

Activité pédagogique RESI

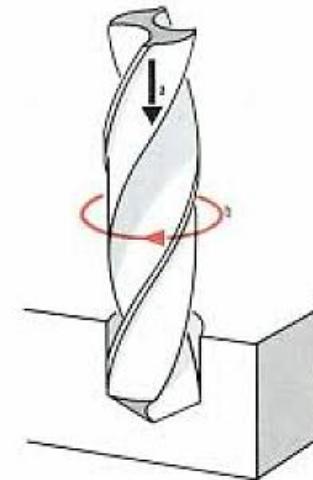
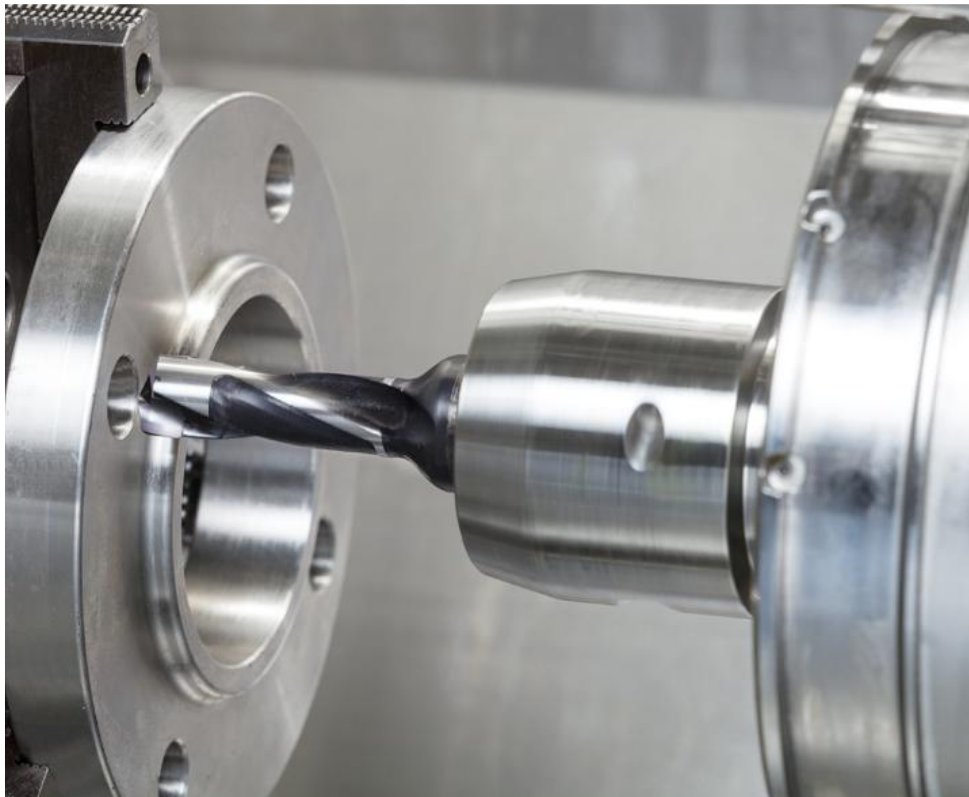


PROCEDES DE FABRICATION MECANIQUE SECONDAIRES (INTERMEDIAIRE)

Chapitre V : Le perçage

Le perçage est un usinage consistant à faire un trou dans une pièce. Ce trou peut traverser la pièce de part en part ou bien ne pas déboucher. On parle alors de trou borgne.

- ☐ Le foret est à l'intérieur de la pièce, il n'est pas visible pendant l'opération.
- ☐ Les copeaux doivent être contrôlés.
- ☐ L'évacuation des copeaux est critique. Elle influe sur la qualité du trou, la durée de vie de l'outil et la fiabilité.

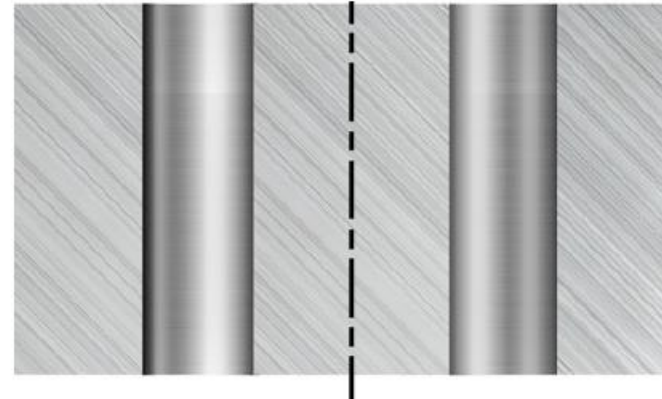


Quatre méthodes de perçage courantes:

Perçage



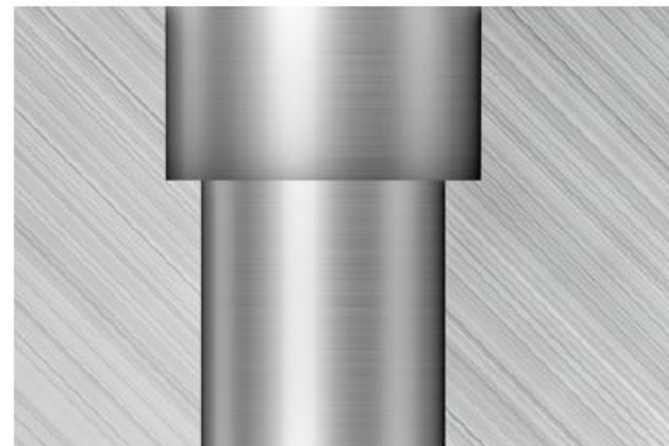
Trépanage



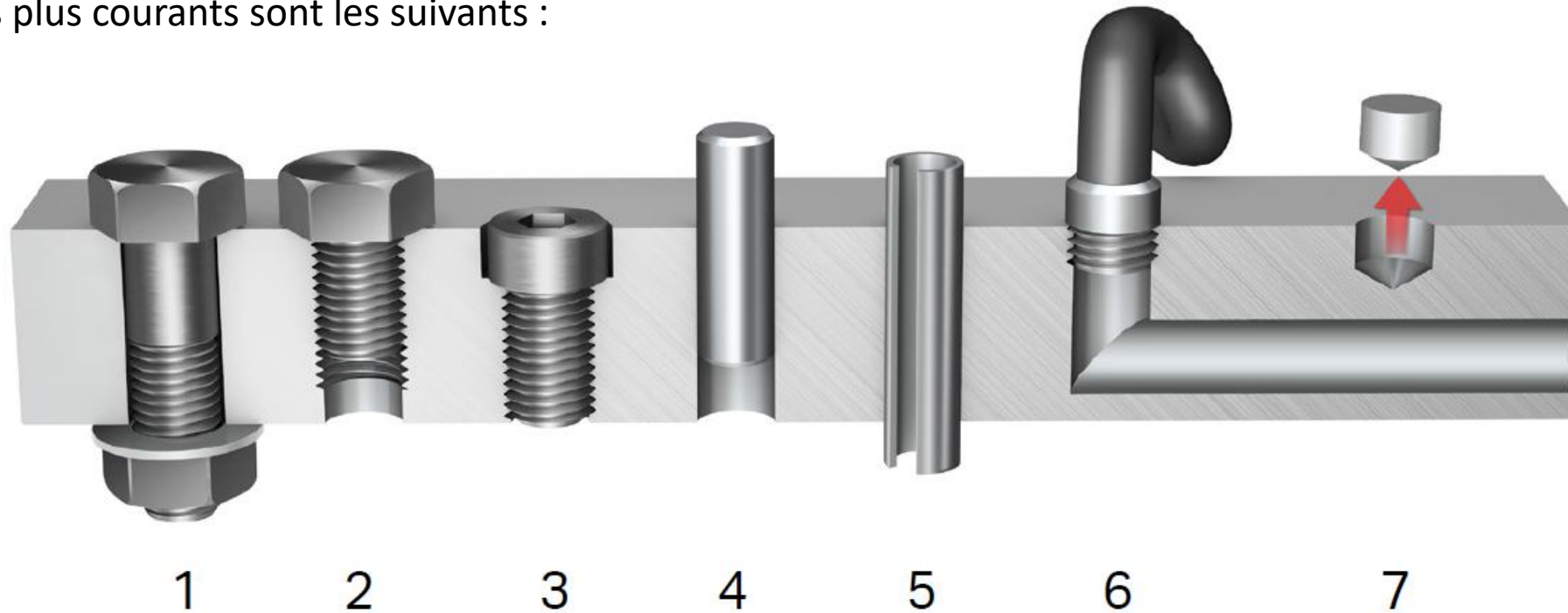
Perçage avec chanfrein



Perçage avec lamage



Les trous les plus courants sont les suivants :



