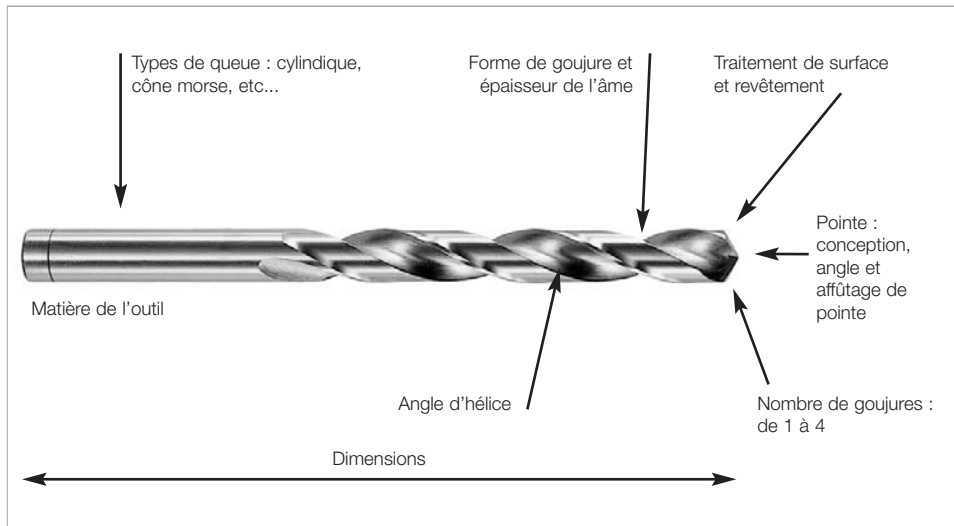
23 Comment surveiller l'usure

24 Comment interpréter les copeaux

25 Résoudre ses problèmes de perçage

26 Conseils pour les conditions spéciales de perçage

27 Formules utiles en perçage



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Découvrez
la performance
des forets HSS-PM
revêtus,
spécialement quand
les forets carbure ne
rencontrent pas le
succès escompté*

HSS

- Pour une utilisation normale

HSS-E 5 % cobalt

- Le choix de base pour des applications industrielles

HSS-E 8 % cobalt

- Pour le perçage de matériaux difficiles à usiner

HSS-PM (métallurgie des poudres)

- Pour un usinage haute-performance
- Combine la performance d'un carbure avec la robustesse d'un acier rapide

Fonte grise

Histoire d'un succès

Opération

- Perçage de trous Ø 8,25 mm, profondeur 80 mm

Outil

- Foret revêtu HSS-PM

Conditions de coupe

- $v_c = 60$ m/min, f 0,25 mm/tour

Durée de vie

- **Plus du double** comparé à un carbure (812 trous contre 375)

Coût par trou

- **Divisé par 2** par rapport au carbure

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

L'enlèvement de matière est plus facile avec des forets revêtus, grâce à la diminution du frottement et à des conditions de coupe plus élevées.

Les revêtements DLC peuvent aussi être utilisés pour percer les matériaux non-ferreux.

Oxydation vapeur

- Traitement de surface répandu
- Pour les matériaux ferreux uniquement

Nitruration

- Rarement utilisé
- Pour les fontes et l'aluminium

TiN Or

- Revêtement conventionnel polyvalent
- Bon marché
- Performances moyennes

TiCN Gris-violet

- Haute résistance à l'usure
- Pour les aciers
- Pour le perçage avec chocs dans les matières difficiles à usiner

TiAlN ou TiAlCN Noir-Violet

- Revêtement polyvalent haute performance, pour de plus grandes vitesses de coupe
- Pour les alliages ferreux (aciers, fontes), matériaux durs ou abrasifs
- Adapté à l'usinage à sec

MoS₂ ou WC-C Gris-Noir

- Bonne propriété anti-soudure, réduit le frottement
- Utilisé en combinaison avec d'autres revêtements
- Adapté à l'usinage à sec

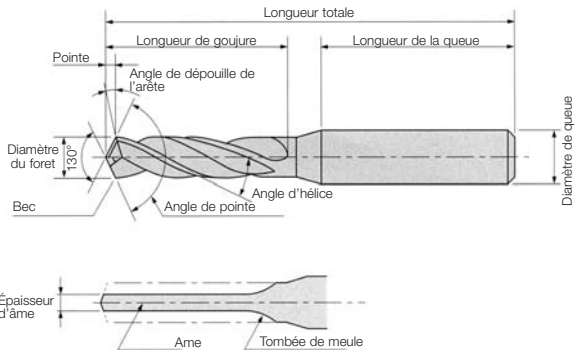
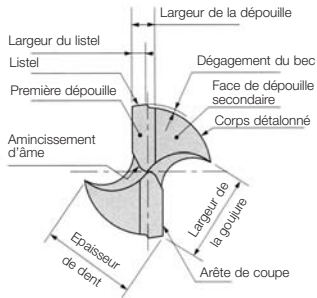
UN FORET DANS LE MONDE

Anglais :
a drill

Allemand :
ein Bohrer

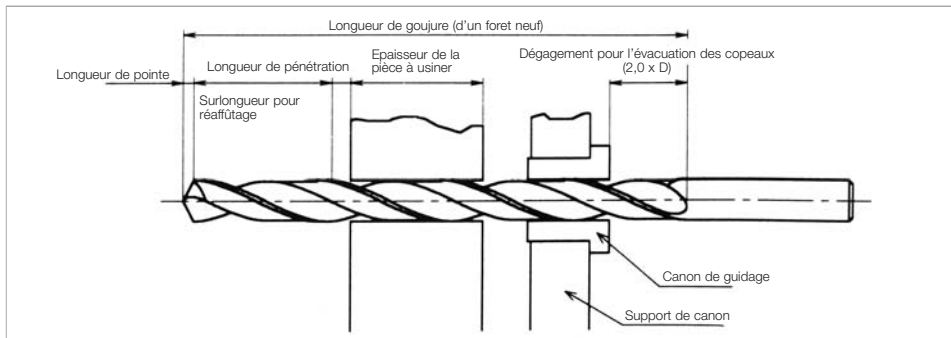
Italien :
una punta

Espagnol :
una broca



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les forets les plus longs ne devront être utilisés qu'en cas d'absolue nécessité



La longueur de goujure est un élément crucial pour la durée de vie de l'outil : pour une grande durée de vie, la longueur de la goujure doit être la plus courte possible. Les grandes longueurs de goujure induisent une moindre rigidité du foret à l'origine de perçages moins précis.

Dans la plupart des opérations, la longueur de goujure peut être calculée comme suit :

- Profondeur du trou
- + longueur du canon
- + distance entre la bague et la pièce
- + 2 x diamètre (nécessaire pour une bonne évacuation des copeaux)
- + surlongueur pour réaffûtage
- + longueur de pénétration

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Grâce à une conception innovante, aux revêtements et aux HSS-PM, les forets hélicoïdaux permettent aussi d'obtenir de hautes performances en perçage



Le plus utilisé

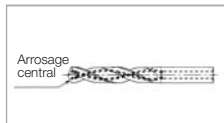
Foret monobloc hélicoïdal

- + Outils polyvalents
- + La plus large gamme de diamètres (de 0,05 à 80 mm, voire plus)
- + Existe en 4 longueurs : ultra-court, court, long, ultra-long
- + Capable d'outils très longs (par exemple : 1000 mm en diamètre 10 mm)



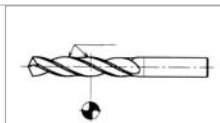
Foret avec plaquettes HSS

- Pour le perçage de trous de grands diamètres, particulièrement au delà de 20 mm, ou pour les opérations combinées
- + Réaffûtage inutile
 - + Porte-outil polyvalent, pour plusieurs diamètres de plaquettes
 - + Auto-centeur et arêtes aiguës pour diminuer les efforts de coupe par rapport aux plaquettes en carbure
 - + Peut-être utilisé dans les tôles empilées et trous > 50 mm
 - Plus fragile et plutôt cher dans les petits diamètres



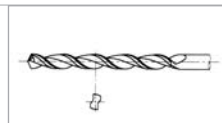
Foret à arrosage central

Pour de hautes performances et le perçage de trous profonds



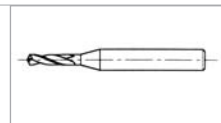
Foret à double listel

Pour une meilleure qualité du perçage



Foret parabolique

Pour les trous profonds



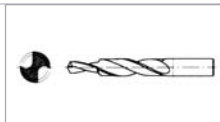
Foret à queue renforcée

Augmente la rigidité pour les petits diamètres de trous



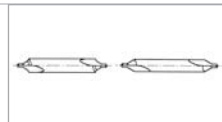
Foret aléueur

Choix de base pour agrandir un trou
Très productif pour des trous de qualité 8



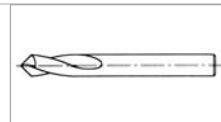
Foret étagé

Pour des opérations combinées en une passe



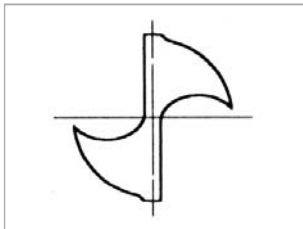
Foret à centrer

Pour produire les trous de centrage nécessaires aux opérations de tournage et de rectification



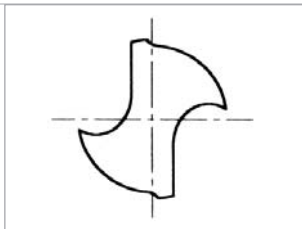
Foret à pointer

Pour pointer et chanfreiner



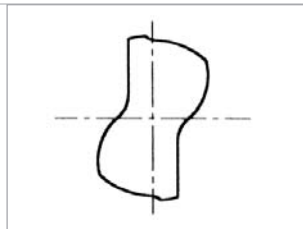
Conventionnel

- Pour un usage général
- Large espace pour les copeaux
- Faible épaisseur d'âme :
0,10 à 0,25 x D



Ame moyenne

- Grande rigidité pour les grandes avances.
Un amincissement d'âme en pointe est réalisé pour diminuer les efforts de coupe axiaux
- Utilisé pour les aciers et les fontes
- Pour une grande efficacité de perçage et une durée de vie d'outil plus longue
- Epaisseur d'âme : 0,20 à 0,35 x D

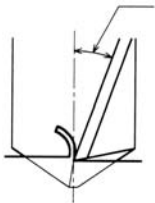


Type parabolique

- Grande rigidité avec un enlèvement de matière facilité
- Utilisé pour les alliages d'aluminium et les aciers inoxydables
- Grande durée de vie de l'outil
- Pour les trous profonds, pour éviter la casse ou la déviation du foret
- Epaisseur d'âme : 0,30 à 0,45 x D

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Ne pas oublier que
sur un foret, l'angle
d'hélice est aussi
l'angle de coupe*



Angle d'hélice faible

Utilisation : matériaux durs, bronze, laiton

Recommandé aussi pour les forets de petits diamètres, pour augmenter la rigidité de l'outil

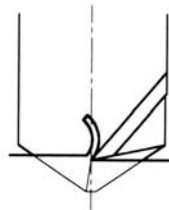
- + Augmente la résistance des arêtes de coupe
- Diminue les efforts de coupe

30°

Angle d'hélice standard

Choix de base

Conception la plus répandue



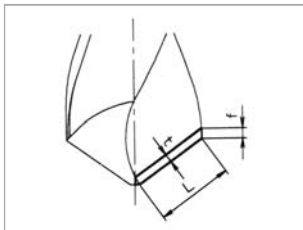
Grand angle d'hélice

Utilisation : matériaux tendres (aluminium, cuivre)

- + Réduit les efforts de coupe
- Diminue la résistance des arêtes de coupe

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Les forets HSS
offrent la plus large
gamme d'angles de
pointe : utilisez-les !*



Angle faible

Angles faibles : 90°

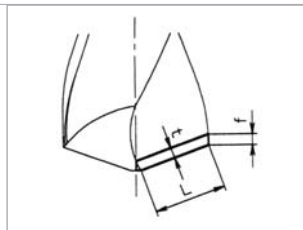
Pour matériaux doux

**118°
ou 120°**

Angle standard

Usage général

A noter : l'angle de pointe a un impact important sur les efforts et le couple de coupe, ainsi que sur la longueur de contact de l'arête de coupe et l'épaisseur des copeaux



Grand angle

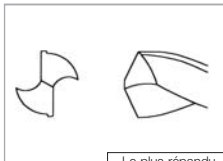
Grands angles : 130° , 135° ou 140°

Pour les matériaux durs

Minimise la déviation du foret dans des conditions spéciales de perçage (trous profonds, trous qui se croisent, trous sur angle...)

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

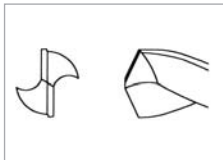
*Améliorez la qualité
du perçage et les
performances :
choisissez le bon
type d'affûtage*



Le plus répandu

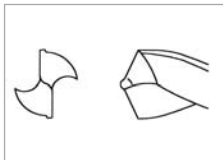
Affûtage standard

- Perçage conventionnel
- Usage général



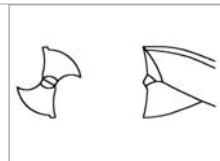
Affûtage 4 pentes

- Pour les tolérances serrées
- Recommandé pour les petits trous
- Facile à affûter



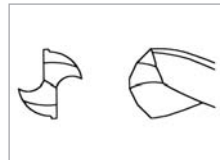
Affûtage en arête non linéaire

- Bon centrage
- Réduit les bavures
- Utilisation : aluminium



Affûtage avec pointe de centrage

- Positionnement aisé du foret
- Evite les bavures et les vibrations lors du perçage de tôles minces et de tubes
- Utilisation : aciers de construction

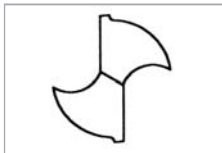


Affûtage avec renfort de bec

- Augmente la résistance du bec
- Utilisation : matériaux durs ou abrasifs, fontes

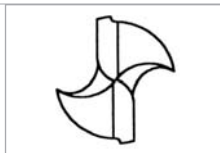
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Les forets modernes
en acier rapide sont
auto-centreurs :
le pointage n'est
plus nécessaire*



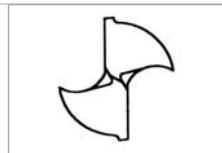
Sans amincissement d'âme

- Utilisation générale



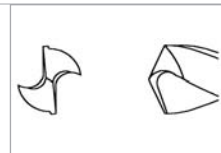
Trois pentes

- Coupe précise
- Pour les matériaux difficiles à usiner ou les trous profonds



Type W

- Pour les perçages difficiles et les matériaux durs
- Prévention efficace contre l'écaillage des arêtes



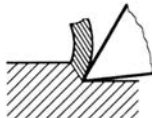
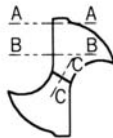
Avec amincissement d'âme

- Pour les perçages difficiles. Bon centrage
- Produit des copeaux courts et fragmentés
- Réduction efficace de la force de poussée

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

L'amincissement d'âme réduit les efforts de poussée, permet d'améliorer les conditions de coupe, la précision du trou et la durée de vie de l'outil

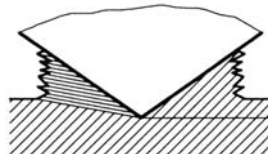
Géométrie standard de forets (sans amincissement d'âme)



Coupe A-A
Angle positif

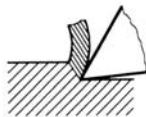
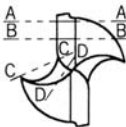


Coupe B-B
Angle positif

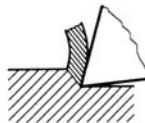


Coupe C-C
Pas de coupe, déformation seulement

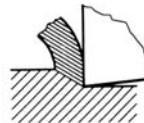
Forets de conception avancée (avec amincissement d'âme)



Coupe A-A
Angle positif



Coupe B-B
Angle positif



Coupe C-C
Angle positif

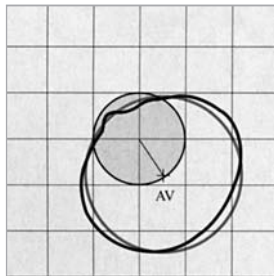


Coupe D-D
Angle positif

TYPE	AME	ANGLE D'HELICE	ANGLE DE POINTE	UTILISATION
N	Ame standard	Standard (30°)	Standard (118° ou 120°)	Matériaux ferreux Fontes
H	Ame mince	Petit (12 ou 16°)	Standard (118° ou 120°) ou grand (130°)	Matériaux à copeaux courts. Bronze. Laiton.
W	Ame mince	Grand (35-40°)	Grand (130°)	Matériaux à copeaux longs. Alliages d'aluminium. Cuivre.
Parabolique	Ame épaisse ou âme mince	Grand (35-40°)	Standard (118° ou 120°) ou grand (130°)	Matériaux à bonne usinabilité. Matériaux à copeaux longs.
Très rigide	Ame épaisse	Moyen (20-35°)	Grand (130°)	Matériaux difficiles à usiner (aciers inoxydables, à ressort, résistants à la température)

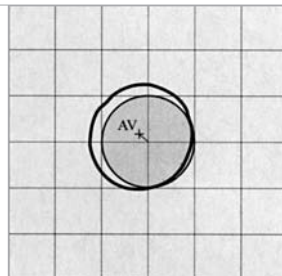
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Améliorez
la précision
des perçages avec
des forets en
acier rapide de
conception avancée*



Géométrie standard

- Diamètre d'outil : 10 mm
- Diamètre du trou : 10,07 mm
- Mauvaise localisation : 0,15 mm en moyenne
- IT12



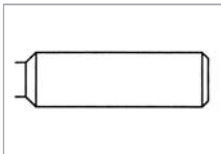
Géométrie moderne

- Diamètre d'outil : 10 mm
- Diamètre du trou : 10,025 mm
- Meilleure localisation : 0,045 mm en moyenne
- IT9

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

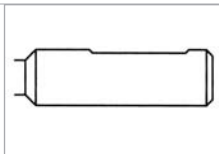
*Les forets existent
aussi :*

- Avec une queue renforcée pour une plus grande rigidité et pour les petits outils
- Ou avec des queues à diamètre réduit pour les tours à décolleter



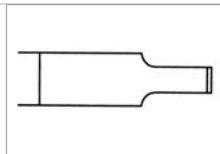
Queue cylindrique

- Choix de base



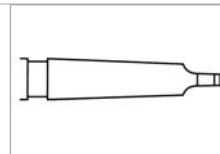
Queue cylindrique avec méplat incliné

- Pour les grands diamètres (entre 6 et 20 mm)
- Pour les forets à arrosage central
- Évite au foret de tourner dans le mandrin



Queue cylindrique avec tenon

- Pour des changements d'outil rapides
- Porte-outil simple de grande rigidité
- Grand dégagement de queue



Cône morse avec tenon

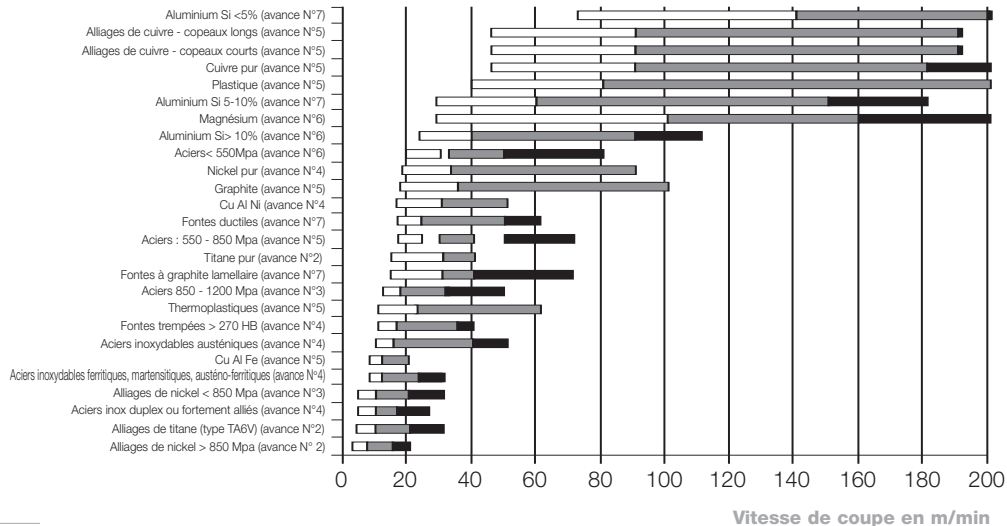
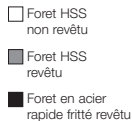
- Pour les grands diamètres
- Pour des changements d'outils rapides
- Grande rigidité

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Le saviez-vous ?
Il y a des perçages
dans 75%
des pièces
mécaniques*



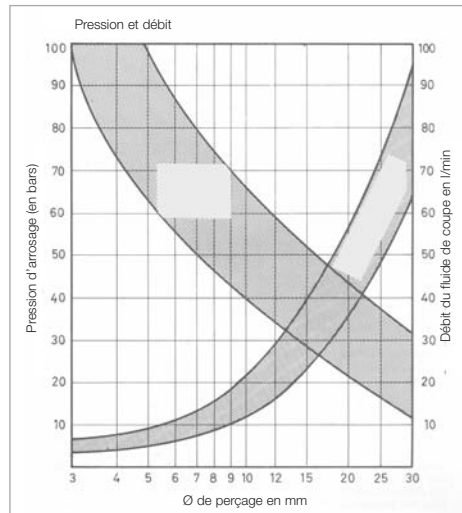
- Le perçage est une opération d'usinage qui combine un mouvement de rotation de l'outil et un déplacement axial, sauf quand le foret est monté sur un tour, où le foret est fixe, et c'est la pièce à usiner qui tourne.
- En perçage, la vitesse de coupe varie le long de l'arête de coupe. A la pointe, la vitesse de coupe est nulle. Ce point ne coupe pas, mais repousse le métal.



Ø de perçage mm	Colonne d'avance N°								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	f (mm/tr)								
0,50	0,004	0,006	0,007	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,019
1,00	0,006	0,008	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,023	0,025
2,00	0,020	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125
2,50	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160
3,15	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,160
4,00	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,200
5,00	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250
6,30	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315
8,00	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,315
10,00	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,400
12,50	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500
16,00	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630
20,00	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,630
25,00	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	0,800
31,50	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000
40,00	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250
50,00	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250	1,250
63,00	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250	1,600	1,600
80,00	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250	1,600	1,600	2,000

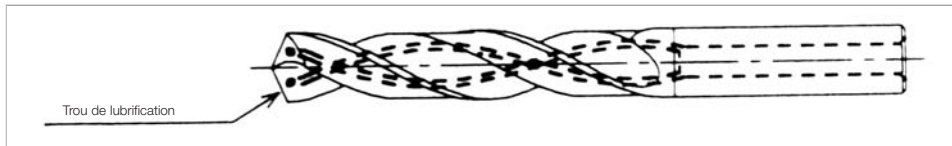
*Les forets
à arrosage central
permettent
d'augmenter
la durée de vie
d'outil*

- Les fluides de coupe sont essentiels pour l'évacuation de la chaleur, des copeaux et pour la lubrification. Ils évitent également l'usure par adhésion à la pointe du foret (là où la vitesse de coupe est nulle).
- En perçage, les huiles solubles sont préférables aux huiles entières, même si ces dernières peuvent aussi être utilisées.
- Les huiles solubles avec additifs prolongent significativement la durée de vie des forets HSS.
- L'arrosage doit être dirigé directement vers l'arête de coupe.
- La quantité de lubrifiant nécessaire dépend du diamètre du foret, de la profondeur du trou et des conditions de coupe.



