

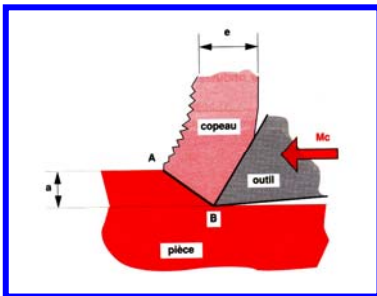
Les paramètres de coupe

1 - FORMATION DU COPEAU :

La formation du copeau résulte d'actions mécaniques complexes. Pour simplifier, on peut dire que l'arête de coupe pénètre dans la matière et provoque la formation du copeau. Le frottement du copeau sur la face de coupe et celui de la pièce sur la face de dépouille provoquent une élévation importante de la température qui peut entraîner une fusion locale du copeau. Ce phénomène peut conduire à l'adhérence du copeau sur la face de coupe (copeau adhérent).

Les principaux facteurs influençant la formation du copeau sont :

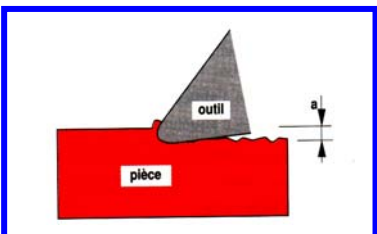
- ✓ - La vitesse de coupe (V_c) ;
- ✓ - La profondeur de passe (a) ;
- ✓ - La vitesse d'avance (V_f) ;
- ✓ - La géométrie de l'outil ;
- ✓ - Les matériaux de l'outil et de la pièce ;
- ✓ - La lubrification.



Le schéma représente un copeau en cours de formation
On observe que :

- ✓ L'épaisseur du copeau (e) est supérieure à la pénétration (a).
- ✓ Les fibres du copeau sont orientées suivant une même direction.
- ✓ La face du copeau en contact avec la surface de coupe est lisse alors que l'autre est rugueuse.

✓ NOTION DE COPEAU MINIMUM :



Lorsque la **pénétration** et/ou **l'avance** sont trop faibles, l'outil ne coupe plus. Le métal est donc comprimé superficiellement et la pression de contact outil-pièce provoque une **usure prématurée de l'outil ainsi qu'un mauvais état de surface**.

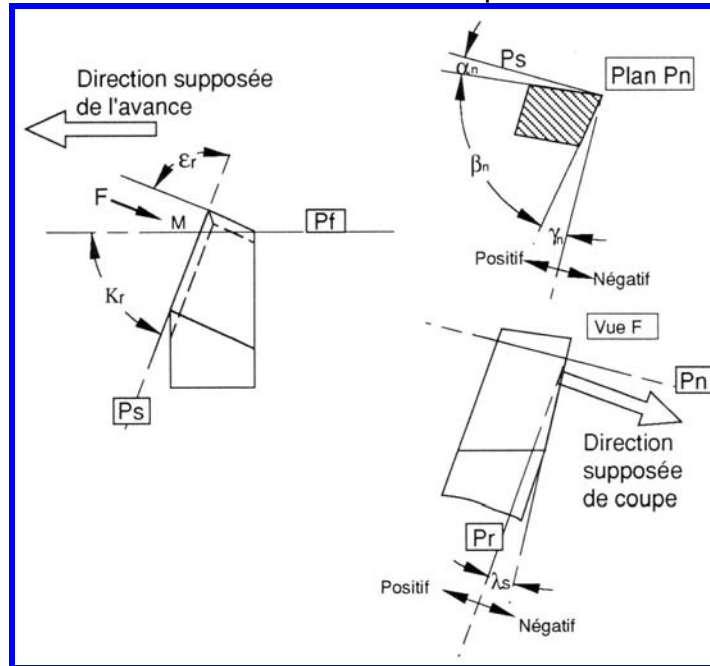
Il est donc impératif de choisir des valeurs minimales pour ces données (généralement donnée par le fabricant d'outils).

2 - GÉOMÉTRIE DE LA PARTIE ACTIVE DE L'OUTIL :

Les angles sont définis par référence à des plans définis dans deux référentiels :

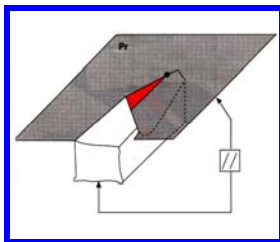
- ✓ SYSTEME DE L'OUTIL EN MAIN :
Il spécifie la géométrie de l'outil **lors de sa fabrication et de son contrôle, indépendamment de son utilisation future**.
- ✓ SYSTEME DE L'OUTIL EN TRAVAIL :
Il spécifie la géométrie de l'outil **lors de son utilisation**.