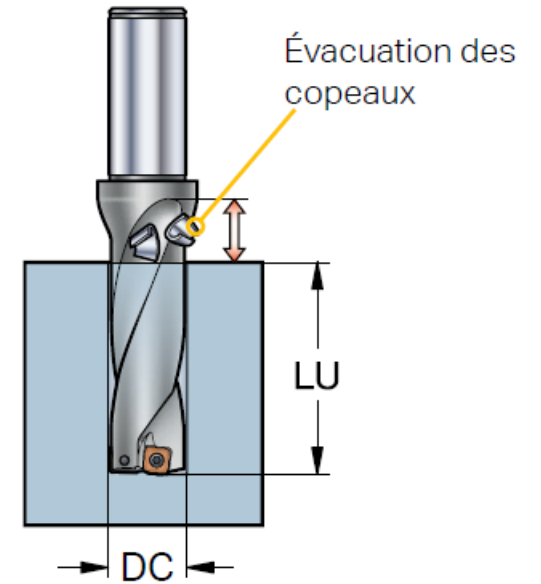
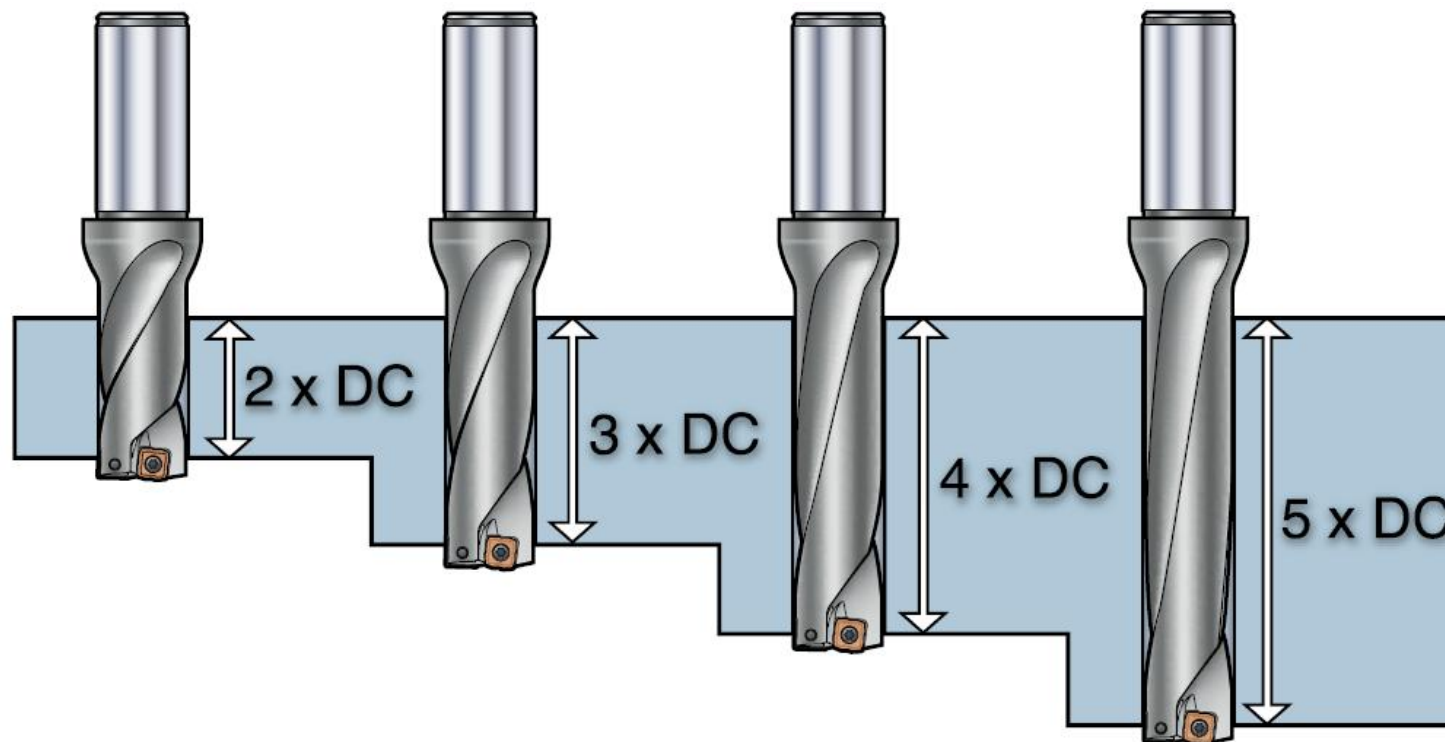
- 1 Trous avec dégagement pour boulons
- 2 Trous filetés
- 3 Trous avec lamage
- 4 Trous avec ajustement serré
- 5 Trous avec jeu
- 6 Trous formant des conduites
- 7 Trous d'allègement ou d'équilibrage

Profondeur de trou maximale:

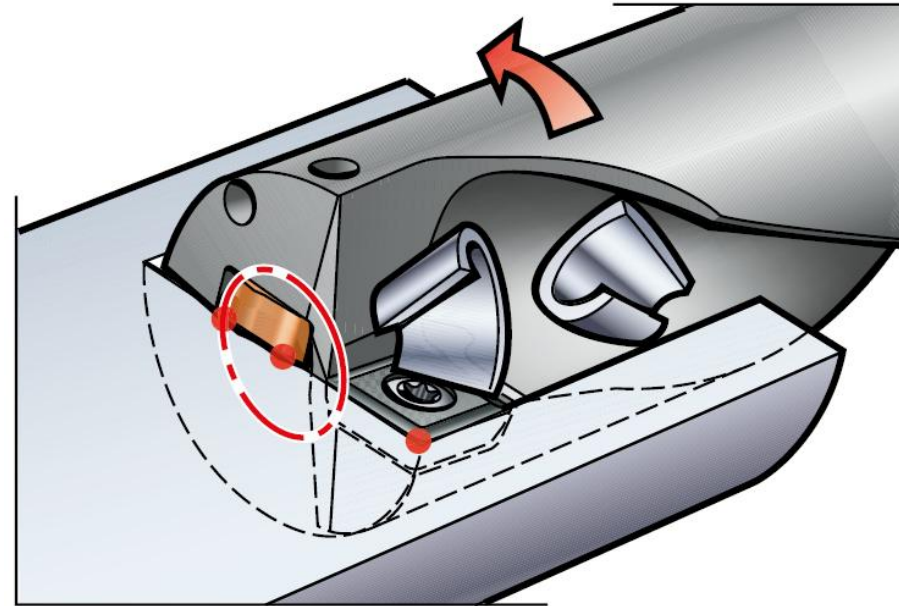
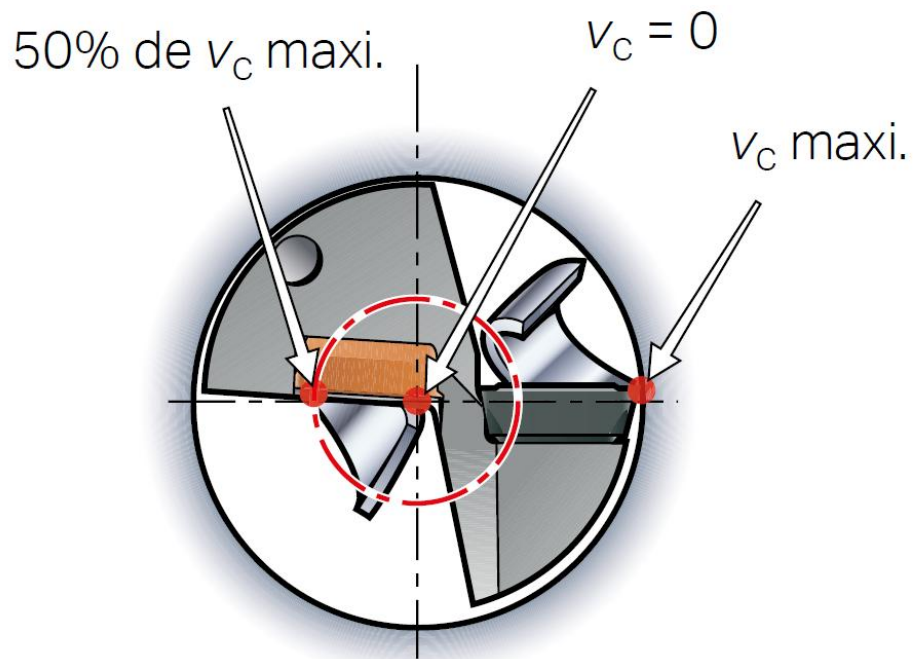
La profondeur du trou (LU) détermine le choix de l'outil.

La profondeur maximum de trou dépend du diamètre du trou DC et de sa profondeur(LU).