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

L'arrosage central est essentiel pour de plus grandes durées de vie, pour l'utilisation de vitesses plus élevées, et pour les trous profonds



Avantages des forets à arrosage central et de l'arrosage haute pression

- + évite le collage des copeaux
- + évite la dégradation des arêtes de coupes par usure chimique aux hautes températures

- + prolonge la durée de vie de l'outil (jusqu'à 300%)
- + permet une augmentation des vitesses de coupe de plus de 30%.
- + améliore l'état de surface

HISTOIRE D'UN SUCCES

Opération

- Perçage de trous Ø 8,25 mm, L 80 mm dans des pièces automobiles

Outil

- Foret HSS-PM 9% Co avec arrosage central + revêtement + géométrie spéciale

Conditions de coupe

- $v_c = 60$ m/min, $f = 0,25$ mm/tr

Durée de vie de l'outil

- **plus du double** comparée à celle d'un foret carbure (812 trous au lieu de 375)

Coût par trou

- **divisé par 2** par rapport à un foret carbure

Fonte

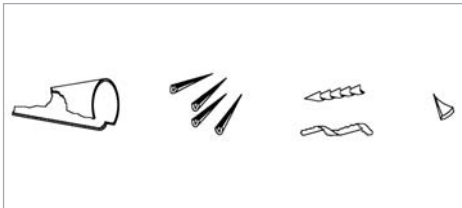
Usure en dépouille	Usure en cratère	Écaillage	Déformation	Arête rapportée
<ul style="list-style-type: none"> • Usure normale • Augmenter la vitesse de coupe (v_c) et/ou l'avance (f_z) • Augmenter l'angle de coupe effectif 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être évitée • Diminuer la vitesse de coupe (v_c) et/ou l'avance (f_z) • Utiliser un outil revêtu et un acier rapide plus dur 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être évité • Diminuer la vitesse de coupe (v_c), augmenter la pression de l'arrosage • Utiliser un acier rapide plus résistant 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être évitée • Diminuer la vitesse de coupe (v_c) et/ou l'avance (f_z) • Utiliser un outil revêtu et un acier rapide plus dur 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être évitée • Augmenter la vitesse de coupe (v_c) et /ou l'avance (f_z) • Utiliser un outil revêtu et un acier rapide plus dur

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

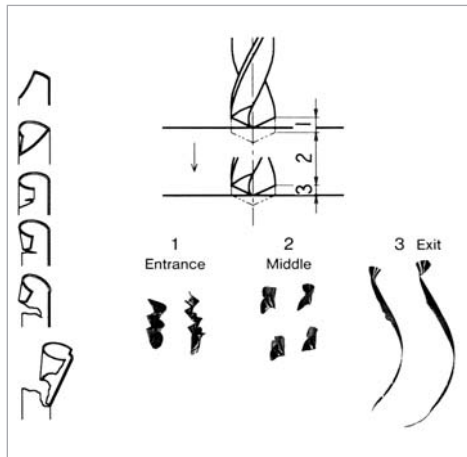
Des copeaux courts fractionnés sont la preuve que l'avance a été bien choisie

- Les copeaux longs et enroulés voire collés dans la goujure du foret empêchent le fluide de coupe de pénétrer dans le trou. Ceci entraîne la surchauffe de l'outil, voire sa casse.
- Quand ils sont trop courts, les copeaux sont difficiles à évacuer et parfois il s'entassent autour de la queue. Ceci induit une qualité médiocre et réduit la durée de vie de l'outil.

Formes de copeaux de perçage



Il se forme des copeaux différents à chaque étape du procédé de perçage quand on utilise un amincissement d'âme

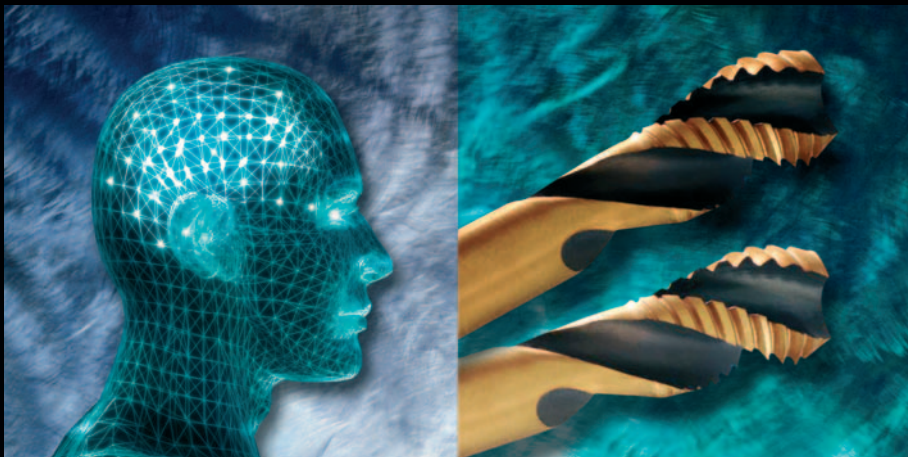


Problème	Causes	Solutions
Trou trop grand	Serrage trop faible, angle de pointe inégal, longueur inégale des arêtes	Vérifier le porte-outil et le faux-rond Réaffûter et vérifier la précision
Trou irrégulier	Serrage trop faible, angle de pointe inégal, longueur variable de listel, avance trop importante, lubrification insuffisante	Vérifier le porte-outil et le faux-rond Réaffûter et vérifier la précision Diminuer l'avance Utiliser un foret à arrosage central
Mauvais positionnement	Faux-rond de la broche Mauvais alignement Faux-rond en cours de perçage	Vérifier le porte-outil et le faux-rond, vérifier l'alignement, sélectionner un outil à amincissement d'âme pour une plus faible résistance de coupe, utiliser un canon de guidage ou réaliser un pointage
Mauvaise perpendicularité	Usure excessive de l'outil, angle de pointe variable, surface à percer non perpendiculaire à l'axe, mauvais alignement (sur les tours)	Réaffûter et vérifier la précision, vérifier le positionnement de la pièce, faire un pointage
Mauvaise cylindricité	Angle de pointe inégal, serrage trop faible Angle de dépouille trop large, faible rigidité du foret	Réaffûter et vérifier la précision Vérifier le mandrin et le faux-rond Utiliser un foret à âme épaisse
Mauvais état de surface	Mauvais affûtage, problèmes de refroidissement serrage trop faible, avance excessive, bourrage de copeaux	Réaffûter correctement, augmenter le débit de l'arrosage et en améliorer la qualité, réduire l'avance, sélectionner une goujure large, un foret à arrosage central et grande hélice
Casse de l'outil	Faible rigidité, avance excessive, usure d'outil, bourrage de copeaux, centrage difficile	Augmenter la rigidité, réduire l'avance, sélectionner une goujure large, un foret à arrosage central à grande hélice, utiliser un canon de guidage ou réaliser un pointage
Casse du tenon	Mandrin mal serré, défaut (endommagement, copeaux) de la surface intérieure du cône morse	Modifier la surface du porte-outil ou le changer

Perçage de surfaces inclinées	Trous sécants ou trous non-symétriques	Perçage de tôles	Perçage de plaques empilées	Perçage de tubes
<ul style="list-style-type: none"> • Fraiser une surface plane avant de percer • Faire un avant trou avec un foret à centrer ou un foret à pointer • Utiliser un canon de guidage • Utiliser un foret très rigide • Diminuer l'avance 	<ul style="list-style-type: none"> • A éviter • Utiliser un foret très rigide ou un foret à double listel • Réduire l'avance • Remplir le trou avec le même matériau afin d'équilibrer la coupe 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser une contre-plaque • Faire un avant trou ou utiliser un foret étagé • Réduire l'avance 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire un avant trou ou utiliser un foret avec centre • Réduire l'avance 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire un avant-trou ou utiliser un foret étagé • Utiliser une fraise au lieu d'un foret

Symbole	Unité	Nom
D	mm	Diamètre d'outil
I	mm	Profondeur du trou
L	mm	Course totale : course d'approche + profondeur du trou + longueur de pointe
N	tr/mm	Tours par minute

Symbole	Unité	Nom	Formule
v_c	m/min	Vitesse de coupe	$v_c = \frac{\pi DN}{1000}$
v_f	mm/min	Avance par minute	$v_f = Nf$
f	mm/tr	Avance par tour	$f = \frac{v_f}{N}$
T	min	Temps d'usinage	$T = \frac{L}{fN}$



Vous pensez **sécurité**, Pensez **HSS**

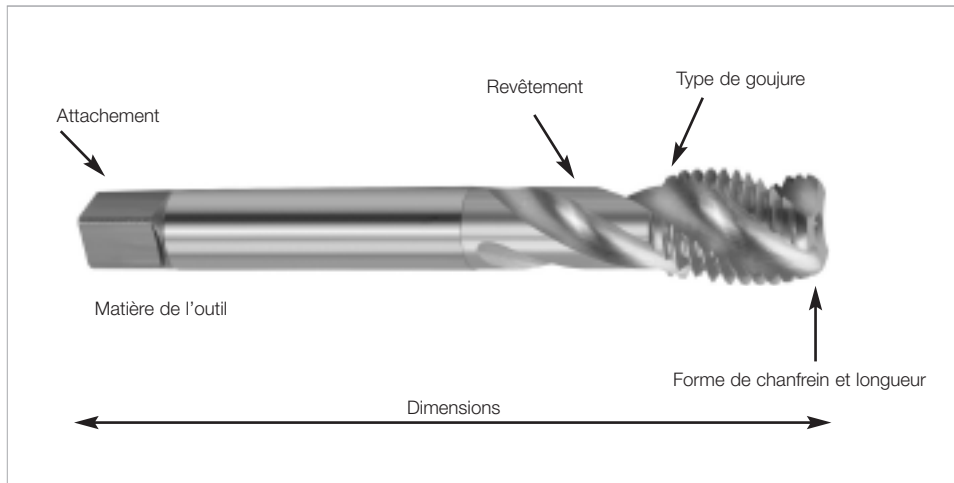
TARAUDAGE

TARAUDS

- 2 Zoom sur un taraud
- 3 Quel acier rapide pour une efficacité maximum ?
- 4 Les traitements de surface pour les meilleures performances
- 5 Lexique
- 6 Le taraudage
- 7 Le taraudage par déformation
- 8 Le filetage à la fraise
- 9 Formes de chanfrein d'entrée
- 10 Longueur de chanfrein d'entrée
- 11 Taille du taraud et taille du filet
- 12 Formes de base des filets
- 13 Le montage des tarauds

L'OPÉRATION DE TARAUDAGE

- 14 Les bases du taraudage
- 15 Vitesses de coupe typiques
- 16 L'arrosage
- 17 Résolution de problèmes
- 18 Usure



**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*Obtenez
les meilleures
performances
avec des tarauds en
acier rapide fritté*

HSS

- Principalement pour les tarauds à main

HSS-E

**5 % de cobalt
ou haute teneur
en vanadium**

- Choix de base

HSS-E

8 % de cobalt

- Pour de plus grandes vitesses de coupe et une productivité accrue

HSS-PM

- Pour de plus hautes performances et des durées de vie d'outil plus longues
- Pour les alliages de nickel, de titane et les aciers durs

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Pour une efficacité maximum du revêtement, choisissez un substrat en acier rapide fritté

Oxydation à la vapeur

- Choix de base
- Pour un coefficient de frottement réduit

Nitruration

- Pour les fontes, les alliages à haute teneur en silicium, et les thermoplastiques

TiN Or

- Choix de base
- Pour les aciers doux, les aciers à outils et les aciers trempés

TiCN Gris-violet

- Pour le taraudage à sec
- Pour les aciers durs, à outils et trempés

TiAIN ou TiAlCN Noir-violet

- Pour les hautes vitesses de taraudage
- Pour le taraudage à sec

MoS₂ ou WC-C Gris-violet

- Bonnes propriétés anti-grippage, réduit le frottement
- S'utilise en combinaison avec d'autres revêtements
- Adapté à l'usinage à sec

CrN Métal

- Pour les alliages de cuivre, laiton et bronze

LES TRAITEMENTS DE SURFACE POUR LES MEILLEURES PERFORMANCES

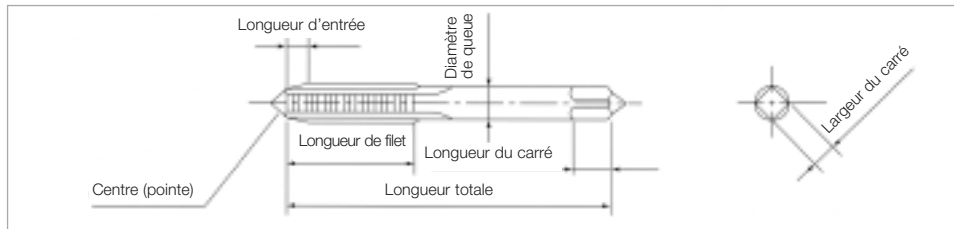
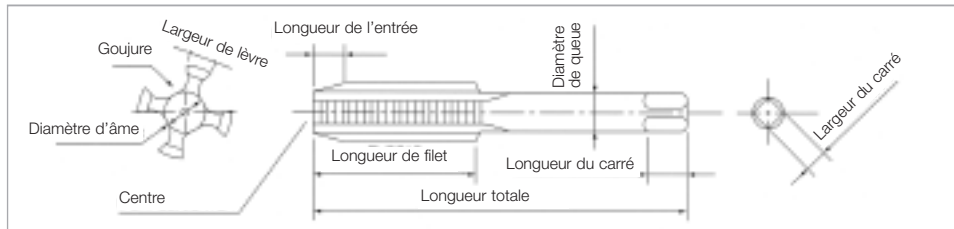
**UN TARAUD
DANS LE MONDE**

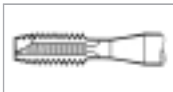
Anglais :
a tap

Allemand :
ein Gewindebohrer

Italien :
un maschio

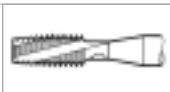
Espagnol :
un macho de roscar





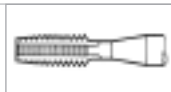
Taraud à goujures droites avec coupe type Gun

- Pour trous débouchants
- Dirige le copeau dans le sens de l'avance



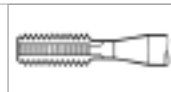
Taraud à gauche à entrée type Gun

- Pour trous débouchants
- Dirige le copeau dans le sens de l'avance



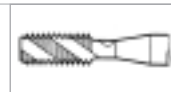
Taraud à goujures droites avec entrée longue

- Pour trous débouchants



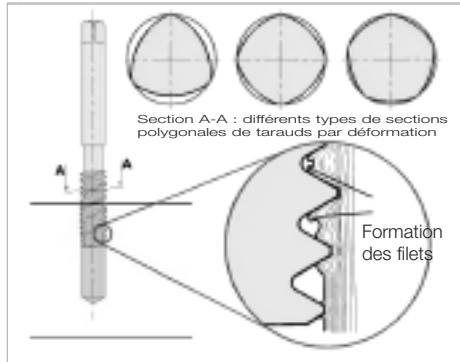
Taraud à goujures droites avec entrée courte

- Pour trous borgnes
- Pour usage général
- La longueur du chanfrein d'entrée est calculée pour éviter les bourrages de copeaux durant le retour de l'outil. Les copeaux sont évacués correctement



Taraud à droite à entrée en spirale

- Pour trous borgnes
- Evacue le copeau vers le haut de la goujure



Les tarauds par déformation forment des filetages sans enlèvement de matière. Les tarauds par déformation sont recommandés pour les métaux non-ferreux comme l'aluminium et les alliages de cuivre, les laitons (doux) et les aciers non traités.

Avantages :

- Pas de copeau
- Pas de problème d'erreur d'usinage
- Pas d'erreur de pas
- Meilleure résistance à la traction
- Meilleur état de surface
- Grande durée de vie d'outil
- Hautes vitesses de coupe (jusqu'à 2 fois plus élevées)

Pour les trous profonds, les tarauds par déformation avec trou d'huile sont recommandés.

HISTOIRE D'UN SUCCES

**Acier allié
au bore
800 N/mm²**

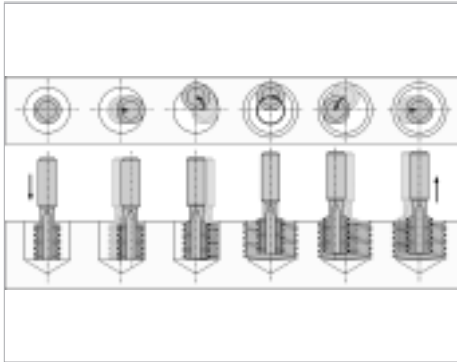
Opération

Problème

Solution

Résultats

- Taraudage de trous M8x1,25 mm, longueur 9,7 mm
- Copeaux trop longs, nécessitant une intervention constante de l'opérateur pour vérifier chaque filetage et enlever les copeaux
- Taraud par déformation en acier rapide revêtu TiN, sans trou d'huile
- **Durée de vie d'outil x 20**, c'est à dire 5000 taraudages (au lieu de 250 avec le précédent taraud)



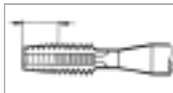
Les fraises à fileter produisent des filetages intérieurs par interpolation hélicoïdale : l'outil avance en faisant des mouvements axiaux (rotation) et orbitaux (révolutions), nécessitant un contrôle simultané des 3 axes et une grande rigidité de la machine et de l'outil.

Avantages :

- Pour les trous de grand diamètre
- Possibilité de produire des trous taraudés de différents diamètres avec un seul outil
- Copeaux fins, facilitant leur évacuation
- Possibilité d'un filetage intérieur sur toute la profondeur d'un trou borgne
- Pas de traces d'arrêt

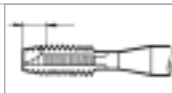
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*En taraudage,
l'usinage est
intégralement et
uniquement réalisé
par les dents
de l'entrée*



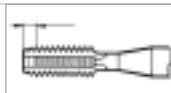
Forme A

- Long
- 6 à 8 filets
- Pour les trous débouchants peu profonds
- Augmente le couple et donc le risque de casse



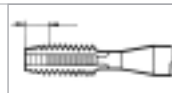
Forme B

- Moyen
- 3,5 à 5 filets
- Avec une entrée type Gun, utilisable aussi pour les trous borgnes
- Pour tous les trous débouchants et les trous profonds
- Efficace dans les matériaux doux et mi-durs



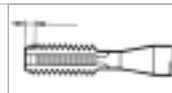
Forme C

- Court
- 2 à 3 filets
- Pour trous borgnes
- Généralement pour l'aluminium, les fontes grises et les bronzes



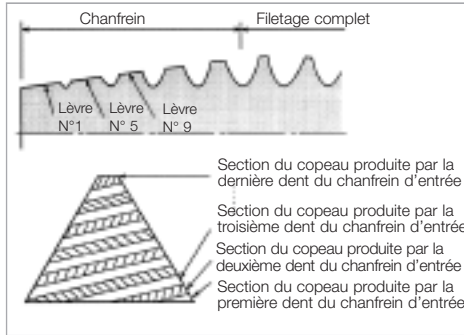
Forme D

- Moyen
- 3,5 à 5 filets
- Pour les trous débouchants et borgnes avec un dégagement suffisant en fond de trou

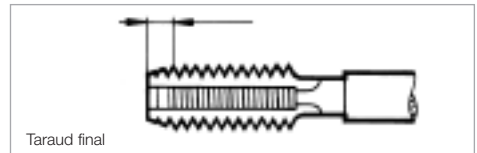
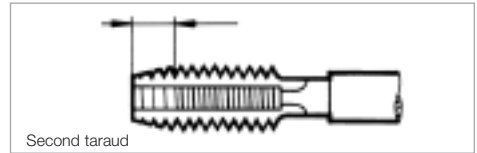
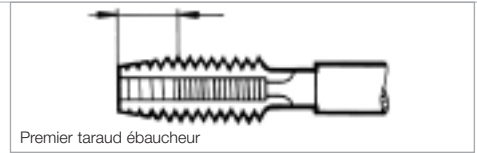


Forme E

- Extrêmement court
- 1,5 à 2 filets
- Pour les trous borgnes avec peu de réserve de profondeur de perçage
- A éviter si possible



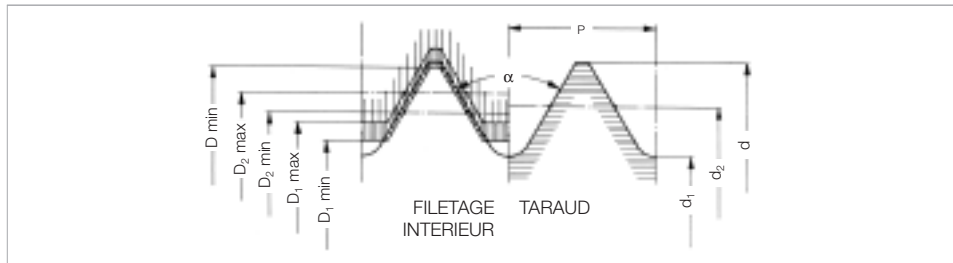
L'opération de taraudage avec un taraud à quatre goujures et cinq filets de chanfrein d'entrée



Longueur de chanfrein d'entrée dans un jeu de trois tarauds main

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Dans la plupart
des cas, après le
taraudage, la taille du
filetage intérieur
est plus grande
que celle du taraud*



D_{min} = diamètre extérieur min.

D_2_{max} = diamètre de pas max.

D_2_{min} = diamètre de pas min.

D_1_{max} = diamètre intérieur max.

D_1_{min} = diamètre intérieur min.

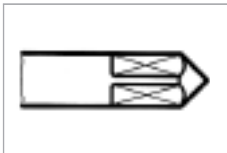
d = diamètre extérieur

d_2 = diamètre du pas

d_1 = diamètre intérieur

P = pas

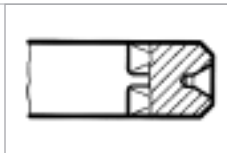
α = angle de filet



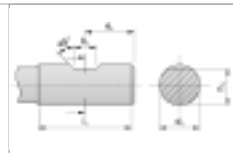
**Queue carrée
(avec pointe)**



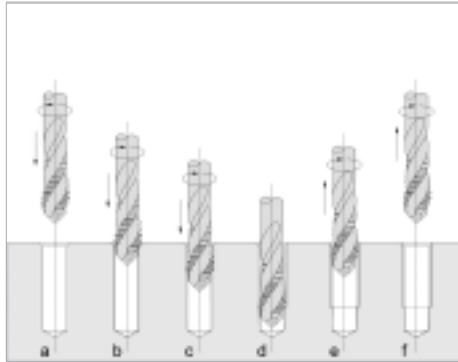
**Queue carrée
(avec chanfrein)**



**Queue carrée
(avec centre)**



**Queue Weldon
(avec méplat pour
serrage)
Rarement utilisé**



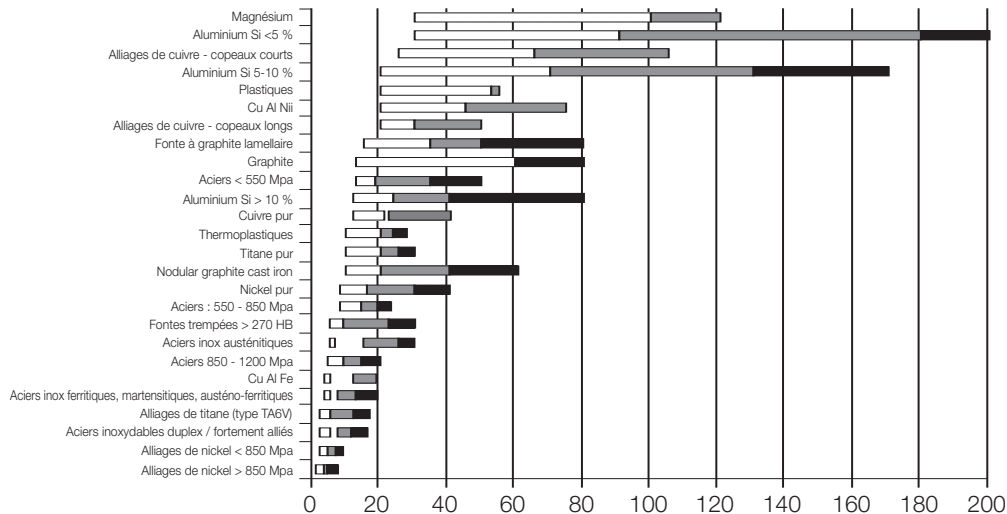
Le taraudage est une opération d'usinage qui produit un filetage intérieur dans un trou percé.

Le taraudage est le moyen le plus sûr pour réaliser des filetages intérieurs précis, tout en restant économique.

Le taraudage est une opération facile mais sujette au bourrage de copeaux dans les trous borgnes profonds (sauf pour les tarauds par déformation).

Le taraudage peut être réalisé sur tous types de machines ou avec un porte-outil à inversion automatique.

- Tarauds en acier rapide non revêtu
- Tarauds en acier rapide revêtu
- Tarauds en acier rapide fritté revêtu



Vitesses de coupe en m/min

Les fluides de coupe en taraudage

La lubrification, le refroidissement et l'évacuation des copeaux sont essentiels en taraudage car les vitesses de coupe sont basses et les copeaux ont tendance à bourrer.

En taraudage, les huiles entières sont habituellement préférées, mais les huiles solubles hautes performances sont de plus en plus utilisées.

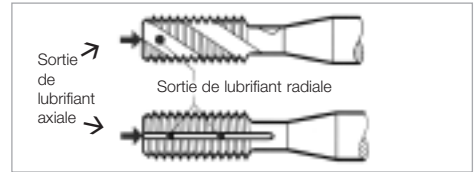
Tarauds à arrosage central

Les tarauds à arrosage central sont recommandés pour de hautes performances en taraudage ou pour les matériaux difficiles à usiner.

