



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 PROCÉDE 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

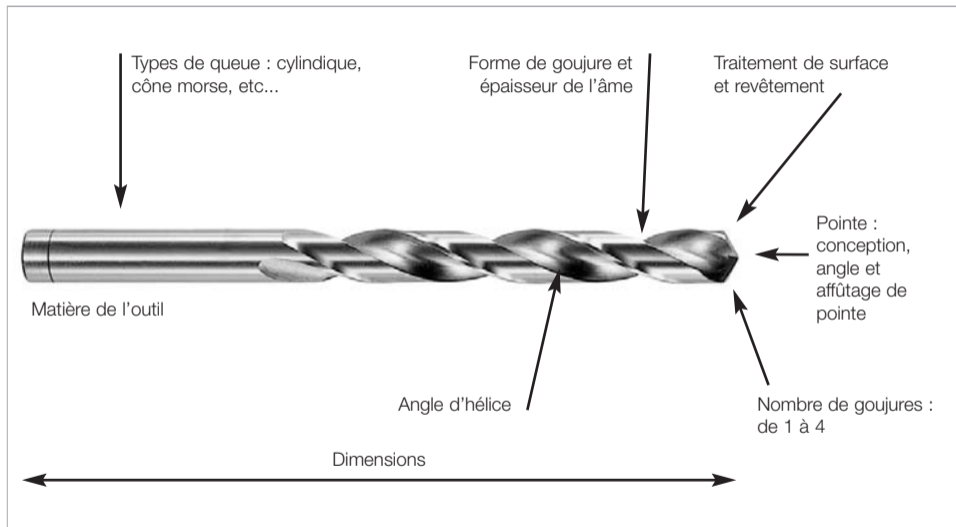
23 Comment surveiller l'usure

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 \varnothing 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

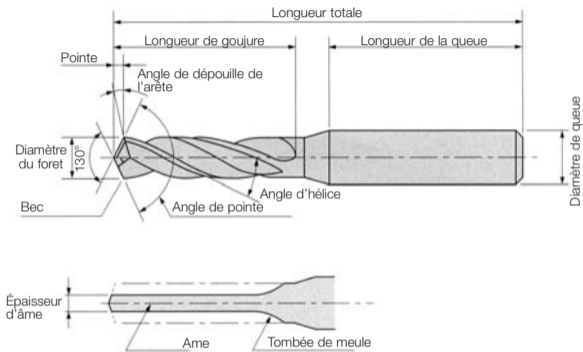
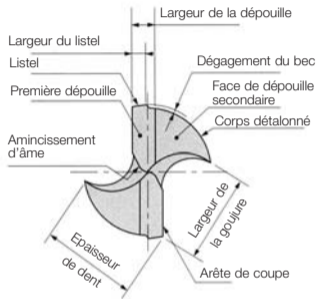
UN FORET DANS LE MONDE

Anglais :
a drill

Allemand :
ein Bohrer

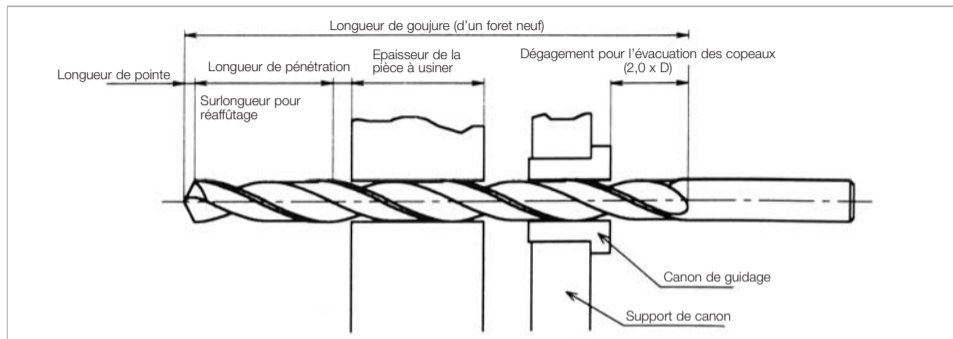
Italien :
una punta

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

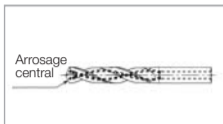
Foret monobloc hélicoïdal

- + 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)