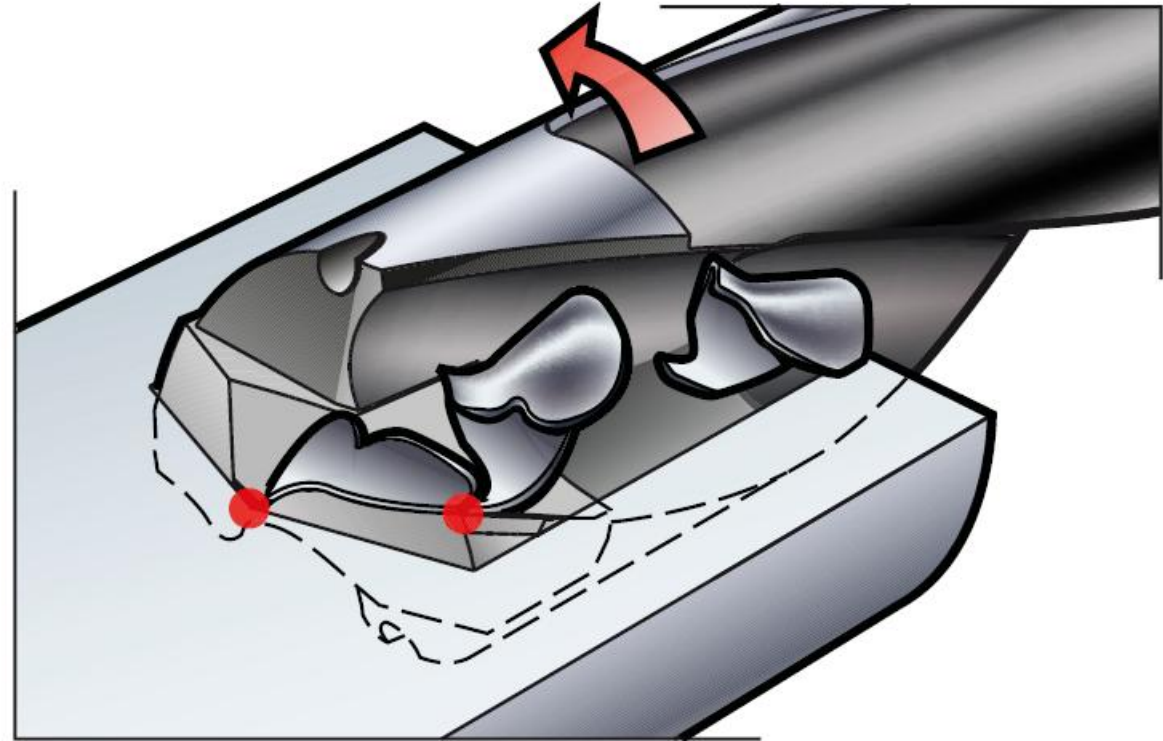
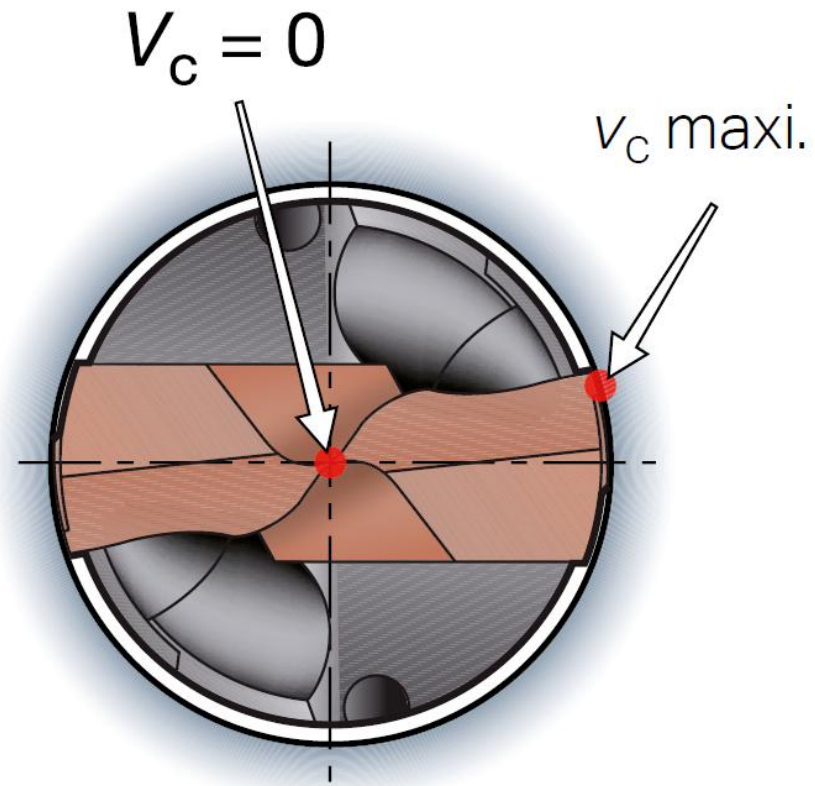
Exemple : Profondeur de trou maxi. $LU = 3 \times DC$.



- ❑ plaquettes indexables décroît de 100% à la périphérie à zéro au centre.
- ❑ La plaquette centrale fonctionne avec une vitesse de coupe de zéro à environ 50% de v_c maxi. La plaquette périphérique fonctionne avec une vitesse de coupe de 50% de v_c maxi. jusqu'à 100% de v_c maxi.



- ❑ Deux arêtes effectives allant du centre à la périphérie.
- ❑ • Deux arêtes/tr, soit $Z_c = 2$



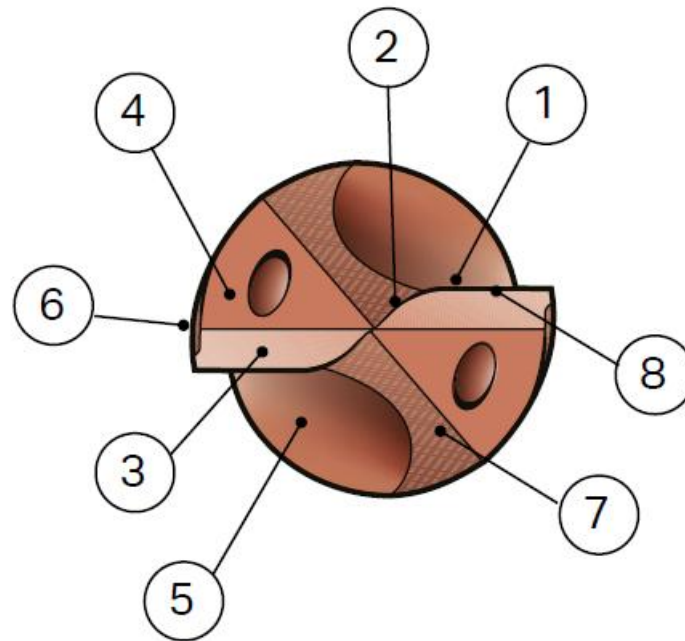
- ❑ L'appellation acier rapide (AR), ou ARS pour « acier rapide supérieur », désigne les aciers outils ayant la capacité de conserver leur trempe à haute température. Ils sont notamment employés pour la découpe à haute vitesse (foret...), d'où le terme « rapide ».
- ❑ Les aciers rapides sont généralement utilisés pour leurs propriétés de dureté élevées (> 60 HRC) et leur niveau de résilience acceptable (propriété d'un matériau à résister à la propagation de fissures). Ils présentent en général une forte résistance à l'usure du fait de leur fort alliage et de la présence significative d'éléments producteurs de carbures durs tels que le tungstène et le vanadium.

- ❑ Les carbures de coupe sont des mélanges pulvérulents de carbure de tungstène et de titane très durs agglomérés dans du cobalt. Cette dureté naturelle n'est presque pas réduite à chaud (70 HR à 800°) ce qui permet des vitesses de coupe très élevées : 4 fois celles des aciers rapides et 16 fois celles des aciers au carbone. Fragiles et d'un affûtage lent et difficile (meule en carbure de silicium), ils permettent des travaux d'ébauche et de finition sur les fontes et aciers durs à des vitesses de coupe allant de 50 à 200 m/min.

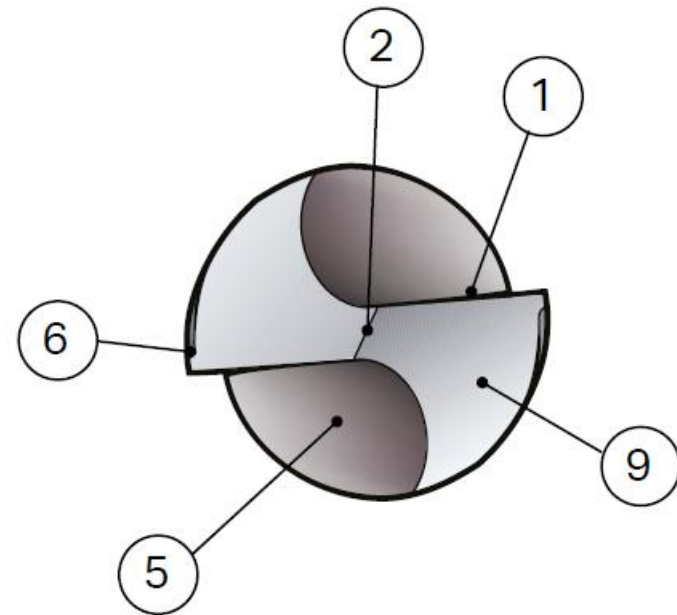


- 1 Arête de coupe principale
- 2 Arête transversale
- 3 Dépouille primaire
- 4 Dépouille secondaire
- 5 Goujure
- 6 Listel
- 7 Première séparation
- 8 Chanfrein négatif
- 9 Dépouille

Foret carbure monobloc



Foret acier rapide



Forets carbure monobloc et forets à embout amovible:



Forets carbure monobloc

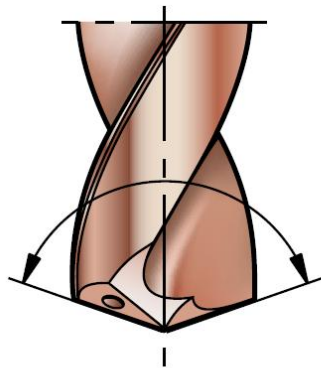
Déconseillés en raison du risque d'écaillage de l'arête de coupe.