**Acier
au carbone**
C45, 650 N/mm²

Le taraudage à sec

La micro-pulvérisation est utilisable en taraudage.



HISTOIRE D'UN SUCCES - Taraudage à sec

Opération

- Taraudage d'un trou débouchant de 1,6 x dia., sans arrosage

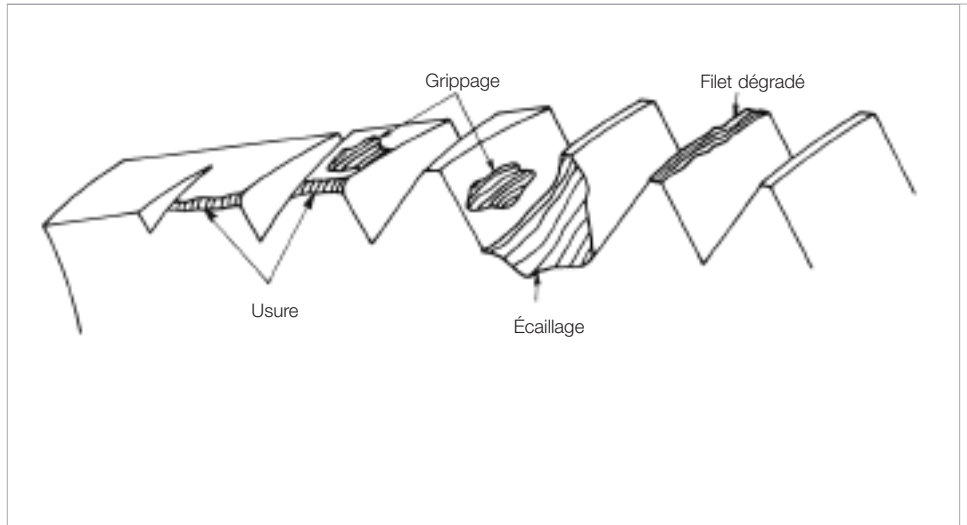
Outil

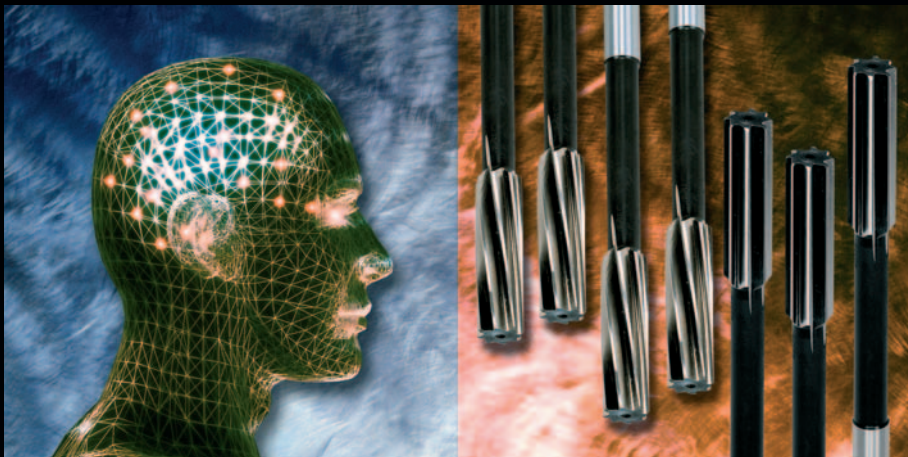
- HSS Co5 + revêtement TiCN avec géométrie spéciale

Avantages

- **Taraudage haute vitesse** v_c 50 m/min (contre 15-20 m/min avec une émulsion à 5%)
- **Grande durée de vie d'outil**, approximativement 900 trous, 10 fois mieux qu'avec un outil non revêtu
- **Productivité accrue** avec, en plus, les avantages environnementaux de l'usinage à sec

Problème	Solutions
Taraudage trop grand	Utiliser un taraud avec des tolérances sur le filetage plus serrées ou avec un chanfrein d'entrée plus long. Eviter toute flexion du taraud. Utiliser un taraud avec une entrée type Gun. Diminuer la vitesse de coupe. Utiliser un taraud revêtu pour prévenir les arêtes rapportées. Augmenter le débit de l'arrosage.
Taraudage trop serré	Utiliser un taraud surdimensionné lors de l'usinage du cuivre, des alliages d'aluminium et des fontes ou lors de taraudages de tôles minces ou de trous sécants. Augmenter la vitesse. Réduire la vitesse lors de la sortie de l'outil. Augmenter le débit de l'arrosage.
Filetage mal formé, dégradé, grippage	Utiliser un taraud avec une plus grande longueur d'entrée. Utiliser un taraud revêtu et augmenter le débit de l'arrosage. Réduire la vitesse de coupe. Utiliser un taraud avec une goujure en spirale. Prévenir les couples excessifs en élargissant le trou avant le taraudage.
Mauvais état de surface des filets	Utiliser un porte-outil et un bridage de pièce plus rigides. Augmenter le débit de l'arrosage ou utiliser un fluide de coupe de haute qualité.
Casse du taraud	Utiliser un taraud avec une goujure en spirale. Prévenir les couples excessifs en élargissant le trou avant le taraudage. Réduire la vitesse de coupe. Eviter les collisions du taraud avec le fond du trou.
Écaillage d'un filet du taraud	Utiliser un taraud avec un grand longueur d'entrée. Utiliser un taraud avec une goujure en spirale. Réduire la vitesse de coupe. Utiliser un fluide de coupe de grande qualité.
Usure rapide du taraud	Utiliser un taraud revêtu, avec un grand chanfrein d'entrée. Réduire la vitesse de coupe. Utiliser un fluide de coupe de grande qualité.
Collage matière sur le taraud	Augmenter le débit. Ajuster la vitesse de coupe. Utiliser un taraud revêtu.





Vous pensez **précision**, pensez **HSS**

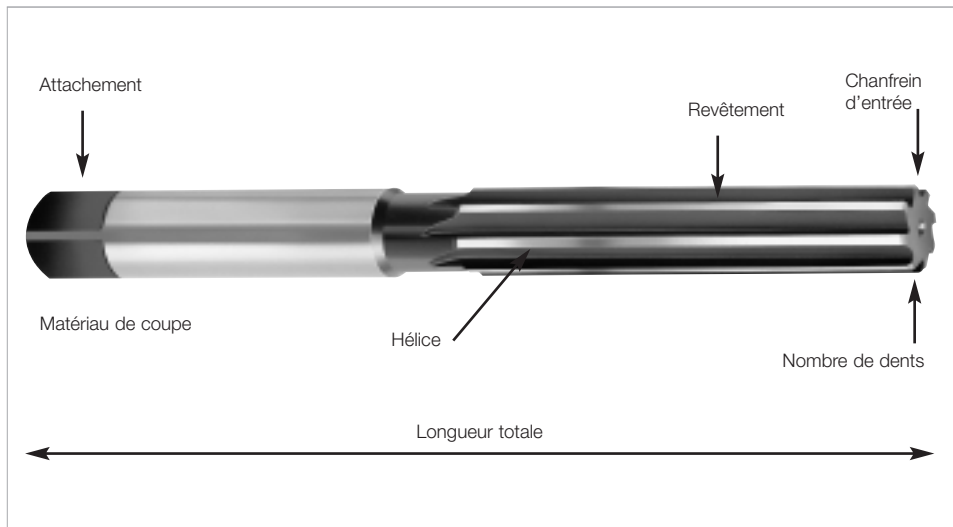
ALÉSAGE

LES OUTILS D'ALÉSAGE

- 2 Zoom sur un alésoir
- 3 Quel acier rapide pour une efficacité maximum ?
- 4 Revêtements pour les meilleures performances
- 5 Lexique
- 6 Choisir le bon type d'alésoir
- 7 Les différents types de chanfreins d'entrée
- 8 Nombre de lèvres et qualité de l'alésage
- 9 Dimensions et tolérances
- 10 Attachements des alésoirs

L'OPÉRATION D'ALÉSAGE

- 11 Les bases de l'alésage
- 12 Qualité des alésages et mode opératoire
- 13 Vitesses de coupe
- 14 Avances
- 15 Arrosage
- 16 Usure
- 17 Résolution de problèmes



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Obtenez les meilleures performances avec des alésoirs en acier rapide fritté

HSS

- Principalement pour les alésoirs à main
- Pour les aciers doux, les fontes et les alliages non-ferreux

HSS-E 5 % cobalt

- Choix de base

HSS-E 8 % cobalt

- Pour une meilleure productivité
- Pour les aciers durs, les aciers résistants à la température et les alliages de titane

HSS-PM (métallurgie des poudres)

- Hautes performances
- Grande durée de vie d'outil

**Acier au
manganèse**

HISTOIRE D'UN SUCCES

Opération

Solution

Conditions de coupe

Avantages

- Alésage d'un trou de Ø 9,27 mm dans une bielle automobile
- Alésoir en acier rapide fritté à 10,5% de Co avec revêtement TiN
- v_c 21 m/min, v_f 245 mm/min, f_z 0,068 mm
- **Durée de vie d'outil x 3**, c'est à dire 3000 trous (contre 1000 avec un alésoir carbure revêtu TiN)

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Pour une efficacité
maximum
du revêtement,
utilisez un acier
rapide fritté*

TiN
Or

- Conventionnel, revêtement à usage général
- Pour des alésages de précision dans la plupart des qualités d'acier, dans les métaux non-ferreux et les plastiques

**TiAlN
ou TiALCN**
Noir-violet

- Revêtement haute performance
- Pour l'alésage de grandes séries dans tous les matériaux
- Agit comme une barrière thermique

MoS₂
Gris-noir

- Réduit le coefficient de frottement et évite le collage
- Pour les alésages de finition des matériaux difficiles comme les alliages d'aluminium ou de titane

**Tôles
en acier**

HISTOIRE D'UN SUCCÈS

Opération

- Alésage d'un trou de Ø 8 mm, H7 dans 4 tôles en acier revêtues et brasées entre elles

Solution

- Alésoir en acier rapide à 5% de Co revêtu TiN avec géométrie spéciale

Avantages

- **Durée de vie d'outil x 10**, c'est à dire 2735 pièces (contre 250 pièces pour un alésoir en acier rapide non revêtu)

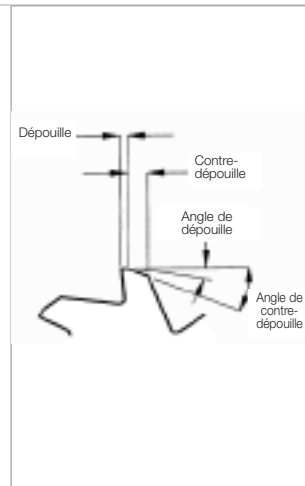
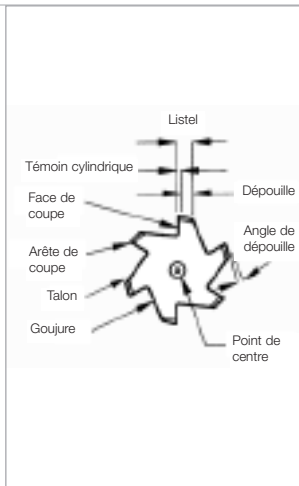
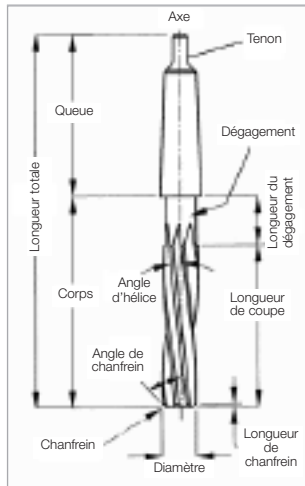
UN ALESOIR DANS LE MONDE

Anglais :
a reamer

Allemand :
eine Reibahle

Italien :
un alesatore

Espagnol :
un escariador





Foret aléueur

- Pour redresser un trou percé
- Pour des trous de précision moyenne (qualité 8) ou avant un alésage de finition



Fraise alésoir

- Pour trous peu profonds



Alésoir machine à goujures droites

- Choix de base



Alésoir machine avec hélice à gauche

- Pour une bonne circularité et une bonne qualité du trou
- Préféré pour les trous débouchants (le copeau est poussé vers l'avant de l'outil)



Alésoir conique

- Pour les trous coniques



Alésoir expansible à lames

- Diamètre ajustable
- Pour les trous de précision moyenne



Alésoir expansible à lames indexables

- Choix de base



Alésoir creux

- Pour les trous de grand diamètre
- Utilisés dans les ateliers de maintenance

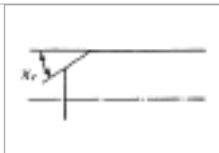
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Pour améliorer la qualité de l'alésage, utilisez un petit angle de chanfrein d'entrée



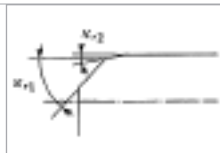
Sans chanfrein (angle droit)

- Pour les trous à fond plat
 - + Améliore la localisation du trou
 - Moins bonne productivité (avance moins grande)
 - Moins bon état de surface



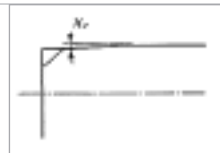
Chanfrein à 45°

- Choix de base
- Utilisation universelle



Double chanfrein 45° et 8°

- Pour les trous débouchants
 - + Améliore l'état de surface

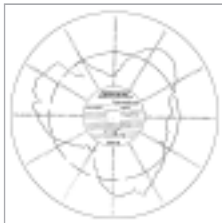


Chanfrein à 8°

- Pour la superfinition
 - + Pour des alésages de grande qualité

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Pour améliorer
la circularité des
trous et augmenter
l'avance, choisissez
un nombre de lèvres
plus élevé*



**Circularité d'un trou
réalisé avec un alésoir
à 2 lèvres**



**Circularité d'un trou
réalisé avec un alésoir
à 4 lèvres**



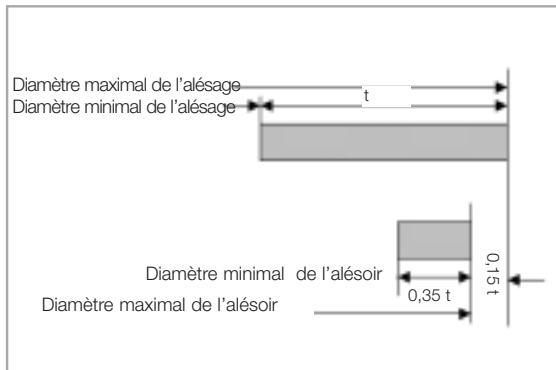
**Circularité d'un trou
réalisé avec un alésoir
à 6 lèvres**



**Circularité d'un trou
réalisé avec un alésoir
à 8 lèvres**

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Les dimensions
et les tolérances de
l'alésoir dépendent
des dimensions et
des tolérances de
l'alésage à réaliser*



$$d_{\min} = D_{\max} - 0,35 t$$

$$d_{\max} = D_{\min} - 0,15 t$$

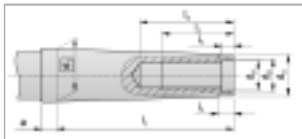
d = diamètre de l'alésoir

D = diamètre de l'alésage à réaliser

t = intervalle de tolérance de l'alésage

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Utilisez un porte-outil flottant pour compenser les problèmes d'alignement entre le trou et la broche



Queue en cône morse

- Choix de base traditionnel



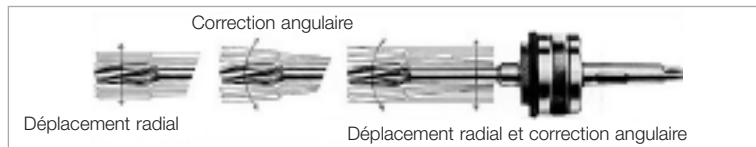
Queue cylindrique

- Type de queue le plus répandu
- + Disponible dans de grandes longueurs pour la flexibilité et pour compenser les défauts d'alignement
- + Disponible dans de petites longueurs pour une utilisation sur des machines très précises ou avec des mandrins flottants



Queue cylindrique avec carré d'entraînement

- Pour les alésoirs à main



Mandrin flottant



- L'alésage est une opération d'usinage destinée à agrandir et finir des trous de dimensions précises : l'alésoir combine une rotation et un déplacement axial, et produit un copeau d'épaisseur constante.
- En alésage, la pièce est le principal support durant la coupe.
- La qualité du trou dépend du chanfrein d'entrée.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

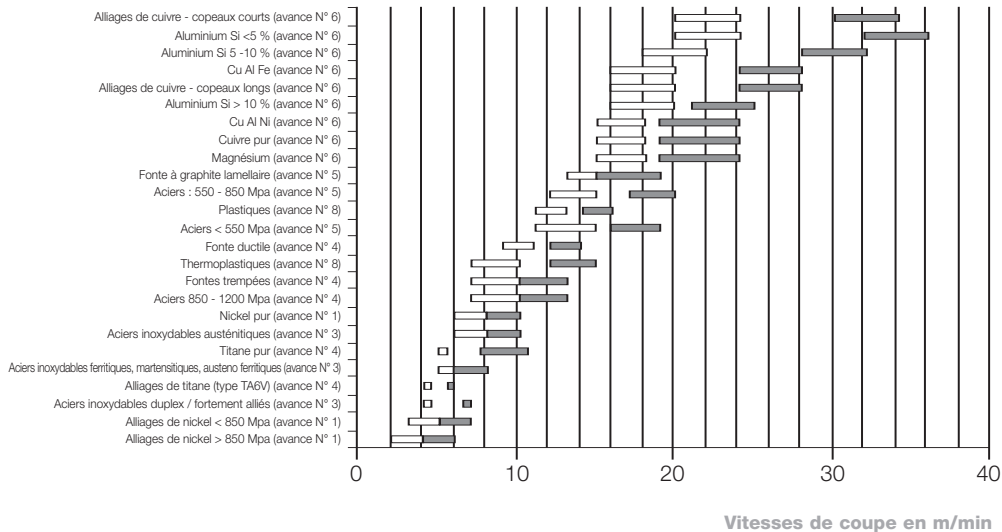
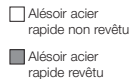


= Localisation

IT = Intervalle de tolérance de l'alésage

R_a = Rugosité

>0,1 MM IT 8-9	>0,1 MM IT <8	<0,1 MM IT 8-9	<0,1 MM IT 7	<0,1 MM IT 6
<p>1. Perçage traditionnel $\phi \pm 0,2$, IT11</p> <p>2. Foret aléueur IT8-9, R_a 3,2 ou Alésoir avec une hélice IT8, R_a 1,6</p>	<p>1. Perçage traditionnel $\phi \pm 0,2$, IT11</p> <p>2. Foret aléueur IT8-9, R_a 3,2</p> <p>3. Alésoir avec un faible angle d'hélice et un chanfrein à 45° IT7, R_a 1,6 ou Alésoir avec un grand angle d'hélice et un double chanfrein IT6, R_a 0,8</p>	<p>1. Foret à pointer ou foret auto-centreur $\phi \pm 0,1$, IT11</p> <p>2. Foret aléueur IT8-9, R_a 3,2</p>	<p>1. Foret à pointer ou foret auto-centreur $\phi \pm 0,1$, IT11</p> <p>2. Foret aléueur IT8-9, R_a 3,2</p> <p>3. Alésoir avec un faible angle d'hélice et un chanfrein à 45° IT7, R_a 1,6</p>	<p>1. Foret à pointer et foret auto-centreur $\phi \pm 0,05$, IT10</p> <p>2. Foret aléueur $\pm 0,025$ IT8</p> <p>3. Alésoir avec un grand angle d'hélice et un double chanfrein IT6, R_a 0,8</p>



Alésoir Ø mm	N°. de colonne d'avance								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	f (mm/tr)								
2,00	0,020	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125
2,50	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160
3,15	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,160
4,00	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,200
5,00	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250
6,30	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315
8,00	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,315
10,00	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,400
12,50	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500
16,00	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630
20,00	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,630
25,00	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	0,800
31,50	0,160	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000
40,00	0,200	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250
50,00	0,250	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250	1,250
63,00	0,315	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250	1,600	1,600
80,00	0,400	0,500	0,630	0,800	1,000	1,250	1,600	1,600	2,000

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Préférez les fluides
de coupe de haute
qualité pour
améliorer la qualité
des alésages
et éviter le collage
des copeaux*

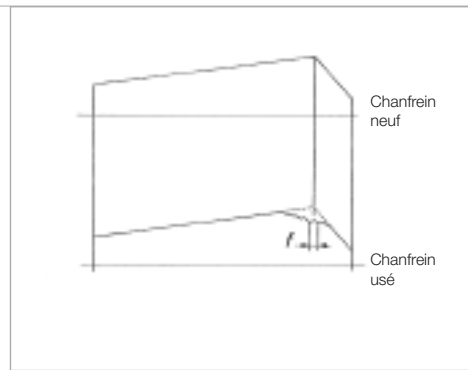
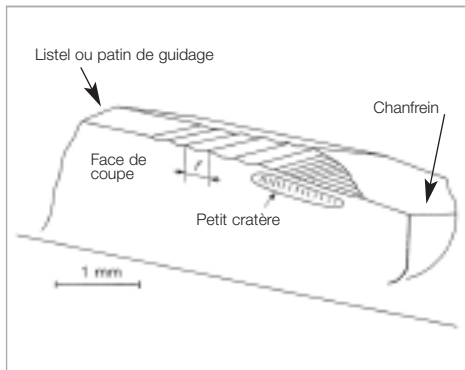


Avantages des alésoirs à arrosage central à haute pression

- aide à prévenir le collage des copeaux
- prévient les phénomènes d'usure qui se produisent aux hautes températures
- améliore la durée de vie de l'outil
- permet une augmentation des vitesses de coupe
- améliore les états de surface

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Utilisez un mandrin flottant pour compenser les problèmes d'alignement entre l'alésage et la broche



Les usures typiques des alésoirs

- Usure du chanfrein à l'entrée
- Petite usure en cratère sur la face de coupe
- Usure des patins

Problème	Causes	Solutions
Trou trop grand	Alignement défectueux. Alésoir avec faux-rond.	Corriger l'alignement ou utiliser un mandrin flottant
Trou conique	Alignement défectueux.	Corriger l'alignement ou utiliser un mandrin flottant
Trou trop petit	Alésoir usé. Surépaisseur d'alésage trop petite.	Remettre en état l'alésoir Augmenter la surépaisseur
Alésage avec défaut d'aspect, marques dues aux vibrations	Problèmes de concentricité et d'alignement	Utiliser un mandrin flottant
Mauvais état de surface	Alésoir inadapté. Conditions de coupe inadaptées. Arrosage insuffisant.	Vérifier la qualité géométrique des arêtes et les conditions de coupe. Augmenter le débit de l'arrosage ou utiliser un alésoir à arrosage central
Rayures dans l'alésage "marques d'avance"	Défaut de hauteur de dents. Arête rapportée.	Vérifier la concentricité du chanfrein et des listels Réduire la vitesse de coupe



Vous pensez **efficacité**, pensez **HSS**

FRAISAGE

OUTILS DE FRAISAGE

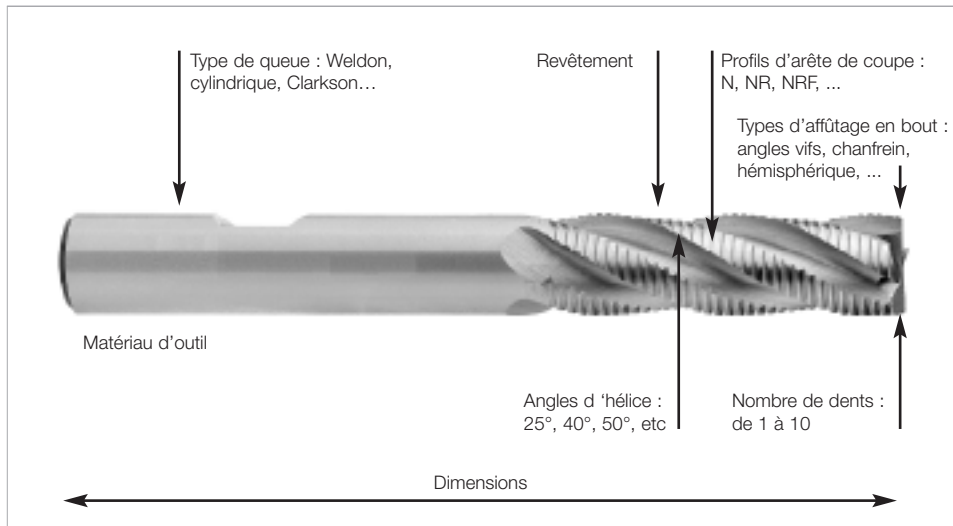
- 2 Zoom sur une fraise
- 3 Quel acier rapide pour une efficacité maximum ?
- 4 Les revêtements PVD pour les meilleures performances
- 5 Lexique
- 6 Choisir la bonne conception d'outil
- 7 Sélectionner un profil d'arête
- 8 Les profils d'arête spéciaux
- 9 Choisir le bon nombre de dents
- 10 Les différents angles d'hélice
- 11 Les conceptions courantes de fraises en bout
- 12 Dimensions et tolérances