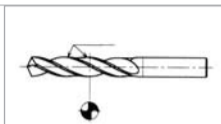
Foret avec plaquettes HSS

- 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



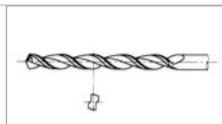
Foret à arrosage central

Pour de hautes performances et le perçage de trous profonds



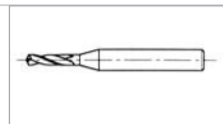
Foret à double listel

Pour une meilleure qualité du perçage



Foret parabolique

Pour les trous profonds



Foret à queue renforcée

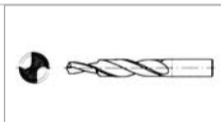
Augmente la rigidité pour les petits diamètres de trous



Foret aléueur

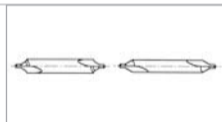
Choix de base pour agrandir un trou

Très productif pour des trous de qualité 8



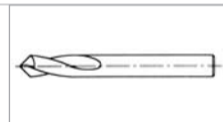
Foret étagé

Pour des opérations combinées en une passe



Foret à centrer

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



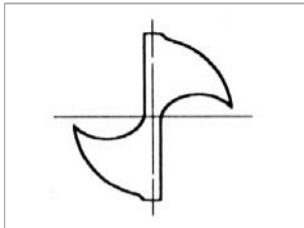
Foret à pointer

Pour pointer et chanfreiner



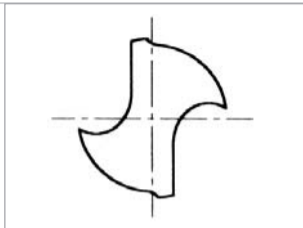
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*L'âme est l'épine
dorsale du foret*



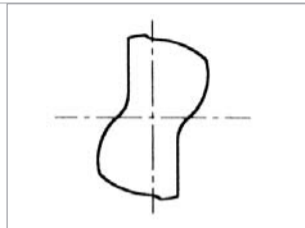
Conventionnel

- 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

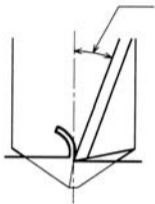


Type parabolique

- 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

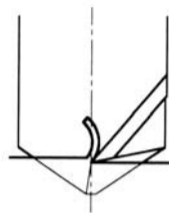
- + Augmente la résistance des arêtes de coupe
- Diminue les efforts de coupe

30°

Angle d'hélice standard

Choix de base

Conception la plus répandue



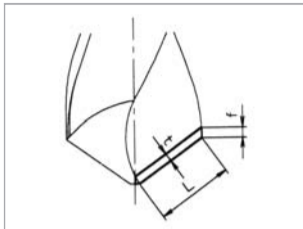
Grand angle d'hélice

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°

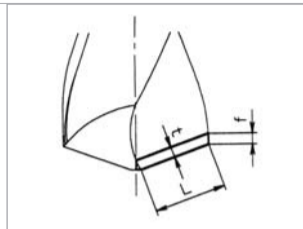
Pour matériaux doux

**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

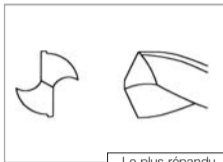
Grands angles : 130°, 135° ou 140°

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

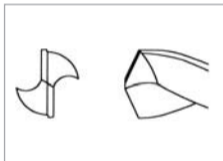
Améliorez la qualité du perçage et les performances : choisissez le bon type d'affûtage