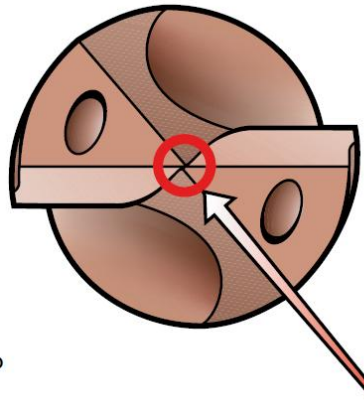
Forets à embout amovible

Impossible d'élargir des trous existants par alésage en tirant en raison de l'absence de fragmentation des copeaux.

Foret carbure monobloc

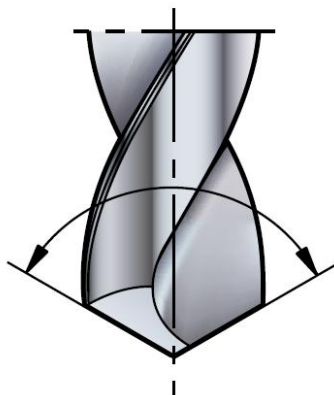


Angle de pointe de 140°

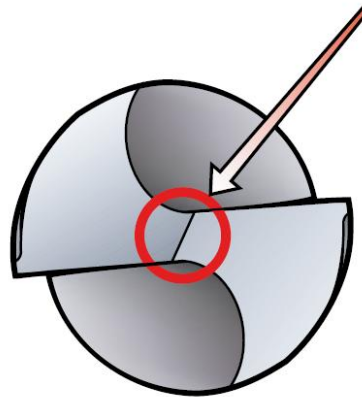


Arête transversale

Foret acier rapide



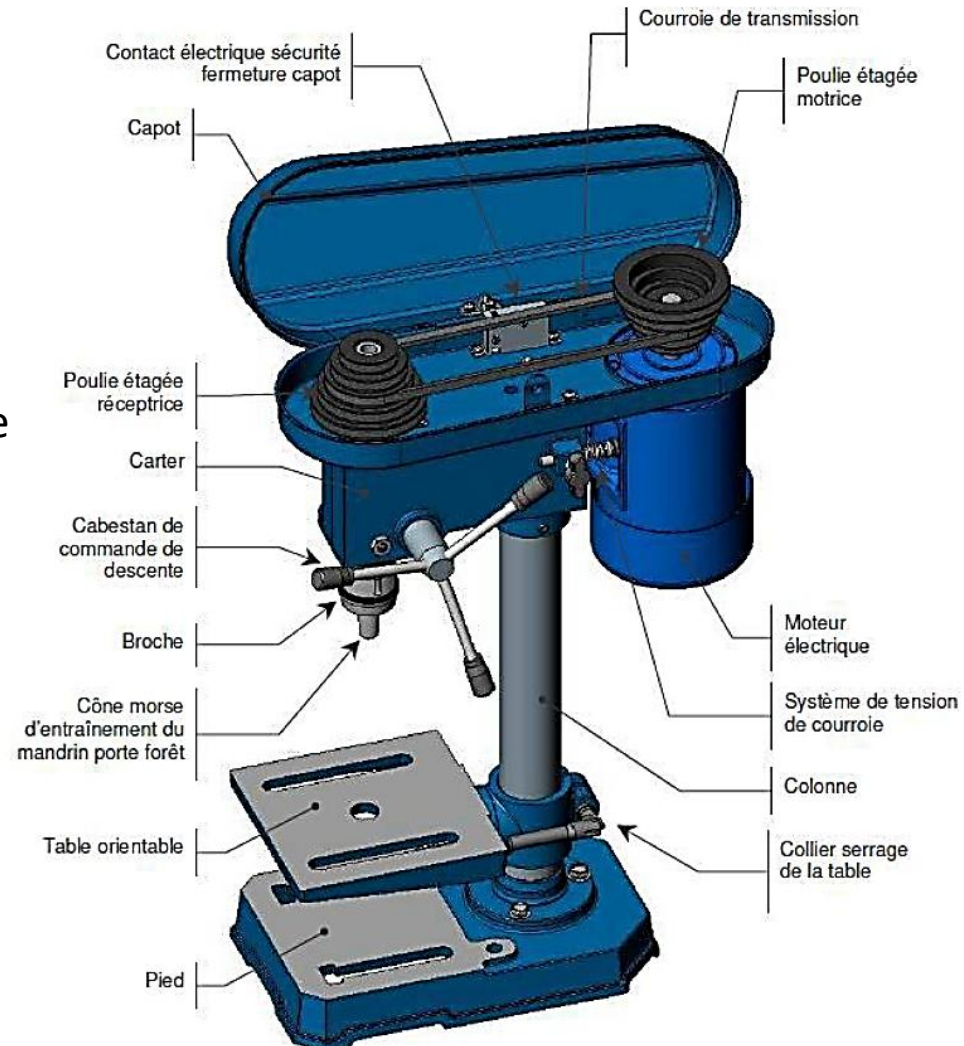
Angle de pointe de 118°



- ☐ L'arête transversale est pratiquement éliminée sur les forets carbure monobloc.
- ☐ La force de coupe axiale est considérablement réduite car l'arête transversale est éliminée sur les forets carbure monobloc.
- ☐ En conséquence, le centrage est meilleur et les copeaux se forment à proximité de la pointe du foret. Il n'est donc pas nécessaire de percer un avant trou.

La Perceuse ou foreuse est un outil qui sert à percer ou tarauder des trous dans différents matériaux à l'aide de forets.

Composition d'une perceuse



Afin de répondre à tous les besoins de l'industrie (complexité des pièces, temps d'usinage, capacités), les tours ont évolué. Certains tours sont si complexes qu'ils peuvent être une alternative aux centres d'usinage. Voici les principaux types de tours :

Perceuse à percussion : Une perceuse à percussion est équipée d'un mandrin dit « classique » qu'il soit à clé ou auto-serrant, sa fonction première de perceuse est accompagnée d'une fonction percussion afin de percer des matériaux durs tel que la brique ou le béton. Néanmoins pour des matériaux encore plus durs ou une utilisation plus intense il vaut mieux privilégier l'utilisation d'un perforateur.



Perceuse à colonne : Une perceuse à colonne est une machine-outil d'atelier fixée sur un bâti, un établi ou au sol. Elle permet des perçages verticaux précis et importants (diamètres pouvant aller jusqu'à 30 millimètres dans l'acier ordinaire).

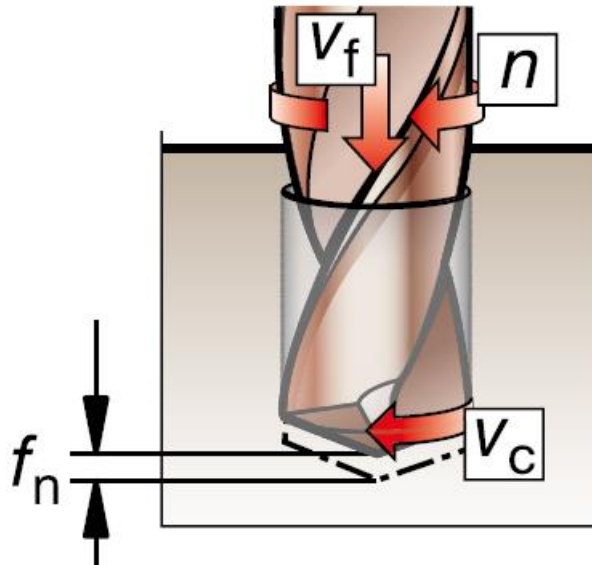


Perceuse radiale: C'est une machine-outil semblable à une perceuse à colonne mais dont la broche est montée sur un chariot coulissant le long d'un bras pouvant pivoter avec la colonne. Elle peut être munie d'une tête ou d'une table inclinable permettant de percer selon des axes non verticaux.