13 Attachements des fraises en bout

14 Attachements des fraises à trou

LE PROCEDE DE FRAISAGE

- 15 Les bases du fraisage
- 16 Les opérations de fraisage en bout
- 17 Les autres modes de fraisage
- 18 Fraisage en opposition et en avalant
- 19 Vitesses de coupe typiques
- 20 Comment atteindre des rendements élevés
- 21 Arrosage et évacuation des copeaux
- 22 Résolution des problèmes courants
- 23 Comment surveiller l'usure
- 24 Comment interpréter les copeaux
- 25 Formules utiles en fraisage



Obtenez
les meilleures
performances
avec les aciers
rapides frittés

Acier rapide (HSS)

- Peu utilisé pour les fraises

Acier rapide supérieur (HSS-E) 5 % cobalt

- Choix de base

Acier rapide supérieur (HSS-E) 8 % cobalt

- La nuance la plus utilisée
- Pour de plus grandes vitesses de coupe
- Pour une plus grande productivité

Acier rapide fritté (HSS-PM) (métallurgie des poudres)

- Haute performance en ébauche
- Grande durée de vie d'outil
- Le meilleur choix pour les alliages de nickel ou de titane
- Adapté à l'usinage à sec

Acier rapide fritté (HSS-E-PM) (métallurgie des poudres)

- Haute performance en finition, mais aussi en ébauche
- Grandes vitesses de coupe
- Grande durée de vie d'outil
- Adapté pour l'usinage à sec

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Pour un maximum
d'efficacité
du revêtement,
préférez
les substrats
en acier rapide fritté*

TiN Or

- Revêtement pour usage général
- Réduit le frottement
- Bonne résistance à l'abrasion

TiCN Gris-violet

- Revêtement polyvalent, spécialement pour les fraises d'ébauche
- Grande résistance à l'abrasion
- Disponible en mono et en multicouche
- Recommandé pour les aciers de construction ($R_m < 1000 \text{ Mpa}$)

TiAlN ou **TiAlCN** Noir-violet

- Revêtement haute performance pour une large gamme de paramètres de coupe
- Des durées de vie 2 à 6 fois plus longue qu'avec les revêtements traditionnels
- Réduit l'échauffement de l'outil
- Les versions multicouches ou nanocouches offrent des performances encore meilleures.
- Adapté à l'usinage à sec

MoS₂ ou **WC-C** Gris-noir

- Réduit le frottement
- Résistance limitée à la chaleur
- Recommandé pour les alliages d'aluminium, le cuivre et les matériaux non-métalliques

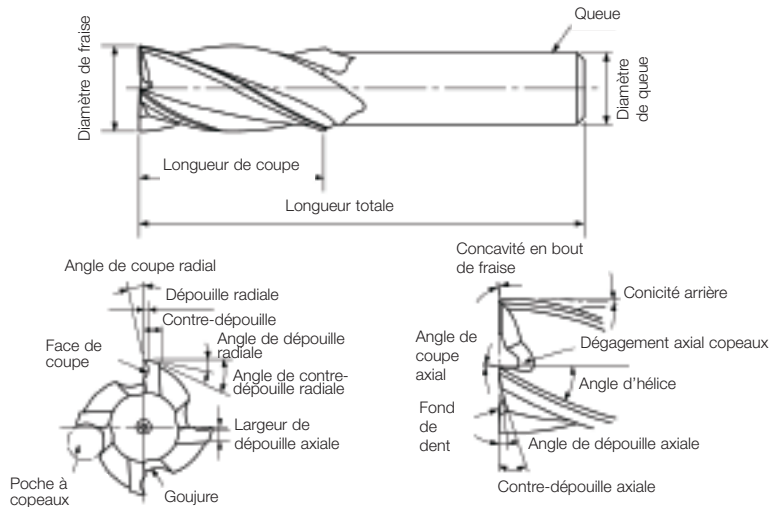
UNE FRAISE DANS LE MONDE

Anglais :
a milling cutter

Allemand :
ein Fräser

Italien :
una fresa

Espagnol :
una fresa



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les plaquettes en acier rapide sont recommandées quand les plaquettes en carbure ne conviennent pas



Fraise en bout monobloc

Pour les petits diamètres d'outil (1 à 32 mm ou jusqu'à 63 mm)

- + pour les géométries complexes (surfaces 3D) : poches, rayons, plongées axiales
- + pour les centres d'usinages récents
- + pour les opérations d'ébauche et de finition



Fraise à plaquettes indexables en acier rapide

Pour les grands diamètres d'outil (10 à 160 mm)

- + arête plus vive et angle de coupe plus positif que pour les plaquettes carbure
- + adaptée lorsque les plaquettes en carbure ne conviennent pas, spécialement dans les inox et les réfractaires.
- + pas de réaffûtage nécessaire (plaquettes jetables)



Fraise à trou lisse

Montée sur un arbre

Pour les grands diamètres d'outil (32 à 100 mm)

- + très bonne productivité dans les opérations d'ébauche
- corps fragile (dû au grand diamètre du trou)
- seulement pour les opérations sans coupe au centre



Fraise type 3 tailles

Montée sur un arbre

- + possibilité d'empiler plusieurs fraises pour usiner avec précision des rainures larges
- + bonne transmission du couple
- tolérance précise du trou de bridage nécessaire pour éviter les défauts de voile

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les brise-copeaux sont essentiels pour augmenter la profondeur de passe et diminuer la puissance et les efforts de coupe

PROFILS POUR EBAUCHE

NR Rond Normal



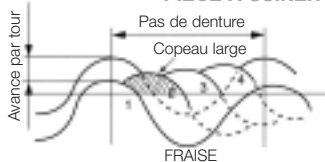
- Brise-copeaux ronds
- Pas normal
- Pour l'ébauche et le rainurage
- Mauvais état de surface $Ra > 6,3$
- Pour les aciers et les fontes

HR



- Brise-copeaux ronds
- Pas fin
- Pour semi-finition

PIECE A USINER



Surface de la pièce après l'ébauche

PROFILS POUR FINITION

N Normal



- Pour tous les matériaux
- Profil universel
- Le plus utilisé

H



- Pour les matériaux durs
- Copeaux courts
- Excellente qualité de surface

W



- Pour les non-ferreux
- Excellente qualité de surface

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Grâce aux propriétés
des aciers rapides,
les fabricants d'outil
peuvent concevoir
des arêtes de
coupe spéciales
pour résoudre
des problèmes
d'usinage
spécifiques*

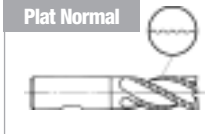
PROFILS DE SEMI-FINITION

WR



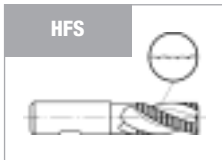
- Pour les non-ferreux
- Pour la semi-finition

NF
Plat Normal



- Pas normal
- Pour la semi-finition
- Brise-copeaux plats

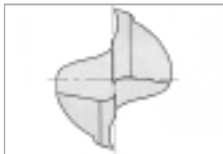
HFS



- Brise-copeaux plats
- Pas normal
- Pour la semi-finition

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Préférez les fraises à deux dents pour les matériaux tendres et à quatre dents pour les matériaux difficiles à usiner



2 dents

- Grande poche à copeaux mais petit diamètre d'âme
- Bons résultats en ébauche et en rainurage
- Également utilisé pour plonger et percer dans les alliages d'aluminium et dans les matériaux avec des copeaux longs



3 dents

- Fraises les plus couramment utilisées
- Excellent choix pour le rainurage et les descentes en rampe dans les matériaux ferreux et les alliages résistants à la chaleur



4 dents

- Géométrie courante, utilisée pour le fraisage mixte et le contournage
- Grande rigidité d'outil due au diamètre d'âme important
- Moins bonne évacuation des copeaux en rainurage qu'avec une fraise à trois dents



5 dents ou plus

- Principalement pour la finition en contournage - bon état de surface
- Permet de grandes avances
- Coupe douce car il y a toujours une dent en prise avec la matière
- Existents aussi pour l'ébauche pour des diamètres d'outil > 20 mm

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Sélectionnez
l'angle d'hélice
en fonction de la
matière à usiner
et du type
d'opération
(ébauche / finition)

MOINS DE 25°

Pour l'ébauche et la finition dans les grands diamètres

- + utilisé dans les aciers et les fontes et pour tous les matériaux lorsque de grands diamètres d'outils doivent être utilisés
- + faibles efforts de coupe axiaux (intéressant pour les grands diamètres d'outils)
- pas adapté pour les rainurages profonds à cause de l'évacuation radiale des copeaux
- chocs dus au contact non continu entre l'outil et la pièce à usiner

25 À 35°

Choix de base pour l'ébauche et la finition dans tous les matériaux

- + utilisation générale, avec une bonne répartition des efforts de coupe
- pas toujours très productif

40 À 50°

Pour l'ébauche et la finition des alliages non-ferreux

- + grande profondeur de passe dans les alliages ferreux si combiné avec un petit nombre de dents
- + contact permanent entre les dents et la pièce
- becs fragiles
- efforts de coupe axiaux importants dans les opérations d'ébauche avec les grands diamètres d'outil

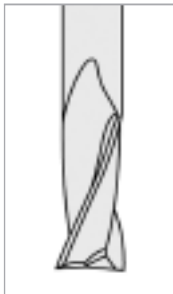
AU DESSUS DE 50°

Pour la finition des matériaux trempés

- + très bonne qualité de surface et grande productivité si combiné avec un grand nombre de dents
- becs fragiles si pas de chanfreins ou de rayons sur les becs

LE SAVIEZ-VOUS ?

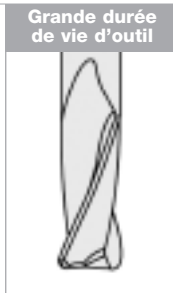
*La ténacité
des aciers rapides
prolonge la durée
de vie des
becs de fraises*



Becs à angle vif

Mécanique générale

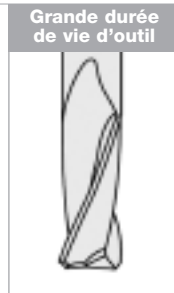
- Vrais angles droits
- Becs fragiles



Becs chanfreinés

Mécanique générale

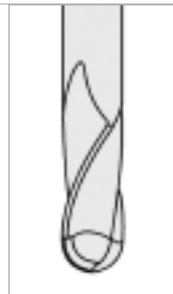
- Angles résistants
- Bonne coupe dans les opérations d'ébauche
- Adapté pour les outils revêtus



Becs rayonnés

Aéronautique

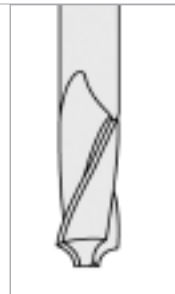
- Utilisation typique : ébauche des pièces 3D
- Grande résistance des angles
- Adapté pour les outils revêtus



Hémisphérique

Moules et matrices

- Finition des pièces 3D
- Vitesse de coupe nulle au centre : mauvais état de surface dans les matériaux tendres



Fraise concave

Mécanique générale

- Utilisée pour arrondir les angles
- Becs fragiles

LE SAVIEZ-VOUS ?

Les tolérances des fraises en bout en acier rapide sont les mêmes que celles des fraises en carbure



Extra-courte



Courte (standard)



Longue



Extra-longue

Les quatre longueurs typiques (ISO 1641/1)

La longueur de coupe définit la profondeur qui peut être usinée en une passe.

Pour de meilleures performances, spécialement en ébauche, utiliser les fraises les plus courtes possible et usiner avec un porte-outil le plus court possible.

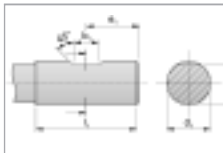
Diamètre

Les tolérances de diamètre sur les queues (h6) sont très serrées (besoin de précision dans les opérations de fraisage).

Les tolérances sur le diamètre de la partie coupante dépendent du type d'opération (ébauche, finition, rainurage), et des normes internationales ou du fabricant d'outil.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Pour des durées de vie d'outil plus élevées et une meilleure précision, les fraises en acier rapide peuvent être frettées



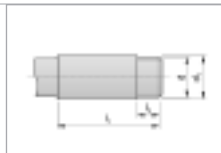
Queue Weldon

- Choix de base
- + avec un ou de deux méplats de serrage
 - + serrage simple, sans besoin de réglage de la longueur de coupe
 - + bonne capacité de transmission du couple en ébauche
 - porte-outil de grand diamètre
 - problèmes d'équilibrage à grande vitesse dû à la vis



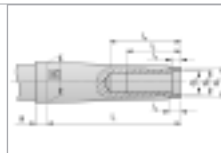
Queue cylindrique

- Bon choix pour les très petits diamètres d'outil
- + longueur d'outil ajustable
 - + adaptable pour le serrage de précision ou le montage fretté
 - + pas de problème d'équilibrage à grande vitesse (pas de plat, pas de vis)
 - transmission du couple limitée
 - pas adapté à l'ébauche si les diamètres > 12 mm



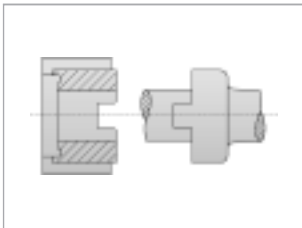
Queue Clarkson

- En perte de vitesse
- mauvaise rigidité en torsion
 - pas d'ajustement possible de la longueur de sortie de l'outil



Cône morse

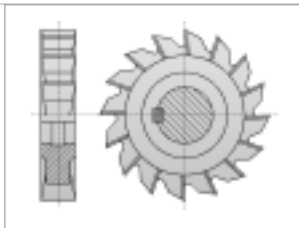
- Choix de base
- + bonne coaxialité (assemblage conique)
 - + ces porte-outils de taille raisonnable permettent une utilisation dans les zones difficiles d'accès
 - transmission du couple limitée
 - longueur d'outil trop longue pour de l'ébauche



Avec clavette

Pour fraise à trou à clavette

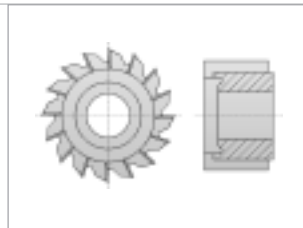
- + bonne transmission du couple.
- Permet l'empilage de plusieurs outils



À tenons

Pour les fraises à surfacer

- + bonne transmission du couple
- + équilibré et précis pour la grande vitesse.

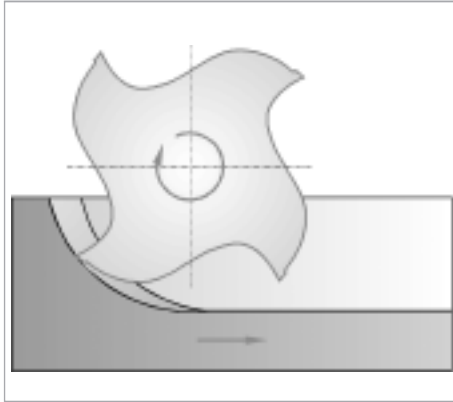


Cylindrique

Le choix économique

- + adapté aux outils peu épais
- + bridage soigneux indispensable afin d'éviter à l'outil de tourner sur le porte-outil

*Le fraisage
est caractérisé
par une coupe
discontinue
et une épaisseur
de copeau variable*

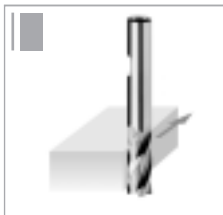


Le fraisage est une opération d'usinage à coupe discontinue.

Les arêtes de coupe ont un mouvement circulaire, produisant un copeau d'épaisseur variable.

A chaque tour, la dent entre et sort de la matière.

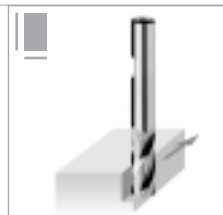
Combiné à l'épaisseur variable du copeau, ce mouvement alterné provoque des chocs ainsi qu'une variation constante des efforts de coupe.



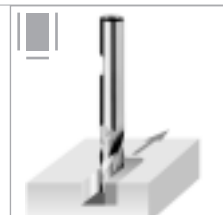
**Fraisage en roulant
ou contournage**



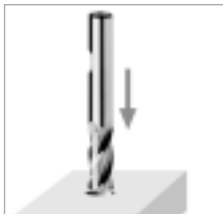
Fraisage en bout



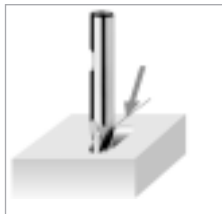
Fraisage mixte



Rainurage



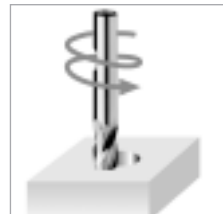
Fraisage en plongée



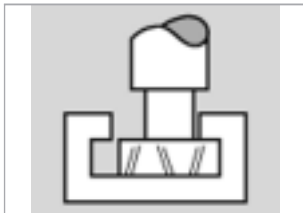
Fraisage en rampe



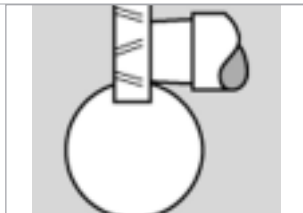
Fraisage en poche



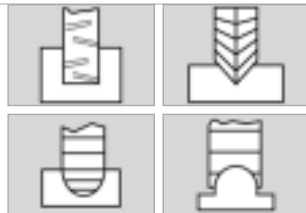
Interpolation hélicoïdale



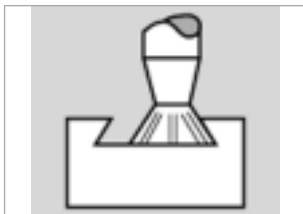
Fraise à té



Fraise Woodruff, à rainure de clavette



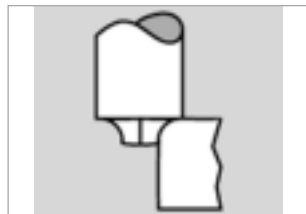
Fraise 3 tailles



Fraise queue d'aronde



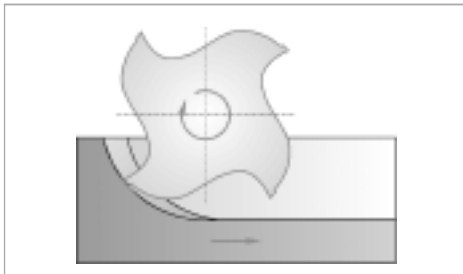
Fraise à chanfreiner



Fraise à rayonner

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

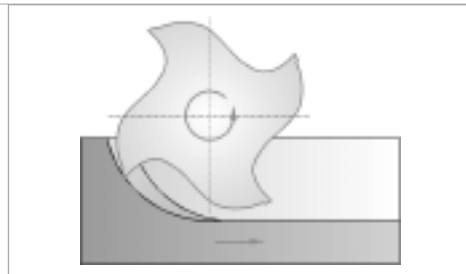
*Grâce à leurs arêtes de coupe très vives, les fraises en acier rapide peuvent usiner efficacement en avalant et en opposition
Pas de temps morts !*



Fraisage en opposition

La largeur du copeau commence à zéro et augmente jusqu'à la sortie de la dent

- + utilisé seulement lorsque la machine-outil a un manque de rigidité ou présente des jeux (fraiseuses ancienne génération, de mauvaise qualité, usée...)
- tendance à arracher la pièce
- les arêtes glissent au lieu de couper, provoquant d'importants frottements entre la face de dépouille de l'outil et la matière



Fraisage en avalant

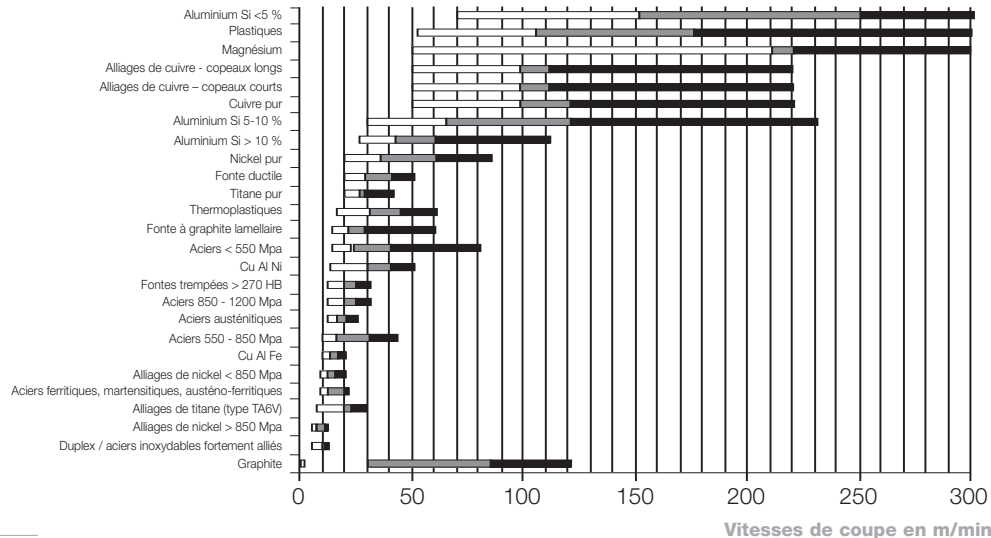
Les dents attaquent la matière en coupant la partie la plus épaisse du copeau en premier.

- + coupe efficace
- + durée de vie de l'outil longue et fiable
- + meilleur état de surface, spécialement dans les aciers inoxydables, les aluminiums ou les alliages de titane
- risque de casse de dents, dû aux rattrapages de jeux possibles dans les déplacements, ou lorsque la machine manque de rigidité

□ Fraises cylindriques
en acier rapide non
revêtu

■ Fraises cylindriques
en acier rapide
revêtu

■ Fraises cylindriques
en acier rapide fritté
revêtu



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Augmentez toujours l'avance avant la vitesse de coupe

- Le taux d'enlèvement de matière dépend de deux paramètres, l'avance (f_z) et la vitesse (N) : $Q = a_p \times a_e \times N \times z_u \times f_z / 1000$
- Pour une grande productivité en fraisage, augmenter l'avance avant d'augmenter la vitesse, spécialement dans les opérations d'ébauche.
- Une avance minimum est nécessaire. Si l'avance est trop faible, la fraise ne coupe plus, mais arrache la matière.

Aciers de construction
($R_m 700 \text{ N/mm}^2$)

HISTOIRES DE SUCCÈS

Grands enlèvements de matière en...

Opération

Conditions de coupe

Taux d'enlèvement de matière

- Ebauche avec un outil revêtu à 4 dents $\varnothing 16 \text{ mm}$, $a_p 24 \text{ mm}$, $a_e 8 \text{ mm}$
- $N 1350 \text{ tr/min}$, $v_c 68 \text{ m/min}$, $f_z 0,1 \text{ mm}$ (100 % de plus qu'avec les outils carbure)
- $Q 103,7 \text{ cm}^3/\text{min}$

Aluminium
($<6\% \text{ Si}$)

Opération

Conditions de coupe

Taux d'enlèvement de matière

- Rainurage avec un outil revêtu à 3 dents $\varnothing 6 \text{ mm}$, $a_p 6 \text{ mm}$, $a_e 6 \text{ mm}$
- $N 15650 \text{ tr/min}$, $v_c 295 \text{ m/min}$, $f_z 0,3 \text{ mm}$
- $Q 50,8 \text{ cm}^3/\text{min}$ (30 % de plus qu'avec un outil carbure)

Inconel 718

Opération

Conditions de coupe

Avantages

- Ebauche avec un outil à 6 dents en acier rapide fritté à 8 % Co + Outil TiCN $\varnothing 32 \text{ mm}$, $a_p 30 \text{ mm}$, $a_e 8 \text{ mm}$
- $v_c 5 \text{ m/min}$, $f_z 0,16 \text{ mm}$ (2 fois mieux qu'avec un carbure)
- $Q 11,5 \text{ cm}^3/\text{min}$ (identique au carbure) et durée de vie améliorée : 2,1 m contre 0,45 m pour le carbure

LE SAVIEZ-VOUS ?

Un arrosage déficient entraîne des chocs thermiques ?

Seuls les aciers rapides peuvent résister !