Le plus répandu

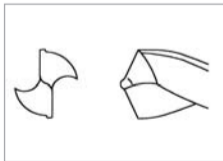
Affûtage standard

- Perçage conventionnel
- Usage général



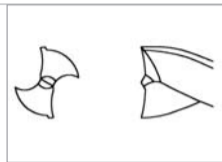
Affûtage 4 pentes

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



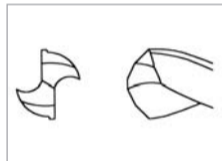
Affûtage en arête non linéaire

- 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

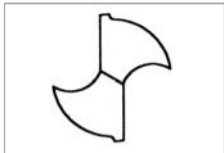


Affûtage avec renfort de bec

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

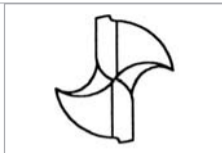
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

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



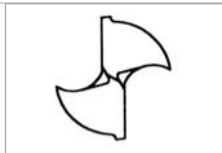
Sans amincissement d'âme

- Utilisation générale



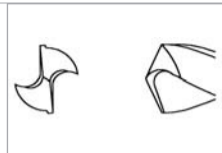
Trois pentes

- 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



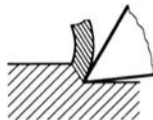
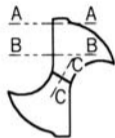
Avec amincissement d'âme

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

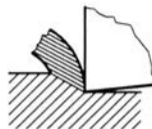
**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*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*

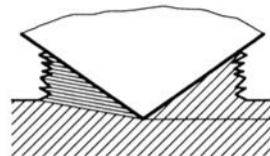
Géométrie standard de forets (sans amincissement d'âme)



Coupe A-A
Angle positif

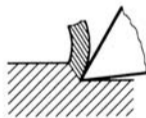
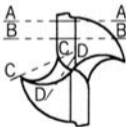


Coupe B-B
Angle positif

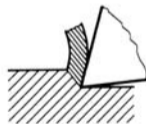


Coupe C-C
Pas de coupe, déformation seulement

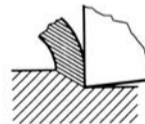
Forets de conception avancée (avec amincissement d'âme)



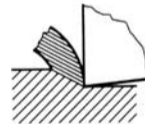
Coupe A-A
Angle positif



Coupe B-B
Angle positif



Coupe C-C
Angle positif



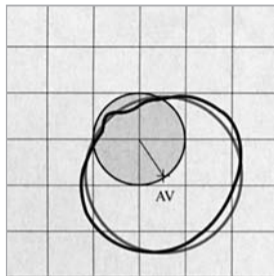
Coupe D-D
Angle positif

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)



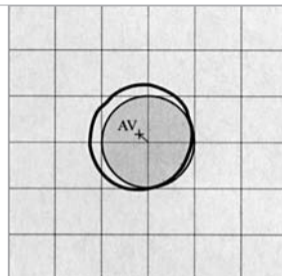
LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*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



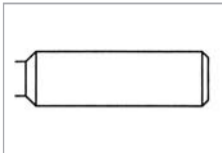
Géométrie moderne

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

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

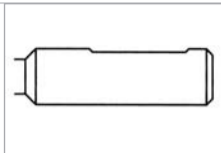
Les forets existent aussi :