La vitesse de coupe ou « V_c », est le chemin circonférentiel (ou périmètre) parcouru par un point extrême de l'arête tranchante d'une dent, c'est-à-dire par un point pris dans la région correspondant au **plus grand diamètre du foret**.

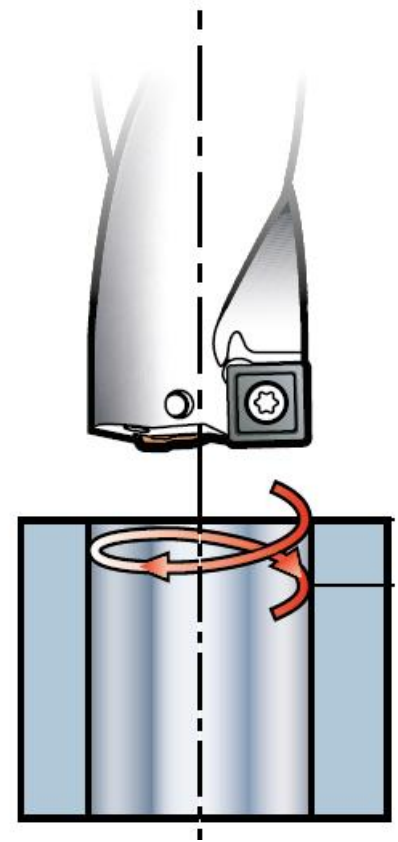
La productivité en perçage est fortement liée à la vitesse de pénétration, V_f .



n = vitesse de broche (tr/min)
 v_c = Vitesse de coupe m/min
 f_n = avance par tour mm/tr
 v_f = vitesse de pénétration mm/min
 DC = diamètre du foret mm

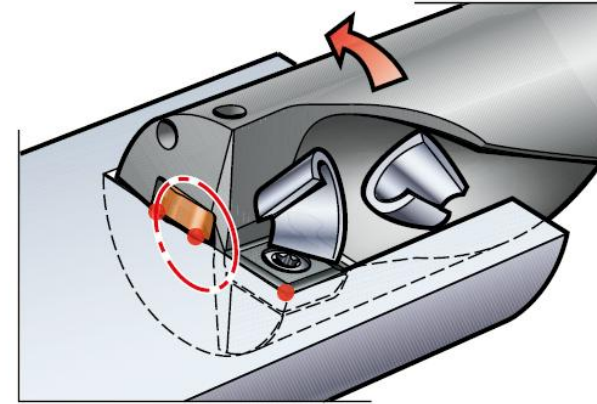
$$V_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ (m/min)} \quad V_f = f_n \times n \text{ (mm/min)}$$

- ☐ Effet sur la puissance P_c (kW) et le couple M_c (Nm)
- ☐ Facteur le plus important pour la durée de vie de l'outil.
- ☐ Une vitesse plus élevée génère des températures élevées et une usure en dépouille plus importante, surtout au niveau de l'angle périphérique.
- ☐ Les vitesses élevées favorisent la formation des copeaux dans les matières collantes à copeaux longs comme les aciers bas carbone.
- ☐ Effet sur le bruit.



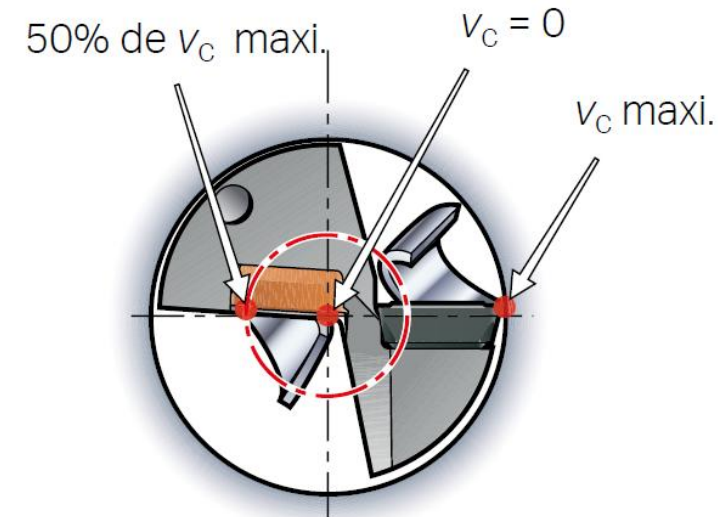
Une vitesse de coupe trop élevée provoque :

- ☐ une usure en dépouille rapide
- ☐ déformation plastique
- ☐ une mauvaise qualité de trou
- ☐ de mauvaises tolérances de trou.



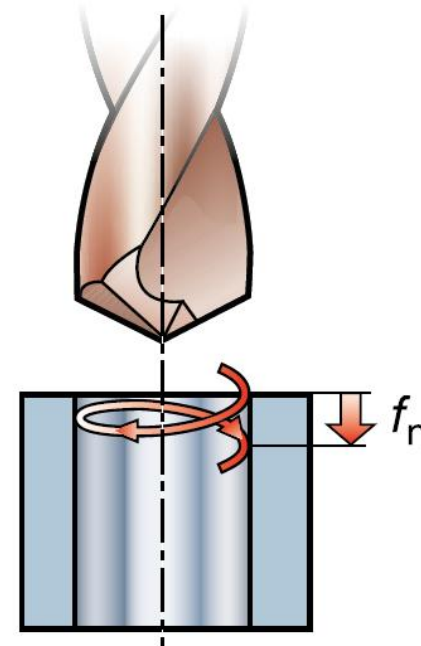
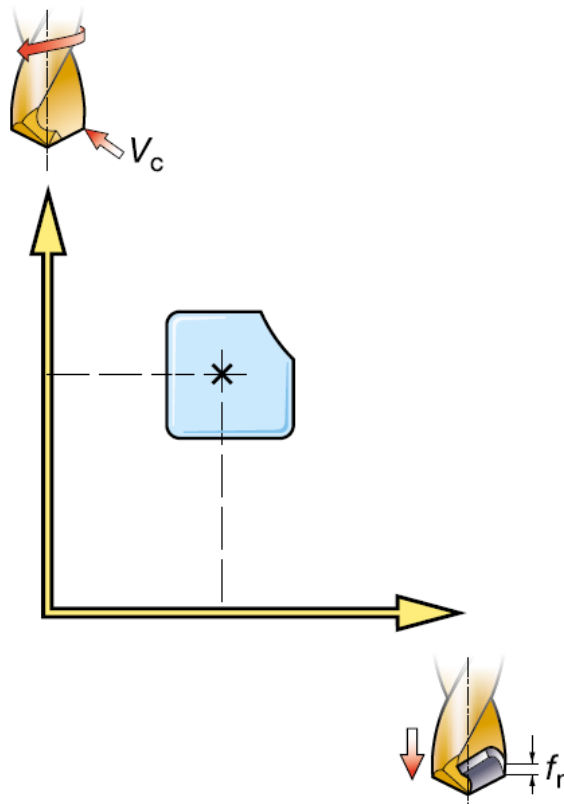
Une vitesse de coupe trop faible provoque :

- ☐ une mauvaise évacuation des copeaux
- ☐ temps de coupe prolongé
- ☐ augmentation des risques de rupture du foret
- ☐ qualité de trou réduite.



- ☐ Effet sur la puissance P_c (kW) et le couple M_c (Nm)
- ☐ Contrôle de la formation des copeaux.
- ☐ Contribution à la qualité du trou.
- ☐ Influence principalement sur l'état de surface.
- ☐ Contribution aux contraintes mécaniques et thermiques.

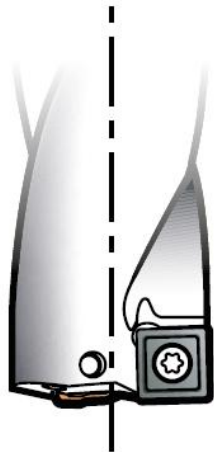
Note : L'avance doit être corrélée à la vitesse de coupe.



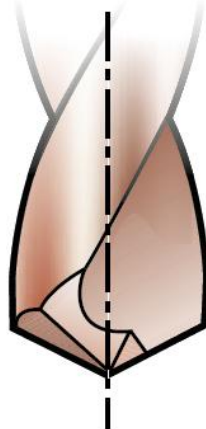
$$f_n = 2 \times f_z. (mm/tr)$$

La puissance nette en kW et en HP (P_c) requise pour la coupe intervient principalement pour l'ébauche car il convient de s'assurer que la machine est assez puissante pour l'opération. Le rendement de la machine est aussi très important.