Les fluides de coupe en fraisage

- Fluides de coupe habituels : huile soluble, ou entière. Les huiles solubles avec additifs augmentent significativement la durée de vie des fraises en acier rapide
- Les fluides de coupe sont essentiels lorsque des outils non revêtus sont utilisés, spécialement en rainurage, quand le temps de contact entre l'outil et la matière est important

L'arrosage devra être soigneusement orienté :

- Lorsque l'outil entre dans la matière, pour un refroidissement efficace durant l'usinage
- Lorsque l'outil sort de la matière, pour une bonne évacuation des copeaux et des calories

Tool steel

($R_m 1040 \text{ N/mm}^2$)

HISTOIRE D'UN SUCCES

Opération

Conditions de coupe

Avantages

- Ebauche avec un outil en acier fritté à 8 % de Co + Ti_2CN $a_e 12 \text{ mm}$, $a_e 8 \text{ mm}$ dans un acier à outil 40CrMnMo7

- $v_c 45 \text{ m/min}$, $f_z 0,03 \text{ mm}$

Par rapport à l'usinage avec arrosage :

- Réduction de l'énergie spécifique de coupe ($56,8$ contre $46,6 \text{ W/cm}^3/\text{min}$)
- Durée de vie légèrement modifiée (7 m contre $8,1 \text{ m}$)
- Potentiel pour augmenter l'avance et la productivité



Fraisage à sec

- Les fraises en acier rapide peuvent aussi être utilisées avec une quantité minimum de lubrifiant, voire à sec
- Les revêtements TiAlN , qui sont une réelle barrière thermique, peuvent aussi permettre une grande productivité pour l'usinage à sec avec des fraises en acier rapide

Usinage à sec avec une fraise en acier rapide !

Problème	Solutions
Défaut de perpendicularité sur la pièce	Réduire la vitesse. Réduire la profondeur et la largeur passe. Réduire la longueur globale. Utiliser une fraise avec plus de dents plus rigide.
Mauvaise précision dimensionnelle	Réduire la profondeur et la largeur de coupe. Améliorer la rigidité du porte-outil et du bridage de la pièce. Utiliser une fraise avec plus de dents.
Vibrations	Réduire l'avance ou la vitesse. Améliorer la rigidité du porte-outil et du bridage de la pièce. Diminuer l'angle de dépouille. Diminuer la profondeur de passe. Utiliser une fraise plus courte.
Bourrage de copeaux	Réduire l'avance ou la vitesse. Utiliser une fraise avec moins de dents. Augmenter le débit de l'arrosage.
Bavures	Affûter plus fréquemment. Modifier les conditions de coupe ou l'angle de coupe.
Mauvais état de surface	Réduire l'avance et augmenter la vitesse de coupe. Affûter plus fréquemment. Réduire le taux d'enlèvement de copeaux.
Casse de la fraise	Réduire la vitesse de coupe et l'avance à la dent. Utiliser une fraise plus courte. Affûter plus fréquemment.
Durée de vie d'outil trop courte	Affûter plus fréquemment. Utiliser une fraise en acier rapide fritté. Modifier les conditions de coupe et l'angle de coupe.

*En fraisage,
une surveillance
de l'usure des becs
prolonge la vie
de l'outil.*

Usure en dépouille	Usure en cratère	Ecaillage	Déformation	Arête rapportée
<ul style="list-style-type: none">• Usure normale• Si trop importante, réduire d'abord la vitesse de coupe (v_c) puis la largeur de passe (a_p)• Augmenter le débit de l'arrosage• Utiliser un acier rapide fritté et un revêtement	<ul style="list-style-type: none">• Doit être limitée• Diminuer la vitesse de coupe (v_c)• Utiliser un outil revêtu et un acier rapide à 8 % de Co• Vérifier l'arrosage	<ul style="list-style-type: none">• Doit être évité• Diminuer d'abord l'avance (f_z) puis la profondeur de passe (a_p)• Utiliser un matériau plus dur (acier rapide fritté)	<ul style="list-style-type: none">• Doit être évitée• Réduire d'abord la vitesse de coupe (v_c), puis l'avance (f_z) et enfin a_p• Utiliser un outil revêtu et acier rapide (fritté ou non) à 8 % de Co• Augmenter le débit de l'arrosage	<ul style="list-style-type: none">• Doit être limitée• Augmenter la vitesse de coupe (v_c) et/ou l'avance (f_z)• Augmenter l'angle effectif de coupe• Augmenter le débit de l'arrosage• Utiliser un revêtement qui réduit le frottement

LE SAVIEZ-VOUS ?

*L'observation
attentive
des copeaux
apporte de
nombreuses
informations !*

Forme du copeau

Un copeau de fraisage à une forme en hélice.

L'extrémité se trouvant à l'intérieur de la spirale se forme lorsque l'arête de coupe entre dans la matière.

En fraisage en avalant, cette extrémité est la plus épaisse.

Contrôle du copeau

Contrôler le fraisage en mesurant et en observant le copeau :

- La hauteur dépend de la profondeur de passe : les copeaux les plus hauts s'obtiennent en contournage.
- La longueur dépend de la largeur de passe et du diamètre de l'outil ; plus le diamètre d'outil est grand, plus le copeau est long.
- L'épaisseur est proportionnelle à l'avance par dent et à la largeur de passe.
- Les copeaux de fraisage doivent être réguliers.

- Les copeaux de fraisage doivent avoir une couleur homogène.
- Lorsque l'arrosage est utilisé, il ne doit pas y avoir de trace d'échauffement sur le copeau.

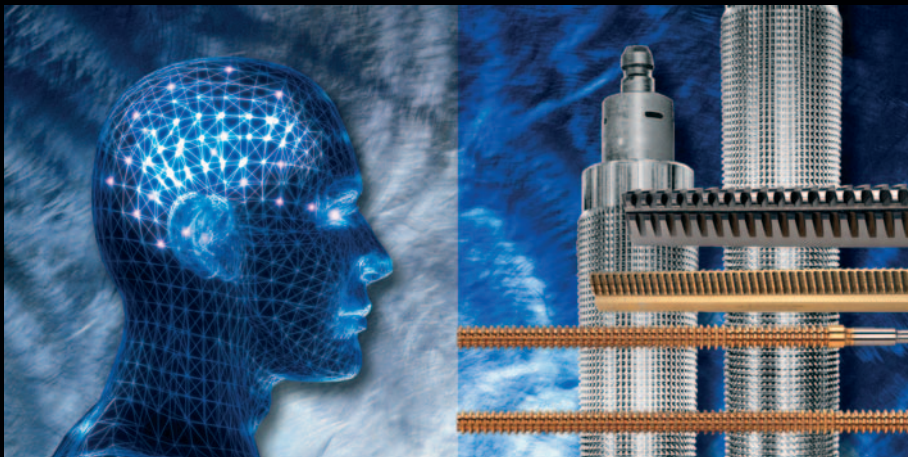
Comment éviter les problèmes ?

Il est important que les copeaux ne restent pas dans la zone de coupe.

Si les copeaux sont irréguliers, s'il y a des copeaux en aiguilles, ou s'ils sont de plusieurs couleurs, c'est que les conditions de coupe ne sont pas bien choisies, que l'arrosage n'est pas efficace, qu'il y a des vibrations ou que les arêtes de coupe sont usées.

Symbole	Unité	Nom
D	mm	Diamètre d'outil
T	mm	Temps d'usinage
Z		Nombre de dents
a_p	mm	Profondeur de passe
a_e	mm	Largeur de passe

Symbole	Unité	Nom	Formule
v_c	m/min	Vitesse de coupe	$v_c = \frac{\pi D N}{1000}$
N	tr/min	Tours par minute	$N = \frac{1000 v_c}{\pi D}$
v_f	mm/min	Avance par minute	$v_f = N Z f_z$
f_z	mm/dent	Avance par dent	$f_z = \frac{v_f}{N Z}$
Q	cm ³ /min	Débit de matière	$Q = \frac{a_p a_e N Z f_z}{1000}$
h_m	mm	Epaisseur moyenne des copeaux	$\frac{\sqrt{a_e}}{D} f_z$
h_{max}	mm	Epaisseur maxi des copeaux	



Vous pensez **productivité**, Pensez **HSS**

BROCHAGE

OUTILS DE BROCHAGE

- 2 Les bases du brochage
- 3 Avantages du brochage
- 4 Zoom sur une broche
- 5 Quel acier rapide pour un rendement maximum ?
- 6 Revêtements pour les meilleures performances
- 7 Lexique
- 8 Deux conceptions classiques de broches
- 9 Brochage intérieur : trous ronds et carrés
- 10 Brochage intérieur : cannelures
- 11 Brochage extérieur
- 12 Brochage par traction et par poussée

13 Pas de denture

14 Copeaux de brochage

15 Dimensions

16 Broches intérieures : types d'embouts

PROCEDE DE BROCHAGE

17 Vitesses de coupe typiques

18 Fluides de coupe

19 Problèmes courants en brochage

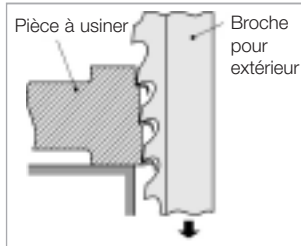
20 Usure

21 Calcul de l'effort de brochage

22 Le brochage dans l'aéronautique

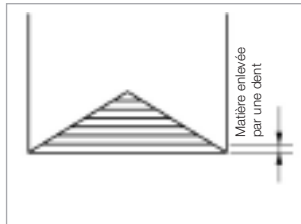
23 Le brochage dans l'automobile

24 Le brochage au quotidien

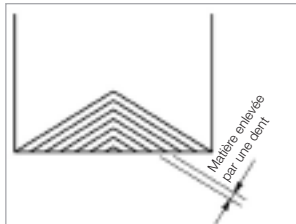


Procédé de brochage extérieur

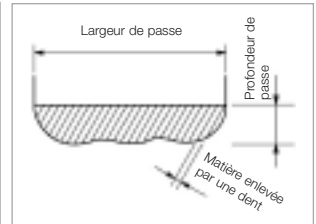
- Le brochage est une opération d'usinage dans laquelle l'outil a un déplacement linéaire.
- La forme de l'outil est la même que celle de la pièce et le procédé est bien adaptée à la production de sections complexes.
- En brochage, chaque dent enlève progressivement de la matière pour produire progressivement la forme finale.
- Toutes les opérations (ébauche, demi-finition, finition) sont réalisées en une seule passe.
- Recommandé pour les grandes séries, le brochage est une technologie alternative au perçage, alésage, tournage, rectification et à l'électroérosion.
- Pré requis : la surface à brocher doit être parallèle à la direction du déplacement de la dent.



Usinage conventionnel



Usinage de forme



Coupe par génération

Le procédé de brochage est extrêmement précis. Le rendement obtenu pour des productions de grande série n'est égalé par aucun autre procédé. Le brochage est particulièrement adapté à l'industrie automobile, où de hauts niveaux de rendement et de précision sont exigés.

- **Temps de cycle réduit**

Les pièces sont produites en une seule passe (demandant habituellement moins d'une minute). Avec les autres procédés d'usinage, de multiples opérations sont nécessaires à la réalisation de formes complexes et/ou irrégulières.

- **Procédé ayant une précision et une répétitivité excellentes**

Les déplacements linéaires impliquent une variabilité du procédé réduite.

- **De très bons états de surface**

Une très bonne qualité est obtenue en une seule passe. La dernière dent de la broche polit ou rode la pièce.

- **Durée de vie d'outil importante**

Chaque dent de la broche ne rentre en contact avec la surface à usiner qu'une seule fois par cycle. Par conséquent, une broche peut produire une grande quantité de pièces avant d'être réaffûtée.

- **Maintenance et apprentissage aisés**

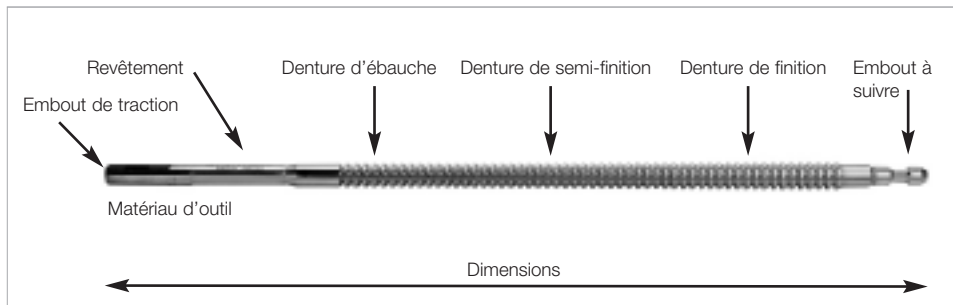
Les machines de brochage ne sont pas de conception complexe. De plus, le chargement et le déchargement des pièces peuvent être aisément automatisés.

- **Coûts de fabrication extrêmement compétitifs**

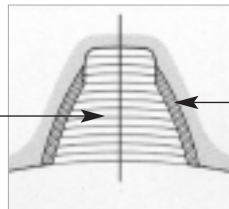
Pour une productivité accrue, d'importants lots de pièce peuvent être brochés en une passe.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Souvenez-vous que, sur une broche, la section de finition est plus grande que la section d'ébauche.



Métal enlevé par la denture d'ébauche



Métal enlevé par la denture de finition

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Pour des séries
importantes,
augmentez
votre productivité
avec des broches
en acier rapide fritté*

HSS

- Pour les matériaux faciles à usiner comme l'aluminium, le magnésium, les aciers de décolletage ($R_m < 800 \text{ Mpa}$)
- Utilisation en diminution

HSS-E

- Choix de base
- Pour les matériaux tels que les aciers, les inoxydables et les fontes ($R_m < 1000 \text{ Mpa}$)

HSS-PM (métallurgie des poudres)

- Pour une productivité accrue et des durées de vie d'outil plus longues
- Pour les alliages de nickel et les alliages de titane
- Permet l'usinage à sec

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Pour des
performances
encore meilleures,
combinez un
revêtement avec
un acier rapide fritté*

TiN
Or

- Choix de base
- Augmentation de la résistance à l'abrasion
- Pour une durée de vie d'outil plus longue

**TiAlN ou
TiAlCN**
Noir-violet

- Pour de grandes vitesses et une haute productivité, spécialement dans les aciers
- Adaptable également à la micropulvérisation ou à l'usinage à sec

**Acier
C45**

HISTOIRE D'UN SUCCÈS

Opération

- Grande vitesse de brochage avec une broche HSS-PM revêtue TiAlN et micro-pulvérisation

Longueur de coupe

- 30 mm

Avantages par rapport à l'usinage avec une broche HSS Co lubrifiée à l'huile

- **Vitesse de coupe x10** (v_c 50 m/min contre 5 m/min)
- **25 % de durée de vie en plus**
- Meilleur état de surface
- 15 % de réduction du coût par pièce et baisse de la consommation d'énergie

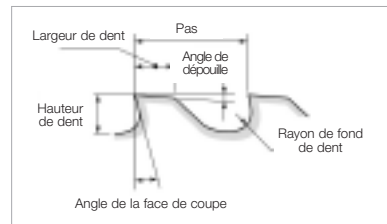
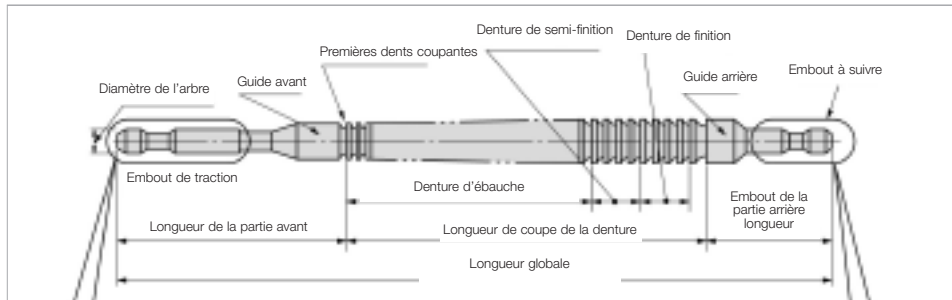
UNE BROCHE DANS LE MONDE

Anglais :
a broach

Allemand :
ein Raumwerkzeug

Italien :
una broccia

Espagnol :
una brocha



Forme de la dent



Broche monobloc

Le choix de base



Broche assemblée

Les broches assemblées sont composées de plusieurs segments de broches

- + Précision accrue de la pièce à usiner
- + Longueur d'outil plus importante qu'avec les broches monoblocs
- + Broches aux formes complexes non réalisables en une seule partie

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Le brochage est
la seule solution
pour réaliser
des trous carrés
avec des angles vifs*



Brochage de trous circulaires

Les broches rondes sont utilisées pour des trous de grande précision. Il existe plusieurs types de broches rondes : broche à coupe rotative utilisées pdans les fontes sans pré-usinage, broches à double coupe et broches à polir pour améliorer l'état de surface.



Brochage de trous carrés

Les broches plates et carrées sont utilisées pour produire des trous de forme similaire.



Brochage de trous de serrure

Les broches de trous de serrure sont couramment utilisées, souvent avec un guide qui permet de renforcer la broche lors de la passe.

Lorsque la broche n'est pas assez longue pour usiner une pièce en trou de serrure en une seule passe, un " suiveur " est placé entre la broche et le guide. Ceci permet d'avoir une longueur utile de broche deux à trois fois supérieure.



Brochage de cannelures

Les broches à canneler sont utilisées pour la finition des cannelures droites ou spirales.



Les broches à cannelures spirales sont utilisées dans la production automobile. Elles sont disponibles avec des dents rondes sur le devant ou sur l'arrière, ou avec des dents cannelées et rondes alternées pour diminuer l'excentricité sur les diamètres intérieurs ou extérieurs d'une cannelure



Brochage de cannelures latérales parallèles

Les broches à cannelures latérales parallèles sont habituellement employées dans des pièces de guidage ou la production de pièces de machine.



Brochage de dentures

Une broche combinée, avec cannelures et dents rondes, peut diminuer l'excentricité sur le diamètre mineur et principal d'une cannelure.



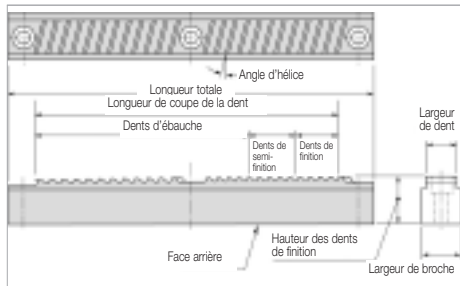
Brochage de formes spéciales

Des cannelures hélicoïdales peuvent également être brochées avec des broches à dents en spirale. Les dents sont rectifiées suivant une trajectoire hélicoïdale autour de l'axe d'outil. L'angle de l'hélice correspond à ce qui est exigé pour l'opération.

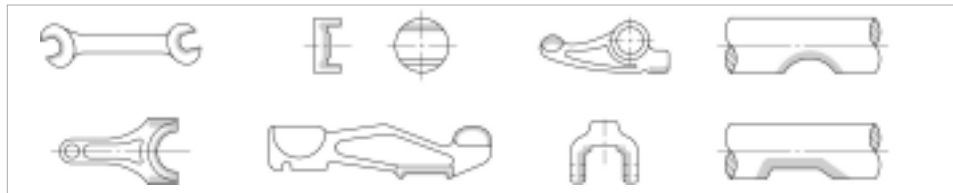
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Pour les grandes
séries, le brochage
est une bonne
alternative
au perçage.*

*La précision
s'améliore
également !*



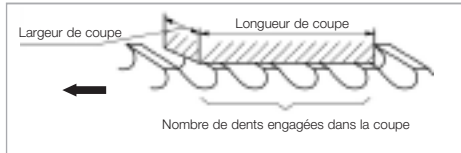
Broche pour extérieur



Exemples de pièces brochées

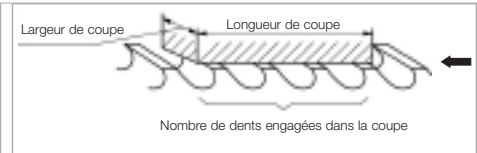
Broche pour extérieur

- Les broches à surfacer sont utilisées pour enlever de la matière sur les surfaces extérieures.
- Le brochage extérieur est souvent réalisé sur des machines verticales, dont la broche peut être aussi bien tirée que poussée.
- La broche est habituellement fixée à la machine sur toute sa longueur.



Le brochage par traction

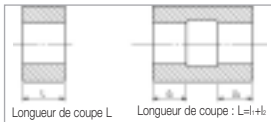
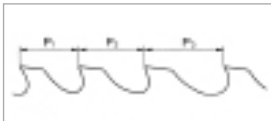
- Le brochage est généralement effectué par traction



Le brochage par poussée

- Lorsque la quantité de pièces à usiner est relativement faible, le brochage par poussée est utilisé
- Les broches à pousser ont des durées de vie courtes, en raison des frottements qui surviennent lors du retour
- Le brochage par poussée peut aussi être réalisé sur des centres d'usinage ou sur des tours

Espace entre les dents \geq Volume d'un copeau x 4



Pas et poche à copeaux

- Le pas est déterminé en fonction de la quantité de métal enlevé par une dent (t = épaisseur du copeau). Pour prévenir les bourrages de copeaux, le volume de la poche à copeaux doit être 6 fois plus grand que le volume du copeau (longueur de coupe x largeur du copeau).

Pas variable

- Pour prévenir les marques sur la surface finie, on utilise 2 ou 3 pas différents de longueurs inégales.

Pas et longueur de coupe

- Pas $P = 1,2$ à $2 \sqrt{L}$

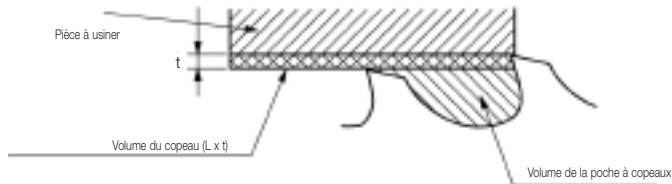
Nombre de dents engagées

- En règle générale, plusieurs dents coupent simultanément.
Nombre de dents engagées = Longueur de coupe / pas (ce nombre ne doit pas être entier).

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Le volume
de la poche
à copeaux doit être
six fois plus grand
que le volume
d'un copeau*

Volume de la poche à copeaux \geq Volume du copeau $\times 6$

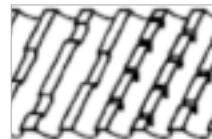


Brise-copeaux

Les brise-copeaux sont utilisés sur les broches pour prévenir les bourrages et pour faciliter l'évacuation des copeaux. Sans eux, la broche produirait des copeaux en forme d'anneaux, qui s'enrouleraient dans la goujure pouvant provoquer une casse de l'outil.

Les brise-copeaux sont rectifiés parallèlement à l'axe de l'outil.

Les brise-copeaux sont placés en quinconce une dent sur deux de manière à ce que chaque brise-copeaux soit suivi par une arête de coupe.

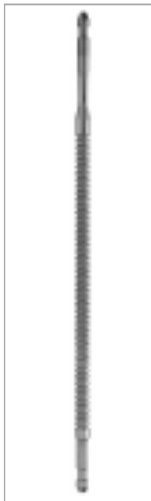


Brise-copeaux sur
une broche plate

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les broches sont souvent des outils très longs, de 5 à 100 fois le diamètre, voire plus.

Pour éviter tout dommage pendant le stockage, les broches doivent être suspendues verticalement.



Petites broches

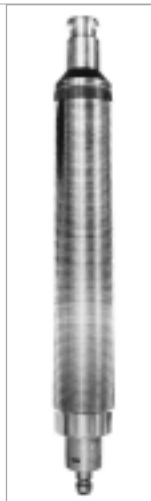
Exemples :

Broches rondes à rainurer

- Largeur : 0,4181 mm
- Diamètre : 3,175 mm
- Longueur : 332 mm

Broche carrée

- Largeur du carré : 2,3 mm
- Longueur : 220 mm



Grandes broches

Exemple :

Brochage de dentures intérieures

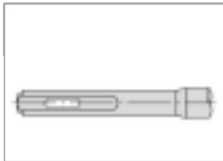
- Diamètre : 290 mm
- Longueur : 2150 mm

Les broches sont habituellement des outils très longs, de 5xD jusqu'à 100xD, voire plus.

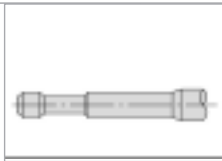
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Le choix des embouts
de traction
et à suivre dépend
du type de
machine utilisé.
Ne pas oublier que
les diamètres des
deux embouts
doivent être plus
petits que le trou
de pré-brochage*

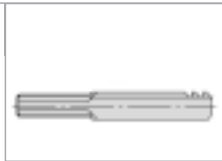
EMBOUTS DE TRACTION



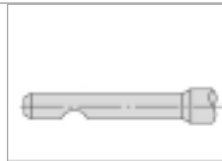
Claveté



Mors/pinces

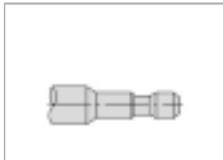


Fileté

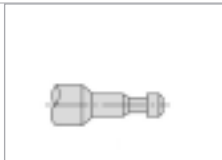


Goupillé

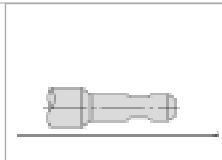
EMBOUTS A SUIVRE



Mors/pinces



Gorge ronde



Trapézoïdal

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*De très grandes
vitesses peuvent
être atteintes grâce
aux nouveaux
matériaux HSS-PM
et aux nouveaux
revêtements*

- La vitesse de coupe influence directement la précision du brochage, l'état de surface de la pièce finie, et la durée de vie de l'outil.