- 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



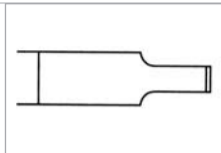
Queue cylindrique

- Choix de base



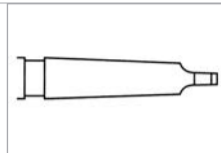
Queue cylindrique avec méplat incliné

- 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

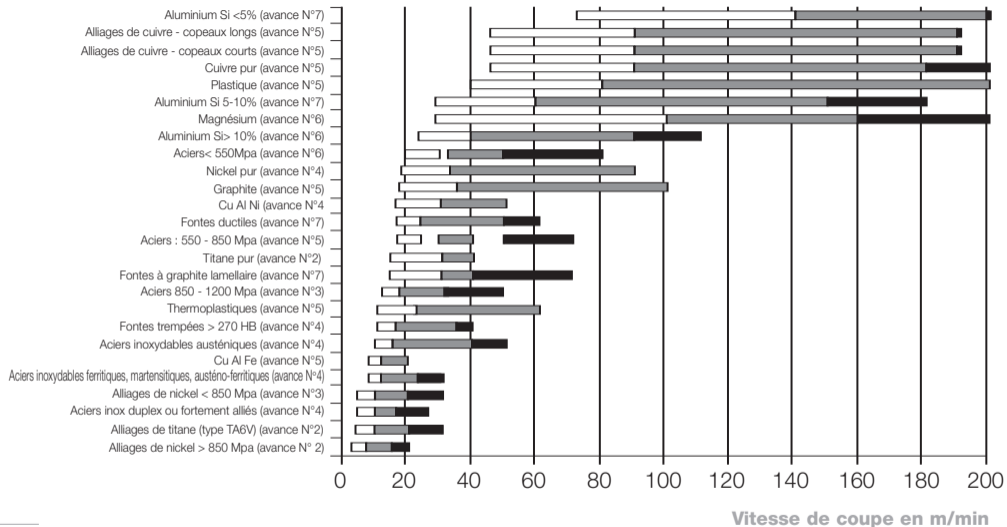
**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*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.

- Foret HSS non revêtu
- Foret HSS revêtu
- Foret en acier rapide fritté revêtu



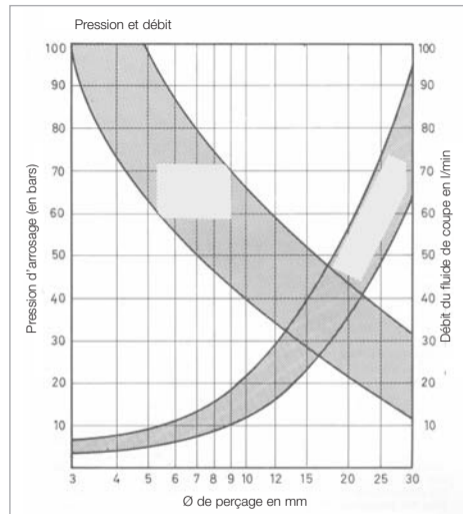
Ø de perçage mm	Colonne d'avance N°								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	f (mm/tr)								
0,50	0,004	0,006	0,007	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,019
1,00	0,006	0,008	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,023	0,025
2,00	0,020	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125
2,50	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	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



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

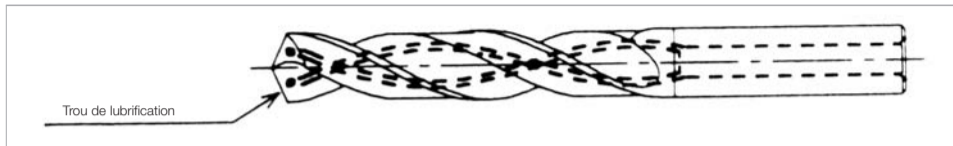
Les forets à arrosage central permettent d'augmenter la durée de vie d'outil

- 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 \varnothing 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

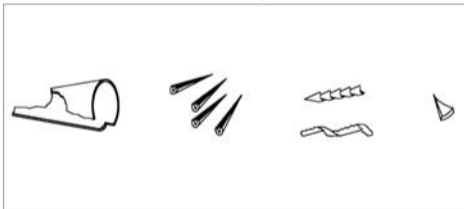


LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

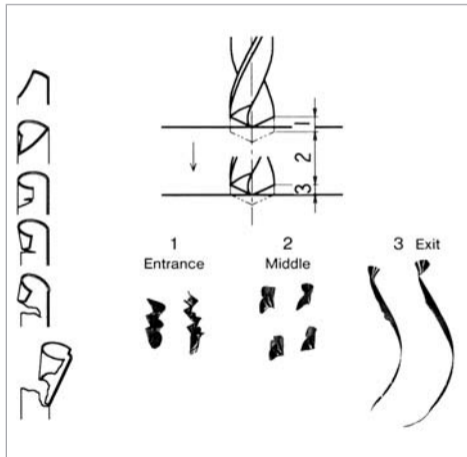
Des copeaux courts fractionnés sont la preuve que l'avance a été bien choisie

- 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
l	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	$T = \frac{L}{fN}$