CoroDrill® 880



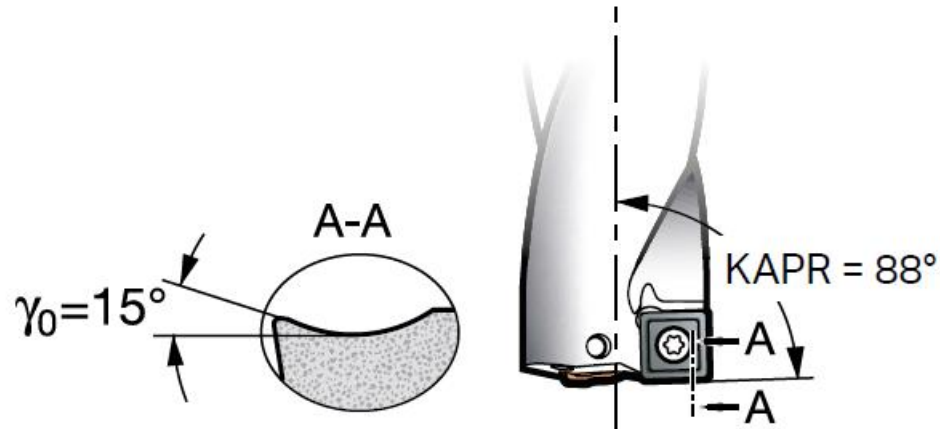
CoroDrill® Delta-C



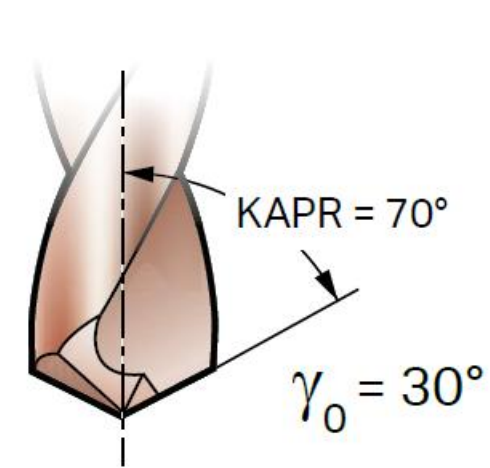
$$P_c = \frac{f_n \times V_c \times D_c \times K_c}{240000} \text{ (kw)}$$

n = vitesse de broche (tr/min)
 v_c = vitesse de coupe m/min (pieds/min)
 f_n = avance par tour mm/tr (pouces/tr)
 v_f = vitesse de pénétration mm/min (pouces/min)
 D_c = diamètre du foret mm (pouce)
 f_z = avance par arête (mm) (pouces)
 k_{c1} = force de coupe spécifique N/mm² (lbf ft/pouce²)
 P_c = puissance consommée kW (Hp)
 F_f = force d'avance (N)
 M_c = couple Nm (lbf ft)

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C

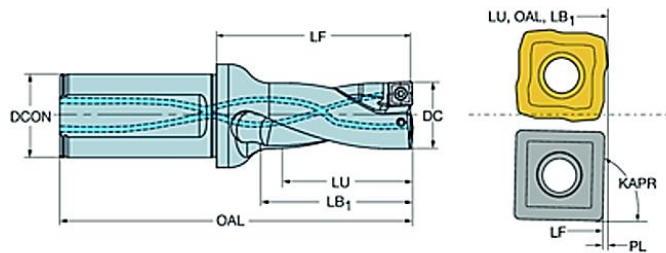


$$P_c = \frac{f_n \times V_c \times D_c \times K_c}{240000} \text{ (kw)}; \quad k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{f_z \cdot \sin KAPR} \right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100} \right); \quad f_z = \frac{f_n}{2} \text{ (mm/tr)}$$

m_c est coefficient de compensation de l'épaisseur de copeau qui dépend du matériau: généralement 0,25

Exemple 1:

Exemple de calcul: matériau N1.2.Z.AG: plaquette 880-06 04 W06H-P-GM 4344, outil 880-D3000L32-02



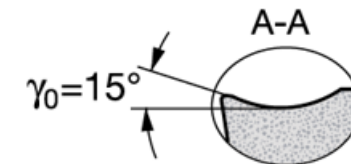
DC=30mm

ISO	MC No.	Matière	Dureté Brinell HB	Nuance	Vitesse de coupe (m/min)	Diamètre du foret DC mm	Géométrie / Avance Profondeur de perçage 2-3xD			
							-LM f_n , mm/tr.	-GM f_n , mm/tr.	-GR f_n , mm/tr.	-GT f_n , mm/tr.
N	N1.2.Z.AG (30.12)	Alliages d'alu. Forgés ou forgés et vieillis	30-150	4344 H13A	300-405 300-400	12.00-13.99	0.04-0.08		0.04-0.08	
						14.00-16.49	0.04-0.14	0.04-0.12	0.04-0.12	0.04-0.12
						16.50-19.99	0.04-0.16	0.04-0.14	0.04-0.14	0.04-0.14
						20.00-23.99	0.06-0.18	0.06-0.16	0.06-0.16	0.06-0.16
						24.00-29.99	0.10-0.20	0.10-0.18	0.10-0.18	0.10-0.18
						30.00-35.99	0.10-0.25	0.10-0.20	0.10-0.20	

Page 250
Catalogue
fraisage

ISO N			Force de coupe spécifique k_{c1}
MC No.	CMC No.	Matière	N/mm ²
N1.2.Z.UT	30.11	Alliages d'aluminium Forgés ou forgés et travaillés à froid, non vieillissants	400
N1.2.Z.AG	30.12	Forgé, ou forgé et vieilli	650

$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{f_Z \times \sin KAPR} \right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100} \right);$$



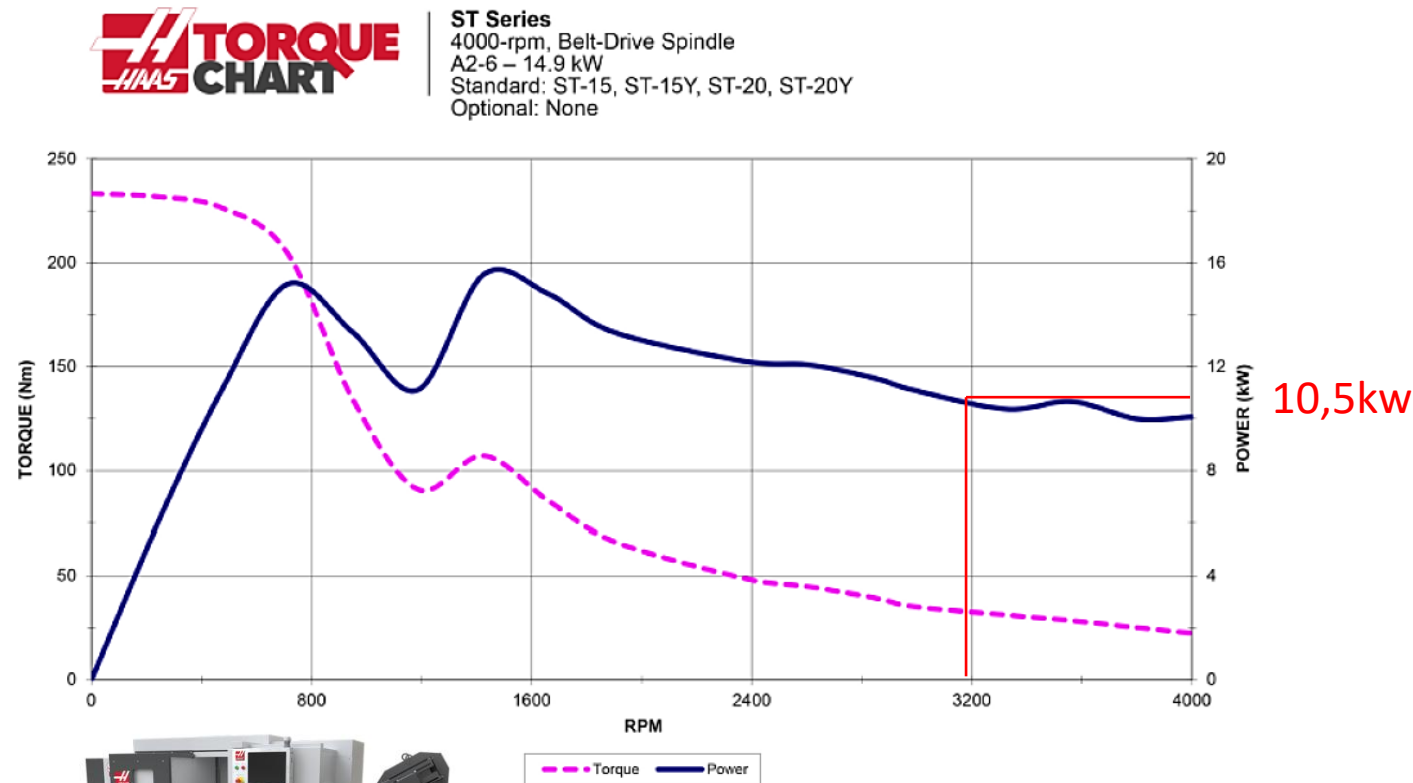
$$k_c = 650 \times \left(\frac{1}{\frac{0,1}{2} \times \sin(88)} \right)^{0,25} \times \left(1 - \frac{15}{100} \right) = 1168,57$$

$$P_c = \frac{f_n \times V_c \times D_c \times K_c}{240000} \text{ (kw)} \Rightarrow P_c = \frac{0,1 \times 300 \times 30 \times 1168,57}{240000} \Rightarrow P_c = 4,38 \text{ Kw}$$