Matériau à usiner	Broche HSS	Broche HSS Co	Broche HSS-PM revêtue
Acier	3-8	3-10	3-60*
Acier inoxydable - dur	2-5	2,5-4	2,5-5
Acier inoxydable pour décolletage	4-6	4-8	4-10
Fonte	8-10	8-12	8-60*
Cuivre	8-10	8-12	8-60*
Bronze	8-10	8-12	8-60*
Aluminium	8-10	8-12	8-80*
Magnésium	8-10	8-12	8-80*

** Une machine spéciale est nécessaire*

Les fluides de coupe en brochage

- Le refroidissement est essentiel en brochage. Abaisser la température de 50° C peut augmenter la durée de vie de l'outil de 50 %. Une lubrification insuffisante peut aussi bloquer l'opération de brochage.
- Le type de réfrigérant utilisé en brochage aura des effets sensibles sur le nombre de pièces brochées, la précision, et le rendement.
- Les réfrigérants à faible pouvoir lubrifiant ou faiblement dopé peuvent causer une usure rapide des dents, et ainsi produire des états de surface moins bons sur pièces finies. Si la viscosité est trop élevée, les copeaux s'évacuent mal, provoquant une baisse de rendement. Généralement, les grandes viscosités sont recommandées pour les machines horizontales plutôt que pour les machines verticales.
- L'huile entière est recommandée pour le brochage avec des additifs pour bas coefficient de friction. Le choix du fluide de coupe dépend aussi du type de machine de brochage.

- Les fluides solubles sont de plus en plus utilisés pour améliorer le refroidissement aux grandes vitesses de coupe ou pour les matériaux résistants à la chaleur. L'utilisation d'huiles solubles est recommandée pour éviter d'avoir à nettoyer les pièces, et pour réduire les risques d'incendie.

Lubrification minimum (MQL)

- La micro-pulvérisation se développe aussi pour ce procédé d'usinage.
- La micro-pulvérisation rend le nettoyage des pièces inutile et est peu polluante.
- Des résultats spectaculaires peuvent être atteints avec des revêtements TiAlN et des aciers HSS-PM (voir tableau page 6).

Problème	Solutions
Précision dimensionnelle (pièces trop fortes, trop faibles)	Réaffûter plus tôt. Améliorer l'orientation du fluide de coupe. Vérifier qu'il n'y a pas de bavures sur une dent. Vérifier la précision dimensionnelle de la broche. Vérifier la pièce à usiner.
Défaut de forme et position (ovalisation, voile)	Vérifier l'embout de traction. Vérifier l'angle d'attaque. Vérifier le bridage de la pièce et l'alignement, spécialement si elle comporte des parois minces. Vérifier la longueur de coupe.
Mauvais état de surface	Réaffûter plus tôt. Améliorer l'orientation du fluide de coupe. Augmenter la vitesse Vérifier qu'il n'y a pas de bavures sur une dent. S'assurer qu'il n'y a pas de vibrations.
Durée de vie d'outil trop courte	Réaffûter plus tôt. Améliorer l'orientation du fluide de coupe. Utiliser une broche HSS-PM et des revêtements. S'assurer qu'il n'y a pas de vibrations. Augmenter la longueur de guidage.

Usure en dépouille

- Mode d'usure normal
- Réduire la vitesse de coupe (v_c)
- Utiliser une broche en acier rapide fritté revêtue
- Augmenter le débit du fluide de coupe

Usure en cratère

- Doit être limitée
- Réduire la vitesse de coupe (v_c)
- Utiliser une broche revêtue pour supprimer l'usure chimique
- Vérifier le débit et l'orientation du fluide de coupe

Déformation

- Doit être évitée
- Réduire la vitesse de coupe (v_c)
- Augmenter le débit du fluide de coupe
- Utiliser une broche revêtue

- Force de coupe estimée = largeur de coupe (mm)
 x profondeur de coupe / dent (mm)
 x nombre de dents engagées
 x résistance spécifique de coupe (kN/mm²)
- Charge de sécurité (kN) = 1,8 x chargement estimé

Matériau à usiner	Profondeur de coupe/dent (mm)			Résistance spécifique de coupe (N/mm ²)
	Broche ronde	Broche à canneler	Broche à surfacer	
Aciers au carbone	0,010-0,020	0,025-0,030	0,030-0,070	3000 - 4000
Aciers alliés	0,010-0,020	0,025-0,030	0,030-0,070	3000
Fontes	0,025-0,040	0,025-0,040	0,050-0,075	2000
Fontes malléables	0,025-0,035	0,025-0,035	0,050-0,075	1300-3000
Aciers inoxydables	0,020-0,030	0,020-0,030	0,030-0,060	4000
Alliages non-ferreux	0,035-0,050	0,030-0,040	0,060-0,100	1000-2000

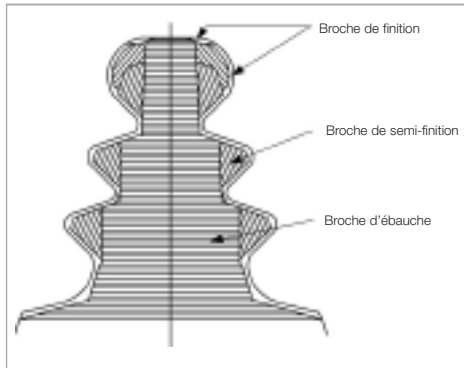
Exemple de calcul

Brochage de cannelures parallèles 20 x 16 x 4 x 6SP dans un acier allié

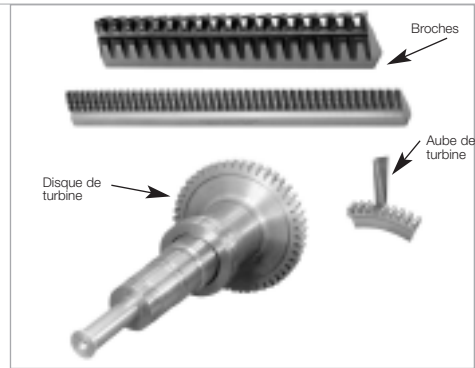
- Longueur de coupe = 25 mm
 - Pas : $1,5 \times \sqrt{25} = 7,5$ mm
 - Nombre de dents engagées : $25/7,5 = 3,4 \rightarrow 4$
 - Profondeur de coupe par dent : 0,025 mm
 - Résistance de coupe : 3 kN/mm²
- $\left. \begin{array}{l} \text{Longueur de coupe} \\ \text{Pas} \\ \text{Nombre de dents engagées} \\ \text{Profondeur de coupe par dent} \\ \text{Résistance de coupe} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{Chargement estimé : } (4 \times 6) \times 0,025 \times 3 \times 4 = 7,2 \text{ kN} \\ \text{Charge de sécurité : } 1,8 \times 7,2 = 13 \text{ kN} \end{array} \right.$

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les broches en pied de sapin sont utilisées pour produire les ancrages de pieds d'aubes sur les disques de turbine pour l'aéronautique ou pour l'industrie de l'énergie

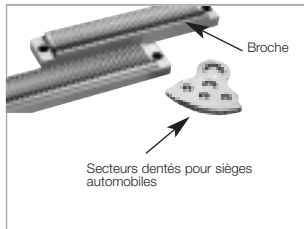


Profil d'une broche en pied de sapin

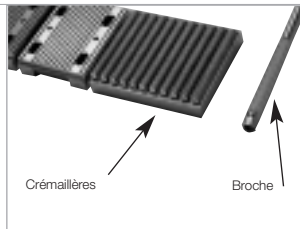


LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

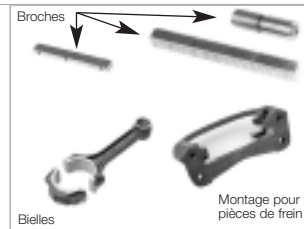
Les broches sont très rentables pour la production de masse de composants destinés à l'automobile



Brochage de secteurs dentés



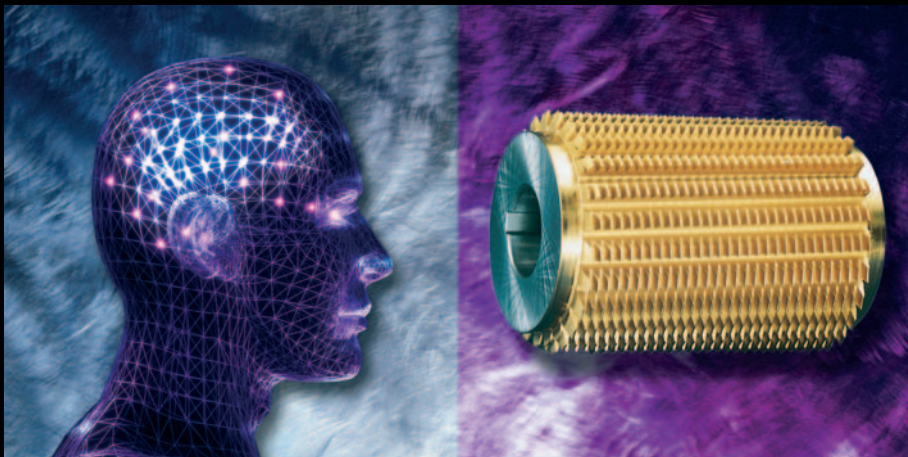
Brochage de crémaillères



Brochage de bielles et de disques de frein



Le brochage des trous de serrure



Vous pensez **puissance**, pensez **HSS**

TAILLAGE

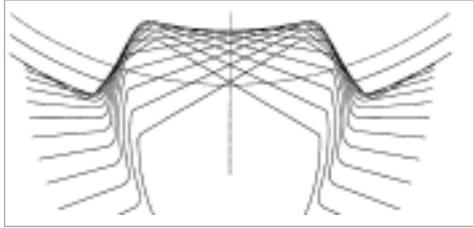
LES BASES DU TAILLAGE D'ENGRENAGE

- 2 Les bases du taillage d'engrenage
- 3 Différents types d'engrenages
- 4 Différents types d'engrenages
- 5 Quel acier rapide pour un rendement maximum ?
- 6 Revêtements pour les meilleures performances
- 7 Les bases du taillage à l'outil-pignon
- 8 Outils-pignons - Lexique
- 9 Différents types d'outils-pignons
- 10 Types d'outils-pignons et formes réalisées

LE PROCEDE DE TAILLAGE PAR FRAISE-MERE

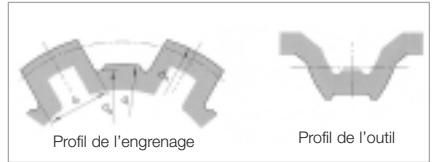
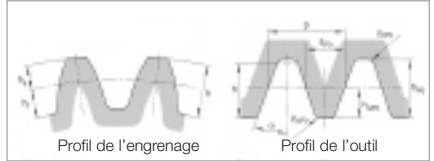
- 11 Les bases du taillage par fraise-mère
- 12 Fraise-mère - Lexique
- 13 Taillage en opposition et en avalant
- 14 Exemples de fraises-mères
- 15 Profils spéciaux produits par fraise-mère
- 16 Copeaux produits en taillage par fraise-mère
- 17 Comment surveiller l'usure
- 18 Les bases du rasage (shaving)
- 19 Outils de rasage - Lexique

Génération du profil d'un engrenage comme enveloppe des positions successives de la fraise-mère



- Utilisés pour les boîtes de vitesse, les systèmes de transmission, etc., les engrenages sont des composants essentiels pour l'industrie mécanique. On en trouve dans tous les types de véhicules tels que les automobiles, les camions, les tracteurs, les équipements industriels mais aussi dans les systèmes de propulsion des navires, les laminoirs, les centrales électriques, etc..
- La plupart des engrenages sont taillés à la fraise-mère ou à l'outil-pignon. Le taillage par fraise-mère est un procédé par génération, où la matière est enlevée progressivement pour produire les dents de l'engrenage.

Exemples de profils de dents de fraise et de dents d'engrenage





Engrenages à denture droite



**Engrenages à denture
hélicoïdale**



**Engrenages à denture
intérieure**



Engrenage conique à denture droite



Engrenage conique à denture hélicoïdale



Engrenage spiro-conique



Engrenage hypoïde



Engrenage hélicoïdal



Roue et vis sans fin

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Obtenez
les meilleures
performances
avec des aciers
rapides frittés

HSS

- Utilisés pour les fraises-mères et les outils de rasage

HSS-E

5 % - 8 % cobalt

- Utilisés pour les fraises-mères et les outils-pignons

HSS-PM

sans cobalt
(métallurgie
des poudres)

- Principalement utilisés pour les outils de rasage

HSS-E-PM

avec cobalt
(métallurgie
des poudres)

- Hautes performances
- Grandes vitesses de coupe
- Durées de vie d'outil plus longues
- Adaptés à l'usinage à sec
- Utilisés pour les fraises-mères et les outils-pignons

Acier
20MoCrS4

HISTOIRE D'UN SUCCES

Opération

- Taillage de planétaires à grande vitesse de coupe et à sec, module 1,25, angle de dépouille 20°, 21 dents, largeur de dent 24 mm

Solution

- Fraise-mère en acier rapide fritté avec revêtement TiAlN multicouche

Conditions de coupe

- v_c 220 m/min, f_a 2,5 mm/tr, t_h 12,4 sec.

Avantages

- **Temps de coupe réduit de 51 % et 38 % de pièces en plus** (6444 pièces avant réaffûtage)

**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*Pour une efficacité
maximum
du revêtement,
préférez un substrat
en acier rapide fritté*

TiN
Or

- Revêtement à usage général
- Réduit le frottement
- Bonne résistance à l'abrasion aux basses vitesses de coupe

TiCN
Gris-violet

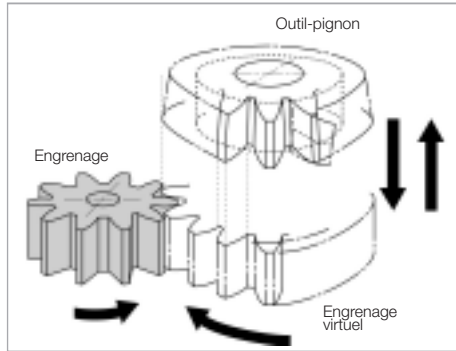
- Haute résistance à l'abrasion aux basses vitesses de coupe et sous lubrification à l'huile entière

**TiAlN
ou TiAlCN**
Noir-violet

- Revêtements hautes performances ($v_c \geq 120$ m/min)
- Prévient les surchauffes d'outil
- Adapté pour le taillage par fraise-mère à sec
- Grande résistance à l'abrasion à haute température

**MoS₂
ou WC-C**
Gris-noir

- Réduit le frottement
- Résistance à la température limitée
- Pour l'usinage à sec



Un outil-pignon est en fait un engrenage dont les dents sont dépouillées pour produire une arête de coupe et une dépouille. Le mouvement d'aller-retour de l'outil synchronisé avec sa rotation relative par rapport à la pièce permet de générer le profil souhaité.

Les outils-pignons sont utilisés pour produire des engrenages ainsi que des crémaillères, des cames, des dentures intérieures, des pignons étagés, etc..

Cette technologie est utilisée lorsque le taillage par fraise-mère n'est pas possible en raison de problèmes d'accessibilité.

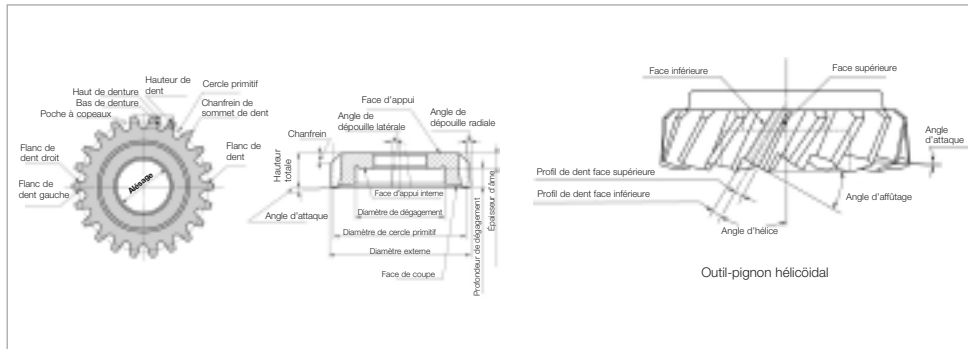
UN OUTIL-PIGNON DANS LE MONDE

Anglais :
a shaper cutter

Allemand :
ein Hobelwerkzeug

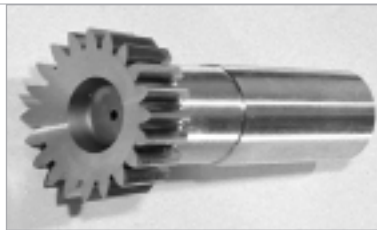
Italien :
un coltello stozzatore

Espagnol :
una herramienta
para cepillar

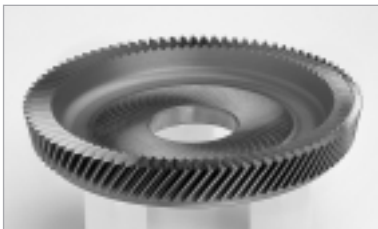




Outil-pignon type outil-disque



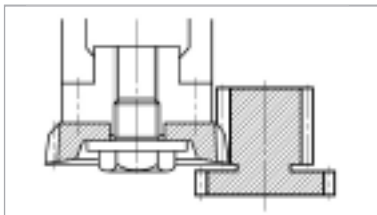
Outil-pignon arbré



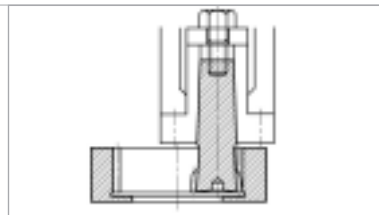
Outil-disque hélicoïdal



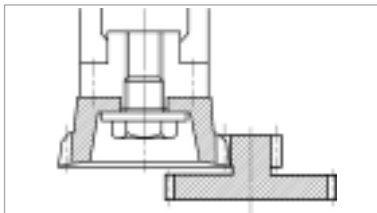
**Outil-pignon à alésage profond avec
écrou noyé**



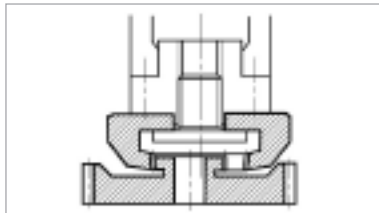
Outil-pignon type outil-disque pour pignon étagé



Outil-pignon arbré pour denture interne borgne



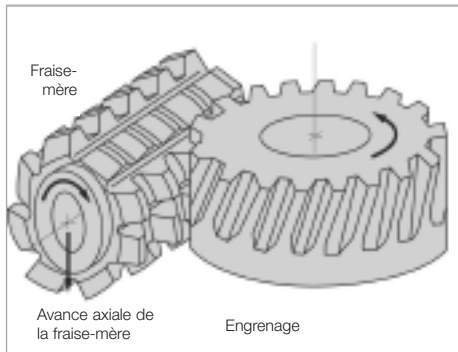
Outil-pignon à alésage profond avec écrou noyé pour pignon étagé important



Outil-pignon intérieur pour dégagement lors d'un taillage du petit engrenage d'un pignon étagé

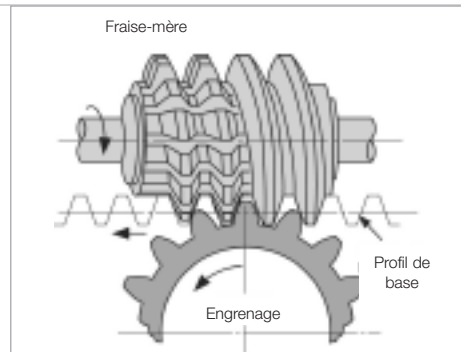
LE SAVIEZ-VOUS ?

Le profil de la fraise-mère est le contre-profil des dents de l'engrenage



Taillage par fraise-mère

Tout au long du processus de taillage, la pièce à usiner et la fraise-mère tournent selon des mouvements de rotation coordonnés. Une avance linéaire est également appliquée. La fraise-mère est matérialisée par une vis sans fin dont les intersections avec les goujures forment les arêtes de coupe.



Action de la fraise-mère

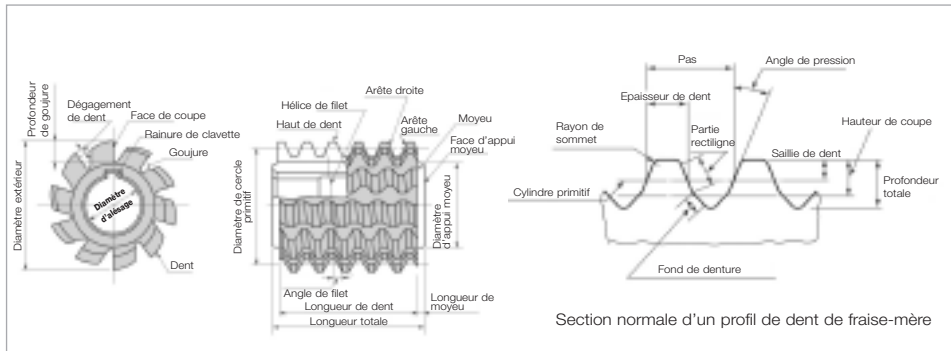
UNE FRAISE-MERE DANS LE MONDE

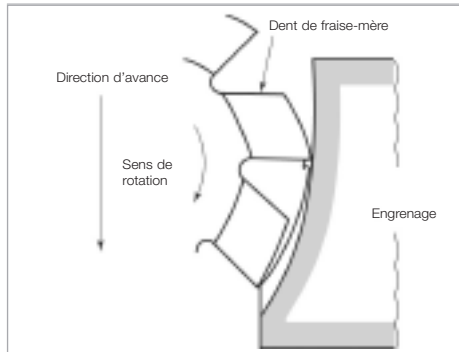
Anglais :
a hob

Allemand :
ein Walzfräser

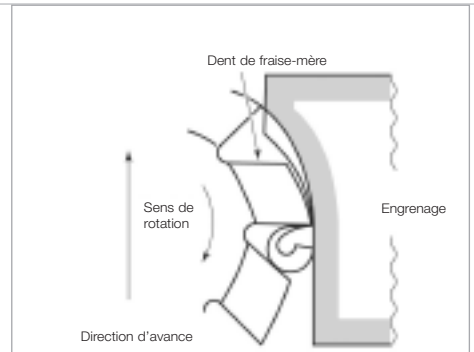
Italien :
un creatore

Espagnol :
una fresa madre





Taillage en opposition



Taillage en avalant



Fraise-mère monobloc



Chaîne-mère pour pignon de chaîne



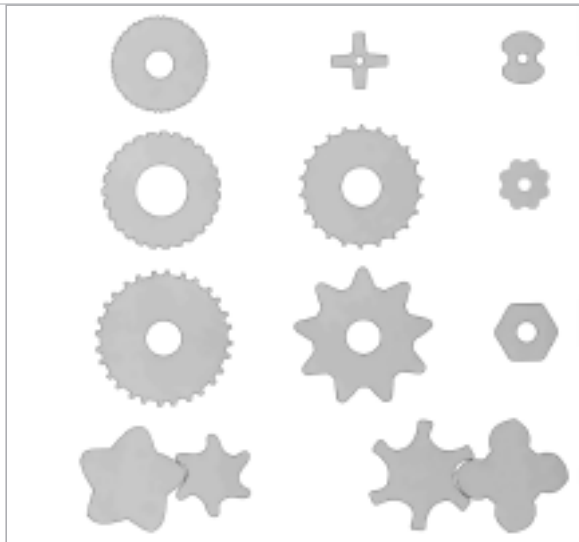
Fraise-mère à segments rapportés

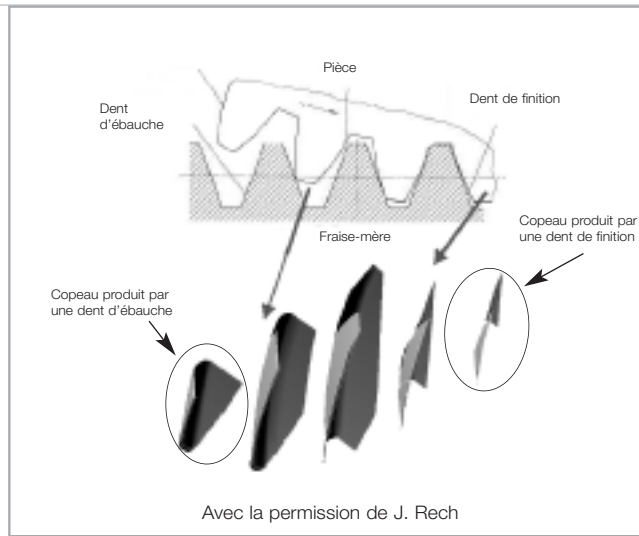


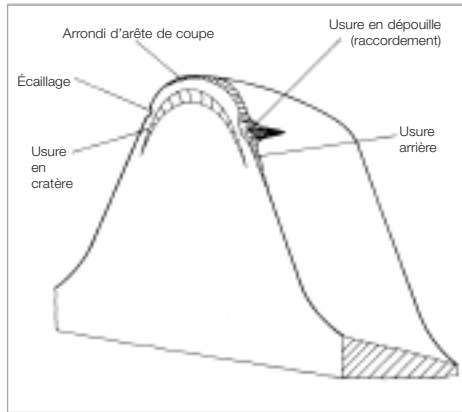
Fraise-mère pour roue à vis sans fin



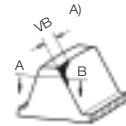
Fraise-mère pour roue à rochet



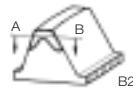
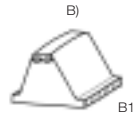




Types d'usure sur une dent de fraise-mère



Section A-B



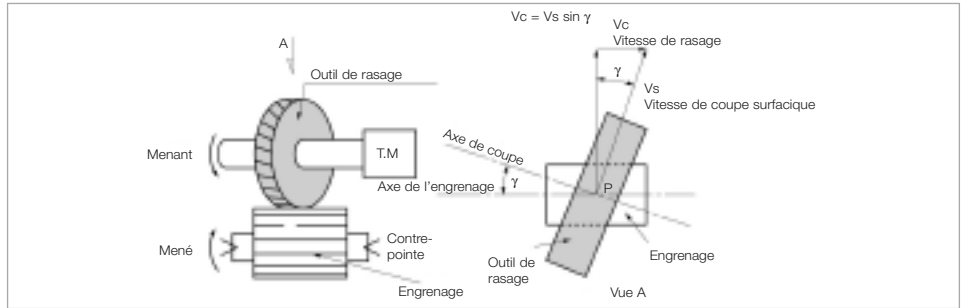
Développement de l'usure sur une fraise-mère

A) Largeur de la marque d'usure en dépouille sur une fraise-mère non revêtue

B) Développement de l'usure en cratère sur une fraise-mère revêtue

B1) Usure en cratère sur les becs

B2) Usure en cratère complète



Le rasage d'engrenage (ou shaving) est une opération de finition, qu'on effectue après une ébauche par fraise-mère ou par outil-pignon.

Le shaving consiste à racler de fines particules de matière sur la surface de travail des dents de l'engrenage en produisant de très fins copeaux.

Ce procédé améliore aussi l'état de surface des dents et, par le passage croisé des dents, élimine le risque de concentrations de charge sur l'extrémité de la dent. En modifiant le profil de denture, le shaving permet de réduire le bruit provoqué en fonctionnement par l'engrenage et d'améliorer sa capacité de chargement, ainsi que la sécurité de fonctionnement et la durée de vie.

L'outil de rasage a la forme d'un engrenage hélicoïdal avec des stries sur les flancs de dent qui agissent comme des arêtes de coupe.

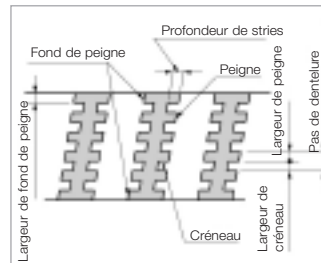
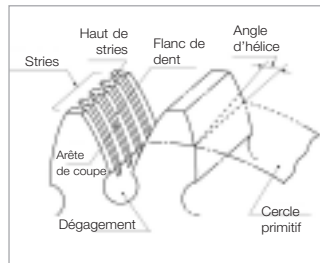
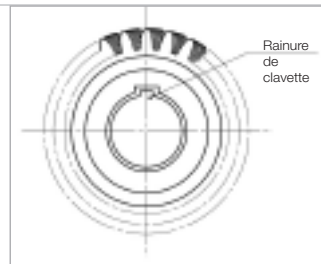
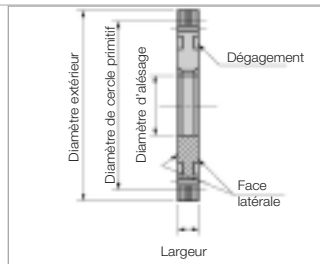
UN OUTIL DE RASAGE DANS LE MONDE

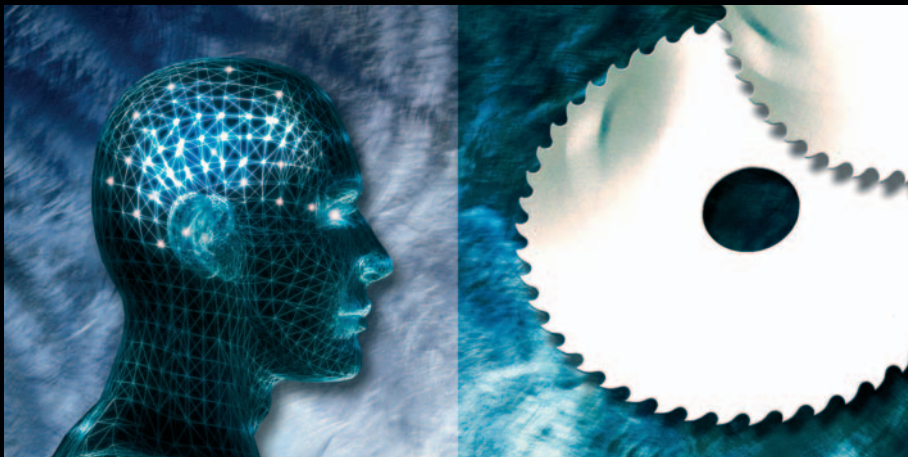
Anglais :
a shaving cutter

Allamand :
ein Schaberad

Italien :
sbarbatore

Espagnol :
una herramienta
de afeitado





Vous pensez **rentabilité**, pensez **HSS**

LE SCIAGE A LA SCIE A RUBAN

- 2 Les bases du sciage
- 3 Aciers rapides et revêtements
- 4 Le concept bimétal
- 5 Disposition des dents
- 6 Pas et formes de denture
- 7 Vitesses de coupe
- 8 Rodage des lames
- 9 Copeaux
- 10 Bridage des pièces
- 11 Résolution des problèmes courants

LE SCIAGE CIRCULAIRE

- 12 Les bases du sciage circulaire
- 13 Aciers rapides et revêtements
- 14 Types de dents
- 15 Pas de denture
- 16 Vitesses et avances
- 17 Positionnement de la pièce à usiner
- 18 Résolution des problèmes courants

UNE SCIE A RUBAN DANS LE MONDE

Anglais :
a bandsaw

Allemand :
eine Bandsäge

Italien :
una sega a nastro

Espagnol :
una sierra cinta



Lors du sciage à la scie à ruban, une lame continue coupe avec une action de coupe unidirectionnelle, uniforme et régulière ; chaque dent est faiblement chargée. Les copeaux produits ont une épaisseur constante.

Les scies à ruban peuvent être utilisées pour le débit de lopins, le sciage droit ou de contours.

Il existe trois types de machines à ruban :

- Verticale, principalement utilisé pour le sciage de contours
- Horizontale, pour les opérations de débit
- Machines pendulaires

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Utiliser des rubans
revêtus TiN
pour obtenir
une durée de vie
et une résistance
à l'abrasion
meilleures*

HSS

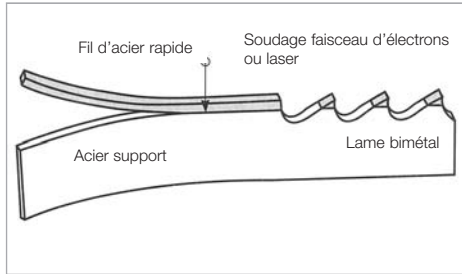
- Rarement utilisé

HSS-E 8 % cobalt

- Choix de base

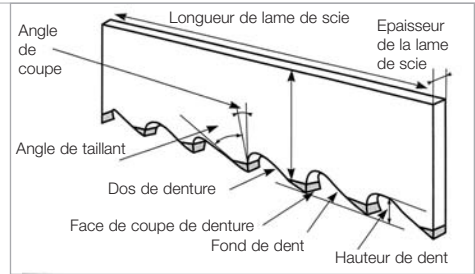
HSS-E-PM

- Pour de hautes performances et une longue durée de vie d'outil
- Pour les alliages de nickel, de titane et les aciers durs

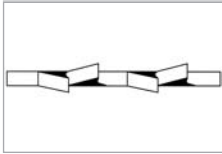


Le concept de scie bimétal

Dans les scies bimétal, un fil d'acier rapide est soudé par faisceau d'électrons ou par laser sur un support en acier

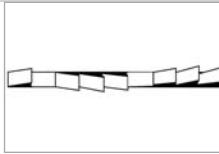


Lexique



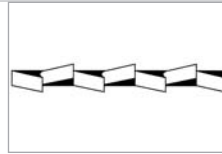
Avoyage "Raker"

- Séquence de 3 dents, gauche, droite, en ligne
- Réduit les efforts sur la denture, pour les coupes très chargées
- Angle d'inclinaison uniforme
- Plutôt pour les métaux ferreux



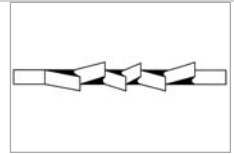
Avoyage ondulée

- Ondulation sinusoïdale progressive avec pas fin
- Réduit les efforts sur la denture
- Plus doux dans les sections minces
- Egalement pour les profondeur de coupes réduites à haute vitesse



Avoyage alterné

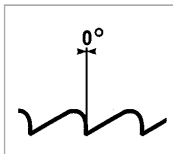
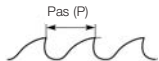
- Séquence de 2 dents, gauche, droite
- Plutôt pour les métaux non-ferreux



Avoyage variable (pas multiple)

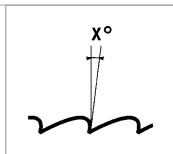
- Une dent est plus haute sur chaque pas
- Seulement la plus grande des dents de chaque séquence est en prise
- Approprié dans la plupart des applications

Pas de denture



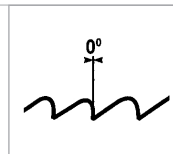
Pas fixe

- Pour une utilisation générale
- Bonne capacité à évacuer les copeaux



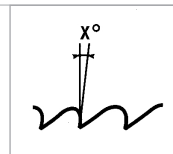
Pas fixe denture positive

- Pour une utilisation générale
- Bonne capacité à évacuer les copeaux



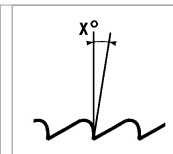
Pas variable

- Coupe douce
- Réduit les vibrations harmoniques et le bruit
- Bonne capacité à évacuer les copeaux
- Longue durée de vie d'outil



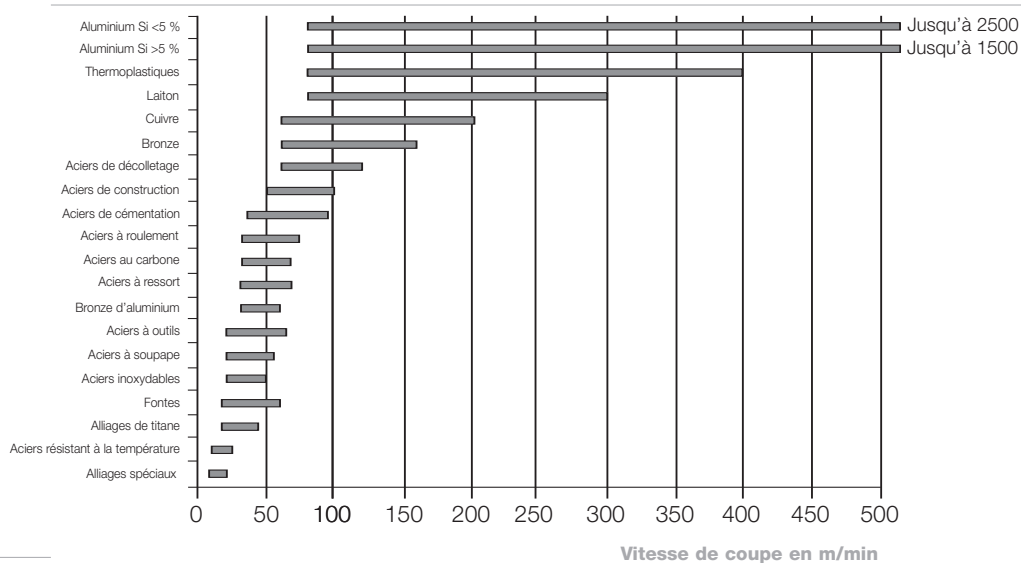
Pas variable denture positive

- Usinage sans choc
- Réduit les vibrations harmoniques et le bruit
- Bonne capacité à évacuer les copeaux et formation des copeaux aisée
- Bonne pénétration des dents
- Longue durée de vie de l'outil



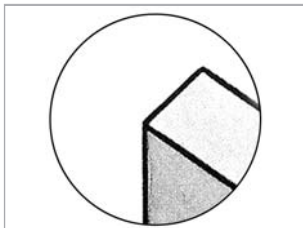
Denture type Hook

- Permet de grands pas sur les lames étroites
- Formation aisée des copeaux
- Bonne capacité à évacuer les copeaux
- Utilisé dans les fontes et les matériaux non-métalliques (bois, plastiques, composites)



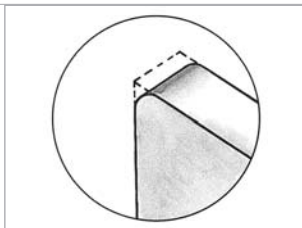
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Le rodage
est indispensable
pour de longues
durée de vie*



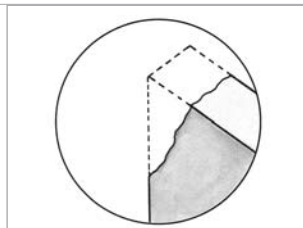
Lame neuve

- Denture très aiguisée



Avec rodage

- Rayon ultra-fin
- Le rodage se fait en réduisant la commande d'effort ou d'avance pour atteindre un débit correspondant approximativement à 20 à 50 % d'un débit normal.



Sans rodage

- Cassure prématurée de la denture



Copeaux très fins ou pulvérisés

- Augmenter l'avance ou la pression de coupe
- Ou ralentir la vitesse de la lame



Copeaux épais, lourds et bleuis

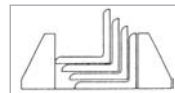
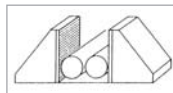
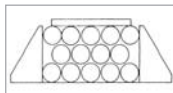
- Diminuer le débit



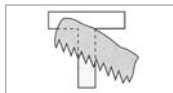
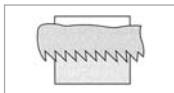
Copeaux enroulés et lâches

- Conditions de coupe idéales

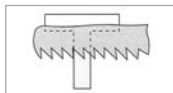
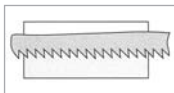
Méthodes de bridage des pièces



Positionnement de la lame et de la pièce à usiner



Conseillé



Déconseillé

Utiliser des scies
avec des grandes
dents

Utiliser des scies
avec de petites
dents

Utiliser des scies
avec de petites
dents

Problèmes	Solutions
Dentures s'usant et se détériorant rapidement	Réduire le débit et augmenter la vitesse. Utiliser un pas plus petit. Augmenter le débit de l'arrosage. Vérifier le bridage de la pièce à usiner.
Coupe non précise	Réduire l'avance. Vérifier le débit de fluide de coupe. Ajuster la tension de la lame et les guides. Vérifier l'état de l'avoyage des dents.
Lame qui se détend pendant l'usinage	Augmenter la tension de la lame. Augmenter la vitesse. Réduire l'avance. Vérifier l'usure de la lame ou les copeaux.
Collage des copeaux	Augmenter le débit de fluide de coupe. Réduire la vitesse. Utiliser un grand pas de denture.
Usure prématurée de la lame	Utiliser un grand pas de denture. Augmenter l'avance ou réduire la vitesse. Vérifier l'arrosage.
Emoussage prématuré de la denture	Vérifier la fixation de la lame. Augmenter l'avance. Vérifier le rodage de la lame. Vérifier l'arrosage et le type de fluide.
Cassure de la denture	Vérifier la vitesse et l'avance. Ajuster les guides. Vérifier la brosse ou l'éjecteur à copeaux.
Rupture de la lame	Utiliser un pas de denture plus petit et une lame plus fine. Réduire la tension de la lame et l'avance. Vérifier l'arrosage. Ajuster la vitesse de coupe.

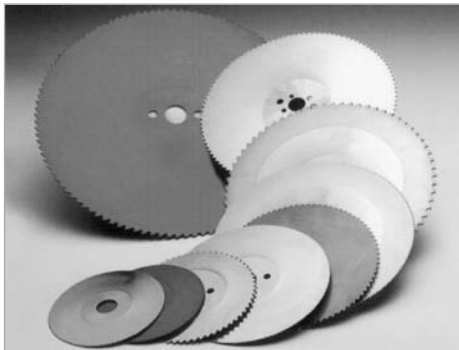
**UNE SCIE
CIRCULAIRE
DANS LE MONDE**

Anglais :
a circular saw

Allemand :
eine Kreisäge

Italien:
una sega circolare

Espagnol :
una sierra circular



- Les scies circulaires sont utilisées pour de hautes performances de coupe et pour les métaux ferreux et non-ferreux sous toutes leurs formes : lopins, tubes, profilés, barres, ronds, etc...
- On trouve des scies circulaires :
 - monoblocs
 - à segments en acier rapide rivetés sur un corps en acier, utiles quand de grands diamètres de scies sont nécessaires.

HSS et HSS-E

- Le choix de base

HSS-E

- Pour une durée de vie d'outil plus longue
- Pour les alliages difficiles à usiner

TiCN Gris-violet

- Pour les matériaux abrasifs
- Pour les aciers durs, alliages de titane et aciers inoxydables
- Pour de plus grandes vitesses de coupe (jusqu'à 90% plus élevées)

TiN Or

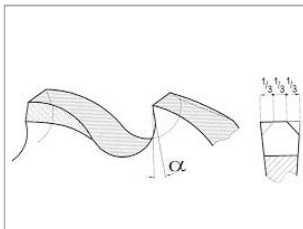
- Polyvalent
- Pour les aciers, tubes et profilés
- Pour de plus grandes vitesses de coupe (jusqu'à 50% de plus)

TiAlN Violet-noir

- Pour les aciers durs, inoxydables et fontes
- Pour les matériaux ayant une faible conductivité thermique
- Pour l'usinage à sec
- Pour de plus grandes vitesses de coupe (+60%)

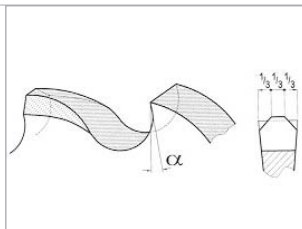
CrN Métal

- Revêtement à bas coefficient de frottement évitant le collage et les arêtes rapportées
- Pour les alliages de cuivre, le bronze, le laiton et l'aluminium
- Pour de plus grandes vitesses de coupe (+60%)



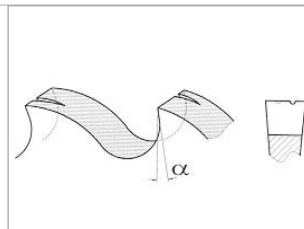
BW ou ACME

Généralement utilisé pour couper des tubes minces en acier (3 à 4 mm)



C ou Heller

Généralement utilisé pour couper des barres, des plats ou des tubes à sections épaisses (plus de 4 mm)



BC ou brise-copeaux

Pour couper des tubes fins et des petits profilés
Améliore la qualité de la coupe
Augmente les performances

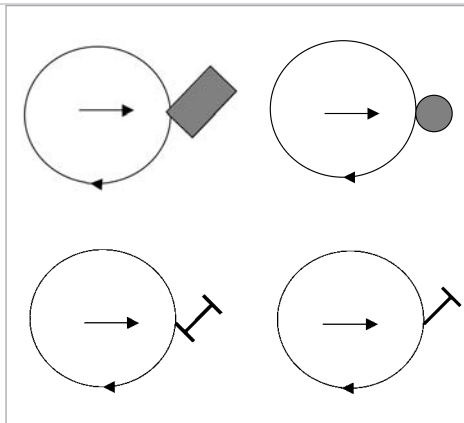
Choix du pas pour des sections pleines

Pas (mm)	Epaisseur de la matière (mm)
3	3-5
4	5-10
5	10-15
6	15-30
7	20-35
8	25-40
10	30-50
12	35-60
14	40-80

Choix du pas pour les tubes et les profilés

Pour les tubes et les profilés, s'assurer qu'au moins deux dents sont en contact avec la pièce à usiner.

Matière	Vitesse de coupe (m/min)	Feed (mm/min)
Aciers 35-50 kg/mm ²	28-35	70-160
Aciers 50-65 kg/mm ²	20-28	60-120
Aciers 70-85 kg/mm ²	15-22	40-100
Aciers traités	12-18	25-50
Aciers inoxydables austénitiques	5-12	30-45
Aciers inoxydables martensitiques	7-10	20-35
Profilés laminés à froid	25-40	80-130
Tubes minces	40-80	80-150
Tubes épais	30-50	70-130
Poutrelles	19-30	70-130
Fontes grises	12-25	80-110
Aluminium	900-1500	1200-1400
Cuivre	80-400	400-600
Laiton	400-600	800-1000
Bronze	40-120	400-800
Alliages de titane	10-15	80-160
Plastiques durs	900-1500	1200-1400



Problèmes	Causes
Usure prématurée	<ul style="list-style-type: none"> Pas trop grand Vitesse de coupe excessive Avance incorrecte Fluide de coupe inadapté Mauvais positionnement de la pièce
Dents arrachées	<ul style="list-style-type: none"> Pas inadapté Avance excessive Mauvais arrosage
Casse de la scie	<ul style="list-style-type: none"> Grippage dû à un mauvais affûtage Avance excessive Problème de bridage



USINABILITE DES MATERIAUX

- 2 Aciers
- 3 Aciers inoxydables
- 4 Fontes
- 5 Aluminium et magnésium
- 6 Cuivre et alliages
- 7 Alliages de titane et alliages de nickel
- 8 Matériaux durs > 45 HRC
- 9 Matériaux non-métalliques
- 10 Usinabilité des matériaux durs par rapport aux matériaux ductiles
- 11 Matériaux et usinabilité

USURE, GLOSSAIRE, DURETE

- 12 Modes de dégradation des outils
- 13 Types d'usure
- 14 Modes de dégradation et types d'usure
- 15 Modes de dégradation et vitesse de coupe
- 16 Usure et durée de vie d'outil
- 17 Glossaire multilingue – Usinage et outils
- 18 Glossaire multilingue – Matériaux
- 19 Glossaire multilingue – Symboles
- 20 Comparaisons de duretés

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Les outils en acier
rapide sont le choix
le plus polyvalent
pour l'usinage
des aciers !*

Aciers doux < 550 Mpa

Incluant les aciers au carbone resulfurés et au phosphore contenant moins de 0,65% de manganèse, 0,60% de silicium et 0,60% de cuivre. Les aciers magnétiques et les aciers au plomb sont également inclus.

- Utilisation : appareils magnétiques et électriques ainsi que de nombreuses autres applications.
- Excellente usinabilité.

Aciers de construction et aciers au carbone < 850 Mpa

- Utilisation : bâtiment, ponts, arbres machines, axes, vis, écrous, bielles, engrenages, éléments de structure, maillons de chaîne, pièces cémentées et pièces obtenues par déformation à froid.
- Bonne usinabilité.

Aciers alliés

Contiennent du manganèse, du silicium, du nickel, du chrome, du molybdène.

- Utilisation : roulements, pièces de machines, axes, engrenages, récipients sous pression, chaînes, outils à main, machines agricoles et camions.
- Bonne usinabilité générale pour les aciers alliés < 850 MPa. Usinabilité plus difficile quand la dureté augmente.

*L'excellente acuité
des arêtes de
coupe des outils en
acier rapide permet
d'éviter
l'écrouissage dans
les aciers
inoxydables*

Les aciers inoxydables ferritiques de décolletage

Ont une structure ferritique, avec parfois des carbures de chrome dans la matrice.