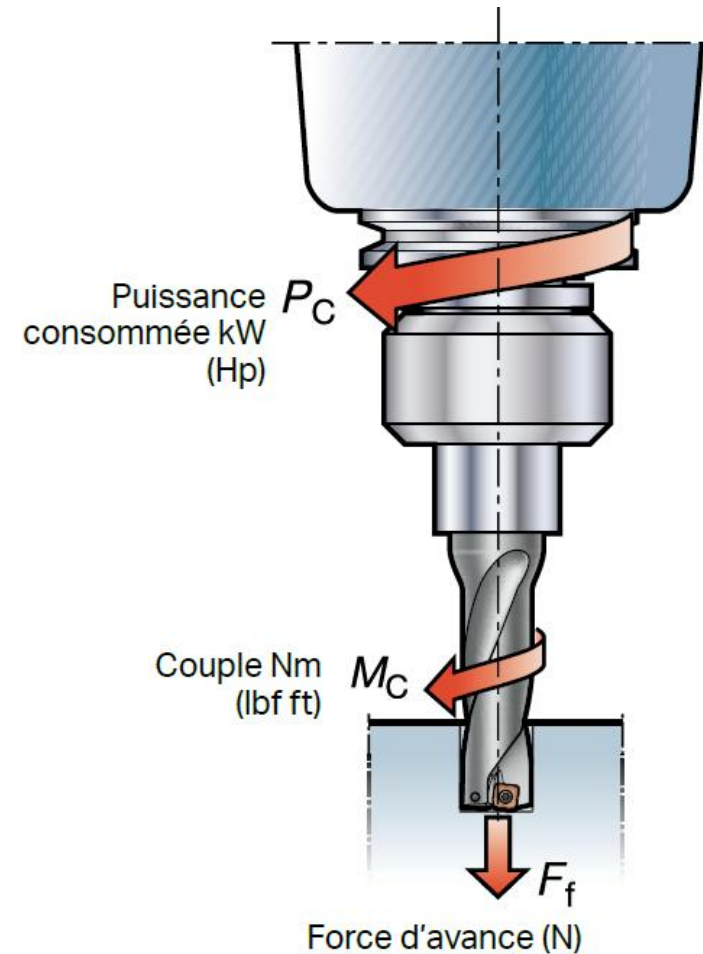
$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_c} = 3184 \text{ tr/min}$$

La puissance calculée de 4,38 Kw avec les conditions de coupe sélectionnées est bien au-dessous de la capacité de la machine (10,5kw à 3200 tr/min)

Avec une vitesse de coupe de 376m/min (n presque max de la machine à 3991) et une avance de 0,2mm/tr, la puissance calculée est de 9,23kw < 10,1 kw (à 4000 tr/min)



n = vitesse de broche (tr/min)
 f_n = avance par tour mm/tr (pouces/tr)
 DC = diamètre du foret mm (pouce)
 k_{c1} = Force de coupe spécifique N/mm² (lbf ft/pouce²)
 F_f = Force d'avance (N)
 M_c = Couple Nm (lbf ft)



$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ (Nm) ;}$$

Même exemple pris pour le calcul de la puissance:

Pour $n=3184$ tr/min, $f_n=0,1$ mm/tr, $V_c=300$ m/min :

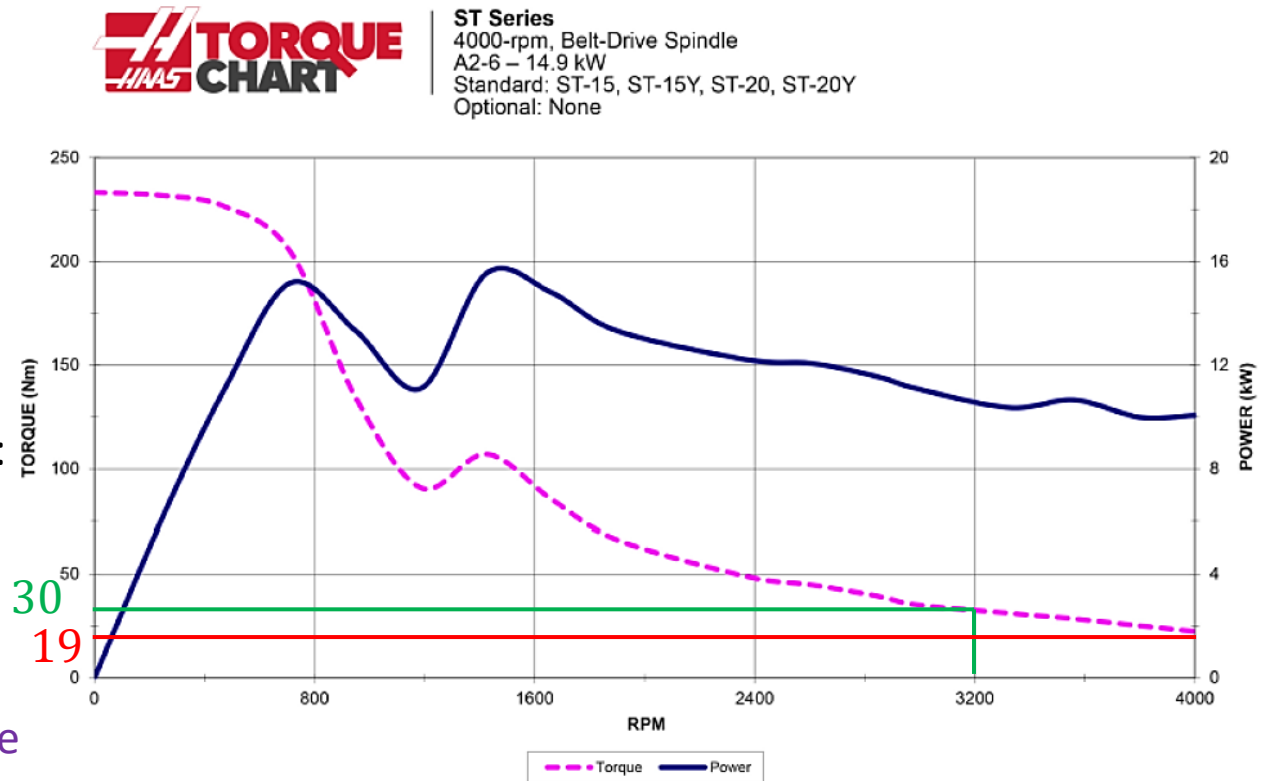
$$M_c = \frac{4,38 \times 30 \times 10^3}{\pi \times 3184}$$

le couple nécessaire $M_c = 13,14$ Nm < 30 Nm

si on prend $f_n=0,2$ mm/tr, $V_c = 376$ m/m, donc $n=3991$ tr/min:

la puissance est bonne, mais le couple nécessaire $M_c = 22,1$ Nm > 19 Nm

Il faut donc vérifier à la fois le couple et la puissance absorbée



Exemple 2:

Exemple de calcul: matériau N1.2.Z.AG: plaque 870-1040-6-PM-4334, outil 870-1000-6L16-3

CoroDrill® 870

< 6 x DC

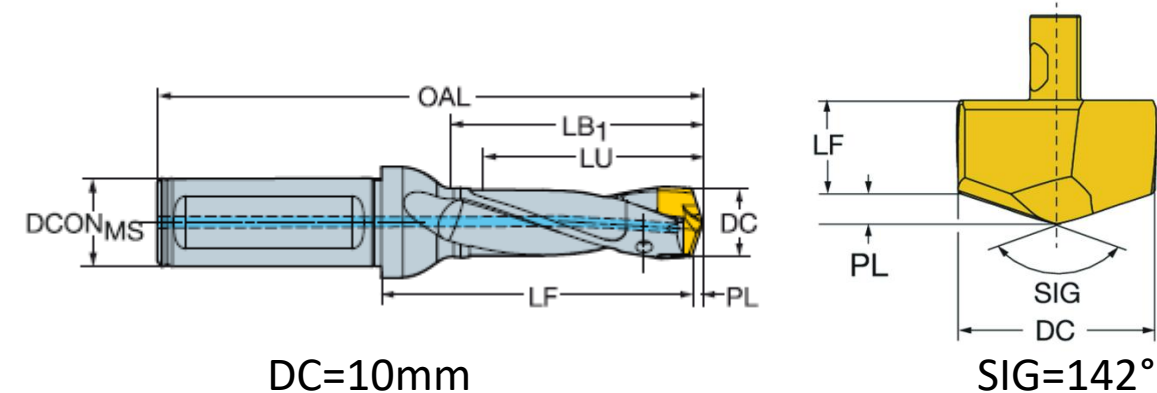
ISO	MC No.	CMC No.	Matière	Dureté Brinell (HB)	Vitesse de coupe (V _c) m/min corrélée au diamètre du foret					
					10.00-20.99 mm			21.00-33.00 mm		
					Min.	Rec.	max.	Min.	Rec.	max.
N	N1.2.Z.AG	30.12	Alliages à base aluminium	100	150	200	250	150	200	250
	N1.3.C.AG	30.22	Alliages AlSi, Si ≤ 1% Alliages AlSi coulés, Si > 1% et < 13%	80	150	200	250	150	200	250

CoroDrill® 870

< 6 x DC

10.00-11.99 mm					
Min.	Rec.	max.	Min.	Rec.	max.
0.20	0.25	0.30	0.20	0.25	0.30

Page 234

3H4
FRE

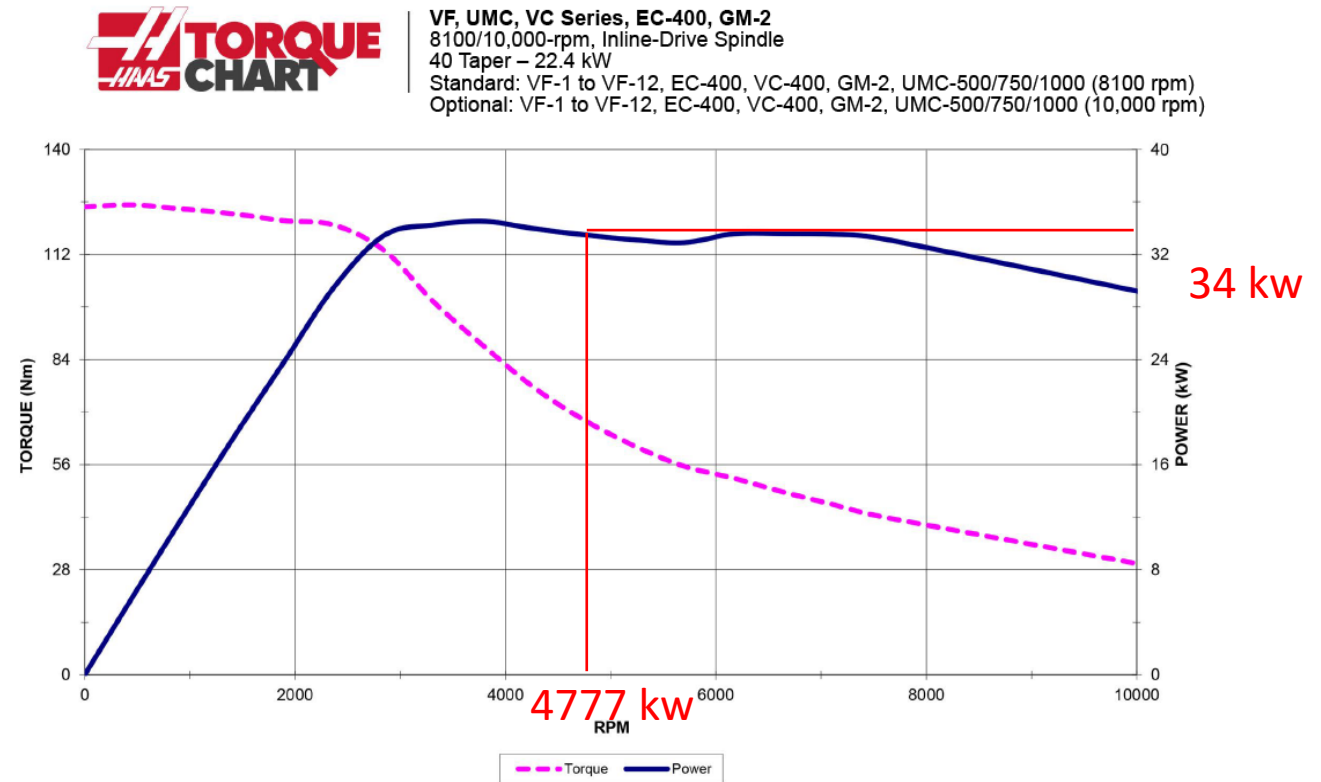
$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{f_Z \times \sin KAPR} \right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100} \right);$$

$$k_c = 650 \times \left(\frac{1}{\frac{0,2}{2} \times \sin(71)} \right)^{0,25} \times \left(1 - \frac{0}{100} \right) = 1172,18$$

$$P_c = \frac{f_n \times V_c \times D_c \times K_c}{240000} \text{ (kw)} \Rightarrow P_c = \frac{0,2 \times 150 \times 10 \times 1172,18}{240000} \Rightarrow P_c = 1,46 \text{ Kw}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_c} = 4777 \text{ tr/min}$$

La puissance calculée de 1,46 Kw avec les conditions de coupe sélectionnées est bien au-dessous de la capacité de la machine (34 kw à 4777 tr/min)

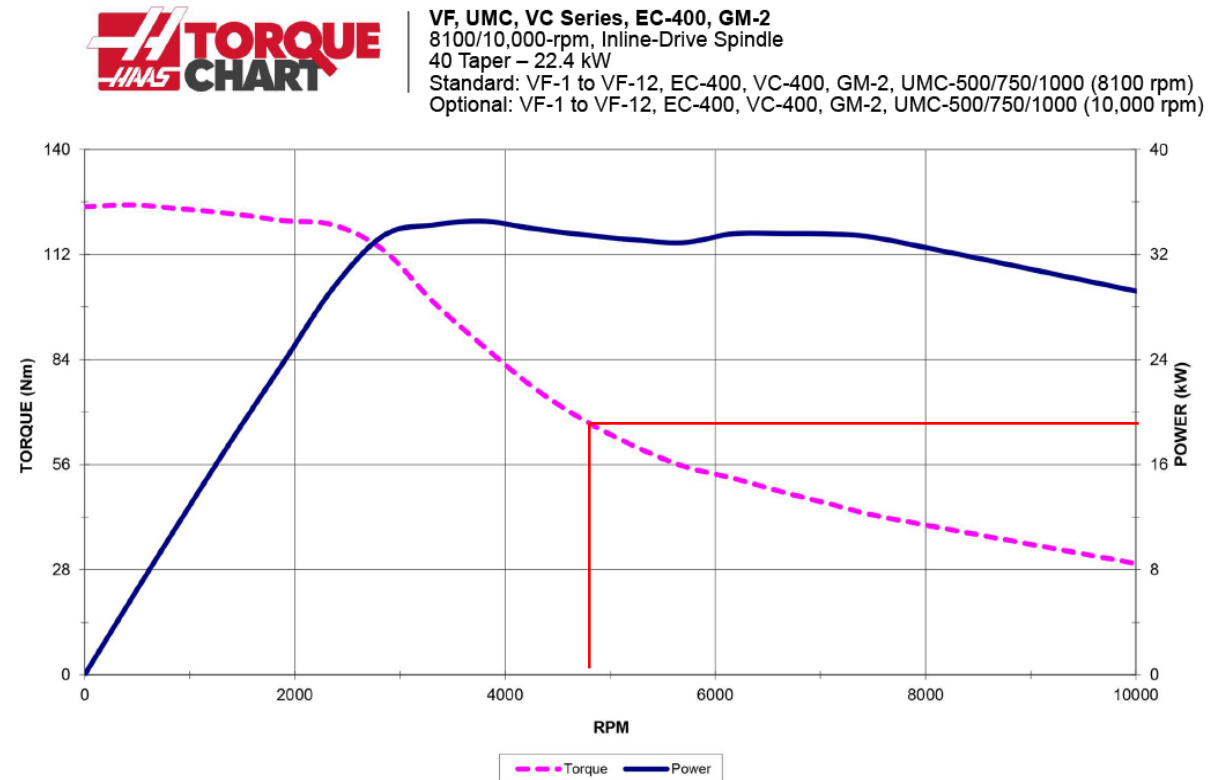


Même exemple pris pour le calcul de la puissance:

Pour $n=4777$ tr/min, $f_n=0,2$ mm/tr, $V_c=150$ m/min :

$$M_c = \frac{1,46 \times 10^3}{\pi \times 4777}$$

le couple nécessaire $M_c = 2,93$ Nm < 19 Nm

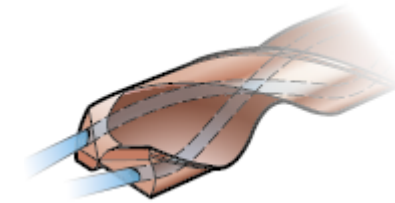


L'adduction de liquide de coupe est essentielle en perçage. Elle influence:

- ☐ l'évacuation des copeaux
- ☐ la qualité des trous
- ☐ durée de vie.



Adduction interne de liquide de coupe:



- ☐ L'arrosage est à préférer en toutes circonstances pour éviter les bourrages copeaux.
- ☐ A utiliser obligatoirement si la profondeur du trou est supérieure à 3 x diamètre.

Adduction externe de liquide de coupe:

- ☐ Possible dans les matières à copeaux courts.
- ☐ Pour améliorer l'évacuation des copeaux, une buse d'arrosage au moins (deux si le foret est statique) doit être orientée vers l'axe de l'outil.