Ne contiennent pas de nickel, peu de carbone, et ne sont pas durcissables

- Utilisation : électronique, échappement automobile, matériel de manutention, réservoirs d'eau chaude.
- Mauvaise usinabilité

Aciers austénitiques

Procurent une grande résistance à la corrosion.

Aciers inoxydables les plus utilisés.

- Utilisation : électronique, industrie pharmaceutique, chimique, industrie alimentaire, bâtiment.
- Usinabilité difficile comparée aux aciers inoxydables ferritiques et martensitiques. Possèdent une grande résistance aux hautes températures, écrouissables, demandent des machines-outils robustes. De faibles vitesses de coupe et de grandes avances sont recommandées.

Aciers inoxydables austéno-ferritiques, ferritiques, martensitiques, et aciers inoxydables à durcissement structural

- Applications : marine, usines de dessalinisation, échangeurs de chaleur et usines pétrochimiques, pièces de structure.
- Bonne usinabilité pour les aciers à basse teneur en carbone et en chrome. Mauvaise pour les aciers martensitiques à haute teneur en carbone, à cause de leur haut pouvoir abrasif.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Utilisez des outils en
acier rapide revêtu
TiAlN pour usiner les
fontes et ainsi éviter
les écaillages sur
pièces lorsque l'outil
sort de la matière*

Fonte grise (fonte à graphite lamellaire)

Fonte de base à faible coût.

- Utilisation : tambours de freins, blocs-cylindres, corps de vanne, bâtis de machines.
- Excellente usinabilité.

Fonte ductile

Présente la résistance la plus élevée, en concurrence avec les aciers de construction dans les applications automobiles.

- Utilisation : arbres à cames, vilebrequin, etc.
- Excellente usinabilité.

Fonte traitée

- Utilisation : engrenages.
- Mauvaise usinabilité

*Utiliser des outils en
acier rapide permet
de prévenir la
formation d'arêtes
rapportées lors de
l'usinage d'alliages
d'aluminium et
de produire
des copeaux épais
dans le magnésium
en toute sécurité.*

Aluminium non allié

L'aluminium pur ($\geq 99\%$ Al) montre d'excellentes qualités de formabilité et de résistance à la corrosion.

- Utilisation: réservoirs, industrie chimique, équipements pour la marine, ustensiles de cuisine, charpente, emboutissage
- Excellente usinabilité mais avec formation de copeaux longs et collants.

Alliages d'aluminium

Grande résistance mécanique et bonne résistance à la corrosion atmosphérique.

- Utilisation : applications structurales en aéronautique, tubes et fixations, équipements hydrauliques, cycles et motocycles.
- Usinabilité : bonne à excellente, dépendant du traitement thermique. Plus facile avec les duretés élevées.

Alliages d'aluminium 5 % < Si < 10%

Alliages les plus largement utilisés pour la fonderie sous pression.

- Utilisation : culasse, cylindre, carter pour l'automobile et l'aéronautique, corps de bâtis, décoration.
- Bonne usinabilité

Alliages d'aluminium Si > 10%

Alliages de forge et coulés sous pression.

- Utilisation : tambours de frein, poulies, chemises de cylindre, pistons forgés, pièces de fonderie complexes
- Usinabilité correcte, mais moins bonne lorsque la teneur en silicium augmente

Magnésium

Plus léger que l'aluminium

- Utilisation : châssis d'ordinateur, outils portatifs, carters automobiles.
- Bonne usinabilité, mais nécessité de produire des copeaux épais pour éviter tout risque d'incendie.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Ayez confiance dans la fiabilité des outils en acier rapide pour l'usinage des alliages de cuivre

Cuivre pur

- Utilisation : électrodes d'électro-érosion, composants électriques.
- Bonne usinabilité mais collant.

Alliages de cuivre

Laiton (5-45 % Zn)

et bronze (3-20 % Sn)

- Utilisation : composants électriques et électroniques, bâtiment, serrurerie, robinetterie, micromécanique, soupapes automobiles.
- Bonne usinabilité.

Bronze d'aluminium

- Utilisation : industrie chimique, sièges de pompes et de soupapes, applications pour la marine (hélices), usines de dessalinisation.
- Usinabilité moyenne.

*Les outils en acier
rapide fritté revêtus
TiAlN sont un
excellent choix pour
l'usinage du titane et
des alliages de nickel*

Titane non allié

(ou titane pur)

Présente une très bonne résistance à la corrosion

- Utilisation : industrie de transformation chimique.
- Usinabilité : moyennement écrouissable mais nécessité des outils avec une bonne acuité d'arête, des montages rigides, des vitesses de coupe basses, des avances importantes et un débit important de fluide de coupe. Les revêtements sont utiles contre la tendance au grippage.

Alliages de titane

(ou alliages alpha-bêta de titane)

Peuvent atteindre de très hauts niveaux de résistance mécanique par traitement thermique.

- Utilisation : Pales de compresseur, pièces de moteur d'avions, composants de capsules spatiales, sous-marins, fixations, pièces de rotor d'hélicoptère.
- Usinabilité : montages rigides, basses vitesses de coupe et débit important de fluide de coupe sont recommandés.

Nickel non allié

(ou nickel pur)

Caractéristiques mécaniques similaires à celles des aciers au carbone. Résistance à la corrosion bonne à excellente.

- Utilisation : chimie, catalyseurs, piles, monnaie.
- Usinabilité : basses vitesses obligatoires à cause des hautes températures atteintes durant l'usinage.
- Les revêtements sont utiles contre l'écaillage et la création d'arêtes rapportées.

Alliages de nickel

Contiennent souvent du chrome

Ils montrent de bonnes caractéristiques mécaniques aux hautes températures, avec une grande résistance à l'oxydation et à la corrosion.

- Utilisation : turbines, composants de centrales électriques, marine.
- Usinabilité : mauvaise.
- Nécessite des bridages rigides et des outils spécifiques, avec des revêtements TiAlN.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Les outils en acier
rapide fritté revêtus
sont " la solution
tout-terrain " pour
l'usinage des
matériaux durs*

Aciers à outils > 45 HRC

Aciers alliés à haute teneur en carbone.

- Utilisation : outils de découpe et de formage, poinçons, cylindres de laminage, calibres, cames et brides.
- Usinabilité : mauvaise.

Acier résistant à l'usure 600 HB

HISTOIRE D'UN SUCCES

Opération

- Perçage de trous débouchants Ø 18 mm, de profondeur 25 mm avec arrosage à l'huile soluble à 5 % sur boîtier multibroche.

Solution:

- Avantages par rapport aux forets en acier rapide traditionnels (les forets carbure ne sont pas capables de l'opération) :
 - Durée de vie d'outil plus importante (30 trous)
 - Conditions de coupe plus élevées (v_c 15 m/min, f 0,14 mm/tr)

Plastiques et thermoplastiques

- Utilisation : téléphones portables et ordinateurs, pièces automobiles, bâtiment, emballages.
- Usinabilité : excellente. Les aciers rapides sont le meilleur choix !

Plastiques renforcés

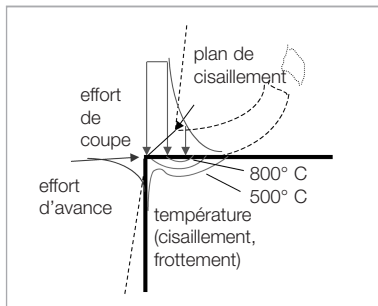
- Utilisations : pièces de véhicules, coques de bateaux, réservoirs de stockage, composants électriques et tuyaux, articles de sport, aviation, machines industrielles, ordinateurs.
- Usinabilité : bonne. La bonne acuité d'arête des outils en acier rapide est efficace contre le phénomène de délaminage avec des revêtements résistants à l'abrasion. Les outils en acier rapide fritté sont recommandés pour l'usinage de pièces sandwich multimatériau, ou pour les nids d'abeilles.

Graphite

- Utilisations : creusets, foyers de fours, fusées, pièces de centrale nucléaire, charbons moteur, électrodes.
- Usinabilité : mauvaise.

Bois

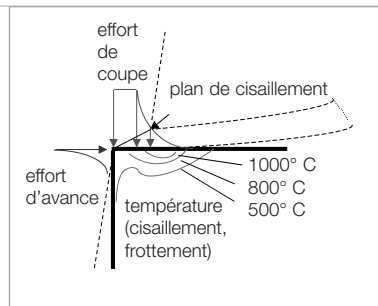
- Utilisations : meubles, construction, jouets, instruments de musique, ustensiles de cuisine.
- Usinabilité : excellente.



Matériaux durs, fragiles

- Copeaux courts, température moyenne.
- Efforts normaux de coupe et d'avance élevés.

Besoins : grande résistance à l'usure par abrasion et contraintes résiduelles de compression dans les revêtements.



Matériaux ductiles, doux

- Forces de cisaillement élevées.
- Tendance à créer des arêtes rapportées.

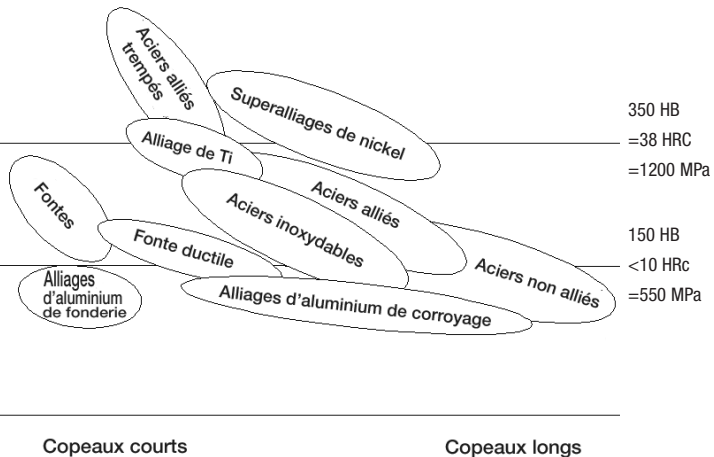
Besoins :

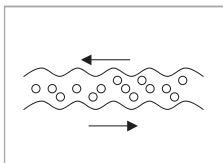
- + grande résistance à l'usure chimique
- + meilleure adhésion du revêtement
- + pas de tendance à coller

USINABILITE DES MATERIAUX DURS PAR RAPPORT AUX MATERIAUX DUCTILES

Grands efforts
de coupe

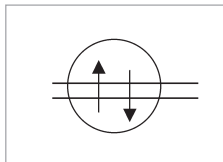
Petits efforts
de coupe





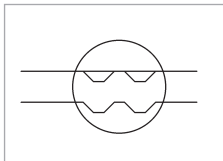
Usure par abrasion

Usure mécanique due au frottement entre la pièce et l'outil



Usure chimique

Migration d'atomes entre l'outil et le copeau due à la haute température et à la pression



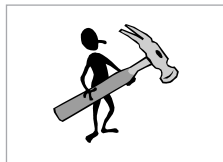
Usure par adhésion

Combine l'usure thermique et chimique lorsque le copeau arrache le matériau d'outil par collage



Contraintes thermiques

Contraintes dues aux hautes températures (400 - 750° C)



Contraintes mécaniques

Contraintes dues aux vibrations, aux chocs et à la pression



Usure en dépouille

Abrasion mécanique due au frottement entre la pièce usinée et la face de dépouille de l'outil



Usure en cratère

Formation d'un cratère sur la face de coupe de l'outil, due principalement à l'usure chimique et partiellement à l'usure par abrasion



Arête rapportée

Se crée quand la matière de la pièce colle à l'arête de l'outil (dû à l'usure par adhésion)



Déformation plastique

Se produit quand l'outil se déforme; due principalement aux hautes températures combinées à des contraintes mécaniques élevées



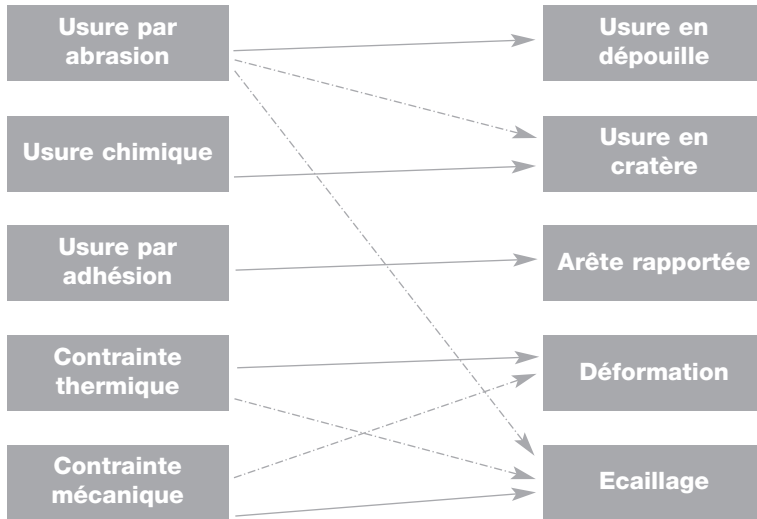
Ecaillage

Casse de petits fragments de l'arête de l'outil, due principalement aux contraintes mécaniques et partiellement aux contraintes thermiques

LÉGENDE

→ Influence majeure

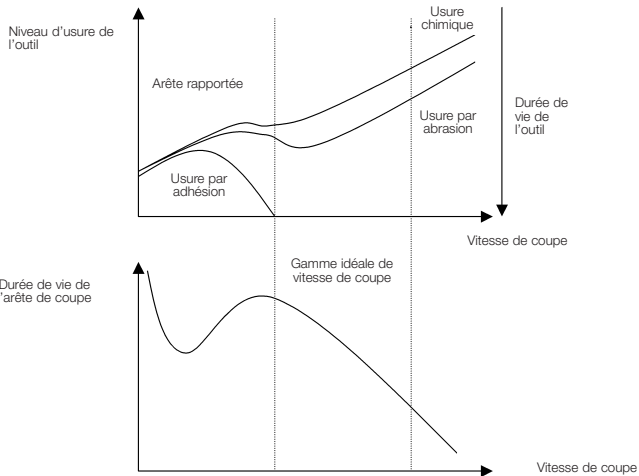
- - - - -> Influence mineure



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

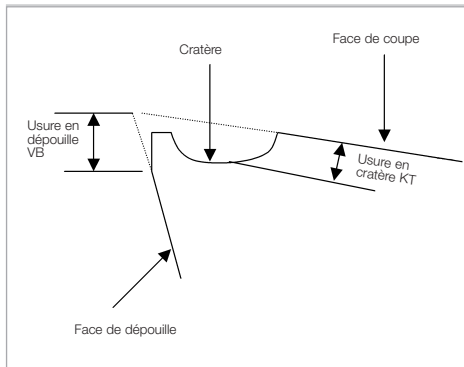
Dans la gamme idéale des vitesses de coupe, l'usure par abrasion doit être prédominante

Les usures chimique et par adhésion doivent être minimisées

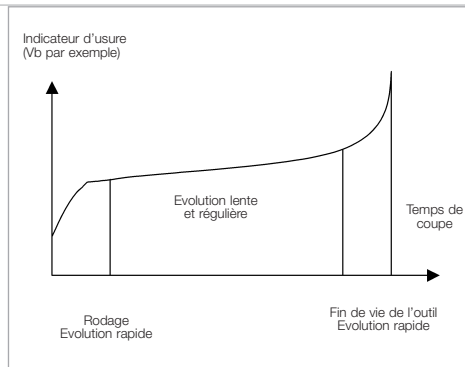


LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Préférez l'usure par abrasion pour une durée de vie de l'outil plus longue et prévisible



Indicateur d'usure (VB, KT)



Evolution de l'usure

Anglais	Français	Allemand	Italien	Espagnol
Machining	Usinage	Metallbearbeitung	Lavorazione	Mecanizado
Machine tool	Machine-outil	Werkzeugmaschine	Macchina utensile	Máquina-herramienta
Workpiece	Pièce	Werkstück	Pezzo	Pieza
Coolant	Fluide de coupe	Kühlmittel	Lubrificante	Fluido de corte
Wear	Usure	Abnutzung	Usura	Desgaste
Tool life	Durée de vie	Werkzeug-lebensdauer	Durata di vita	Vida útil
Chip	Copeau	Span	Truciolo	Viruta
Roughing	Ebauche	Schruppen	Sgrossatura	Desbaste
Finishing	Finition	Schlichten	Finitura	Acabado

Cutting tool	Outil de coupe	Werkzeug	Utensile	Herramienta de corte
High speed steel	Acier rapide	Schnellstahl	Acciai rapidi	Acero rápido
Coating	Revêtement	Beschichtung	Rivestimento	Revestimiento
Shank	Queue	Schaft	Coda	Mango
Cutting edge	Arête de coupe	Schneidkante	Spigolo di taglio	Arista de corte
Cutting tooth	Dent	Werkzeugzahn	Dente	Diente
Rake face	Face de coupe	Spanfläche	Faccia di taglio	Superficie de corte
Flank face	Face de dépouille	Freifläche	Fianco	Superficie de incidencia
Helix	Hélice	Spirale	Elica	Helice
Flute	Goujure	Spannut	Scanalatura	Ranura
Pitch	Pas	Teilung	Passo	Paso
Point	Pointe	Spitze	Punta	Punta

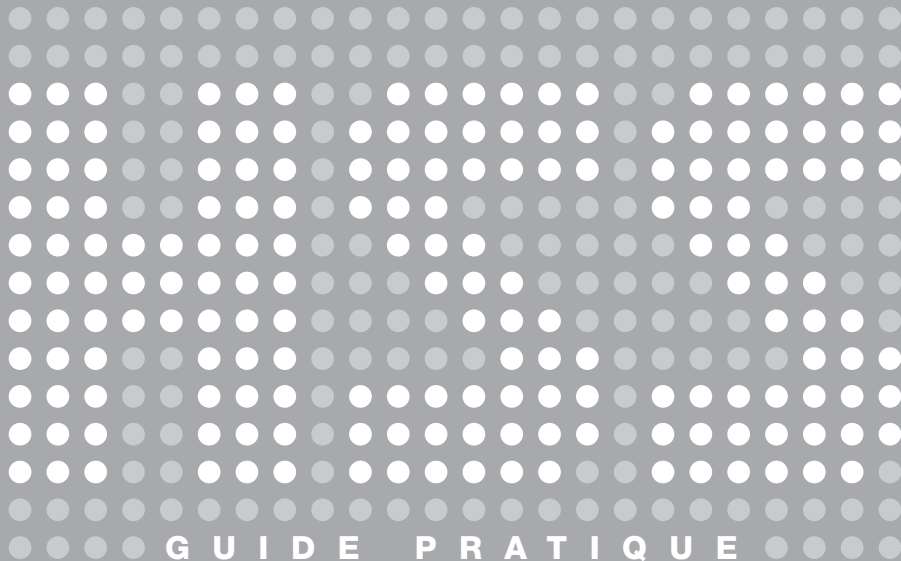
Anglais	Français	Allemand	Italien	Espagnol
Steel	Acier	Stahl	Acciai	Acero
Stainless steel	Acier inoxydable	Rostfreier Stahl	Acciai inossidabili	Acero inoxidable
Tool steel	Acier à outil	Werkzeugstahl	Acciai per utensili	Acero de herramientas
Cast iron	Fonte	Eisenguss	Ghise	Fundición
Aluminium	Aluminium	Aluminium	Alluminio	Aluminio
Magnesium	Magnésium	Magnesium	Magnesio	Magnesio
Copper	Cuivre	Kupfer	Rame	Cobre
Brass	Laiton	Messing	Ottone	Latón
Bronze	Bronze	Bronze	Bronzo	Bronce
Titanium	Titane	Titan	Titanio	Titanio
Nickel	Nickel	Nickel	Nichel	Niquel
Zinc	Zinc	Zink	Zinco	Zinc
Plastics	Plastiques	Kunststoffe	Plastiche	Plásticos
Fiber reinforced plastics	Plastiques renforcés	Faserverstärkte Kunststoffe	Plastiche rinforzati con fibre	Plásticos reforzados con fibras
Graphite	Graphite	Graphit	Grafite	Grafito
Wood	Bois	Holz	Legno	Madera

Symbole	Anglais	Français	Allemand	Italien	Espagnol
v_c	Cutting speed	Vitesse de coupe	Schnittgeschwindigkeit	Velocità di taglio	Velocidad de corte
n	Revolution per minute	Vitesse de rotation	Drehzahl	Velocità di rotazione giri	Número de revoluciones por minuto
v_f	Feed speed	Vitesse d'avance	Vorschubgeschwindigkeit	Velocità di avanzamento	Velocidad de avance
f	Feed per revolution	Avance par tour	Vorschub pro Umdrehung	Avanzamento per giro	Avance per revolución
f_z	Feed per tooth	Avance par dent	Vorschub pro Zahn	Avanzamento per dente	Avance per diente
d	Diameter	Diamètre	Durchmesser	Diametro	Diametro
z	Number of teeth	Nombre de dents	Zahnezahl	Numero di denti	Número de dientes
Q	Chip removal rate	Débit de copeaux	Zeitspannungsvolumen	Volume truciolo per unità di tempo	Caudal de viruta
h	Chip thickness	Epaisseur du copeau	Spandicke	Spessore truciolo	Espesor de viruta
a_e	Radial depth of cut	Largeur de passe radiale	Radiale Zustellung	Larghezza radiale di passata	Anchura de corte radial
a_p	Axial depth of cut	Profondeur de passe axiale	Axiale Zustellung	Profondità assiale di passata	Profundidad de corte axial

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Ce tableau de conversion ne doit pas être utilisé pour les aciers rapides traités

Brinell	Vickers	Rockwell C	Brinell	Vickers	Rockwell C	Brinell	Vickers	Rockwell C	Rockwell B
	1200	71,5	578	615	56	248	261	24,2	
	1100	70,4	565	591	54,7	241	253	22,8	100
	1050	69,8	534	569	53,5	235	247	21,7	99
	1000	69,1	514	547	52,1	229	241	20,5	98,2
	970	68,6	495	528	51	223	234		97,3
	940	68	477	508	49,6	217	228		96,4
	920	67,5	461	491	48,5	212	222		95,5
	900	67	444	472	47,1	207	218		94,6
767	880	66,4	429	455	45,7	201	212		93,8
757	860	65,9	415	440	44,5	197	207		92,8
745	840	65,3	401	425	43,1	192	202		91,9
733	820	64,7	388	410	41,8	187	196		90,7
722	800	64	375	396	40,4	183	192		90
712	782	63,5	363	383	39,1	179	188		89
710	780	63,3	352	372	37,9	174	182		87,8
698	760	62,5	341	360	36,6	170	178		86,8
684	740	61,8	331	350	35,5	167	175		86
682	737	61,7	321	339	34,3	163	171		85
670	720	61	311	328	33,1	156	163		82,9
656	700	60,1	302	319	32,1	149	156		80,8
653	697	60	293	309	30,9	143	150		78,7
647	690	59,7	285	301	29,9	137	143		76,4
638	680	59,2	277	292	28,8	131	137		74
630	670	58,8	269	284	27,6	126	132		72
627	667	58,7	262	276	26,6	121	127		69,8
601	640	57,3	255	269	25,4	116	122		67,6
						111	117		65,7



Bienvenue dans le monde fantastique du travail des métaux avec les outils en acier rapide !
Bienvenue dans notre Guide Pratique des outils HSS !

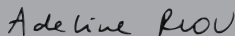
Pourquoi “pratique”? D'abord, parce que nous avons rassemblé dans ce guide toute l'expertise des membres du Forum International de Recherche sur l'Acier Rapide (ou HSS forum), une association à but non lucratif, qui regroupe des fabricants d'outils, des producteurs d'acier rapide et de revêtements, d'Europe, d'Amérique et du Japon.

Ensuite, parce que nous avons fait le choix de réaliser un guide visuel illustré de nombreux schémas et photos qui permettent de comprendre les explications données en un clin d'œil.

Et enfin, parce que c'est un guide pour les usineurs toujours à l'affût des nouvelles possibilités offertes par les outils coupants en acier rapide. Il apporte à la fois des connaissances de base et plus approfondies sur les technologies d'usinage utilisant des outils en acier rapide : perçage, alésage, taraudage, fraisage, taillage d'engrenages, brochage et sciage. Pour chaque technologie, des informations sont données pour vous aider à :

- choisir les outils les plus appropriés
- améliorer la productivité et les usinages.

Les propriétés des outils en acier rapide et des revêtements, ainsi que les développements techniques les plus récents dans ces domaines y sont passés en revue. Nous espérons que ce guide vous sera utile. Le Guide Pratique des outils HSS est également disponible sur le site internet du HSS Forum : www.hssforum.com. Vos demandes et vos questions peuvent être envoyées à l'adresse suivante : info@hssforum.com.



Adeline Riou
Secrétaire générale



Eugen Valerius
Président