Dans ce cours, nous étudierons l'outil à tranchant unique dans le référentiel « en main ».



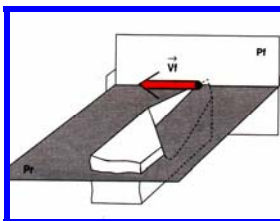
A - DÉFINITIONS DES PRINCIPAUX PLANS :

- PLAN DE RÉFÉRENCE Pr :



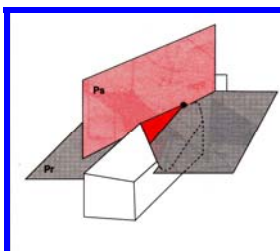
Plan passant par le point considéré de l'arête et parallèle au plan de base servant de face d'appui au corps de l'outil.

- PLAN DE TRAVAIL CONVENTIONNEL Pf :



Plan perpendiculaire au plan de référence Pr de l'outil, au point considéré de l'arête, et parallèle à la direction supposée d'avance de l'outil.

- PLAN D'ARÊTE DE L'OUTIL Ps :



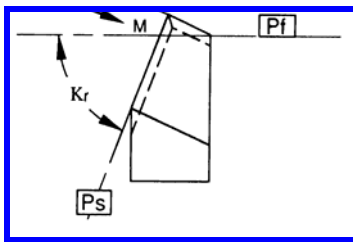
Plan tangent à l'arête, au point considéré et perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr .

- PLAN NORMAL Pn :

Plan perpendiculaire au plan de référence de l'outil (Pr) et au plan d'arête de coupe (Ps), au point considéré.

B - DÉFINITIONS DES PRINCIPAUX ANGLES ET INFLUENCE DE LEUR VALEUR SUR LA COUPE :

- ANGLE DE DIRECTION D'ARÊTE K_r :



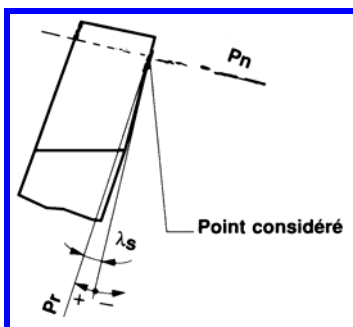
Angle mesuré dans P_r entre P_s et P_f

$K_r < 90^\circ$: entrée en contact progressive de l'arête de coupe avec la matière à usiner.

K_r trop petit : longueur de contact arête de coupe/matière \nearrow , efforts de coupe \nearrow .

K_r influe aussi sur la direction d'évacuation des copeaux.

- ANGLE D'INCLINAISON D'ARÊTE λ_s :



Angle mesuré dans P_s entre l'arête et P_r

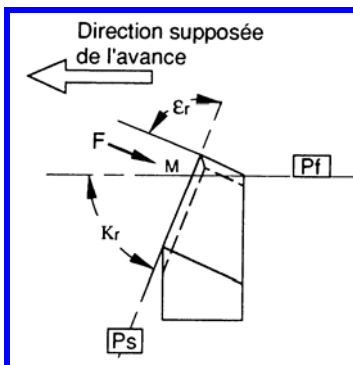
$\lambda_s < 0$: en ébauche

robustesse arête de coupe
fragmentation des copeaux

$\lambda_s > 0$: en finition

copeau minimum plus faible

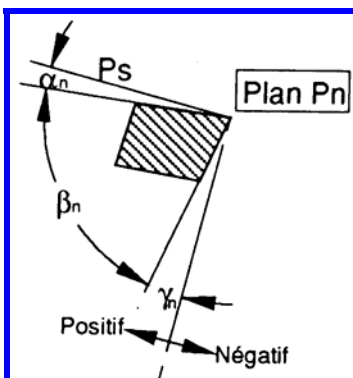
- ANGLE DE POINTE ϵ_r :



Angle mesuré dans P_r entre P_s et l'arête de dépouille

Cet angle est choisi en fonction du profil à usiner

- ANGLE DE DÉPOUILLE α :



Angle entre la face de dépouille et P_s

Si α_n trop grand : arête de coupe trop fragile

Si α_n trop petit : surface de contact pièce / face de dépouille \nearrow
 \Rightarrow risque de talonnage

- ANGLE DE TAILLANT β :

Angle entre la face de coupe et la face de dépouille

- ANGLE DE COUPE γ :

Angle entre la face de coupe et P_r

γ grand :

arête fragile

écoulement copeau continu

γ petit :

frottement important copeau sur face de coupe

$\gamma < 0$:

réservé aux outils carbure et céramique

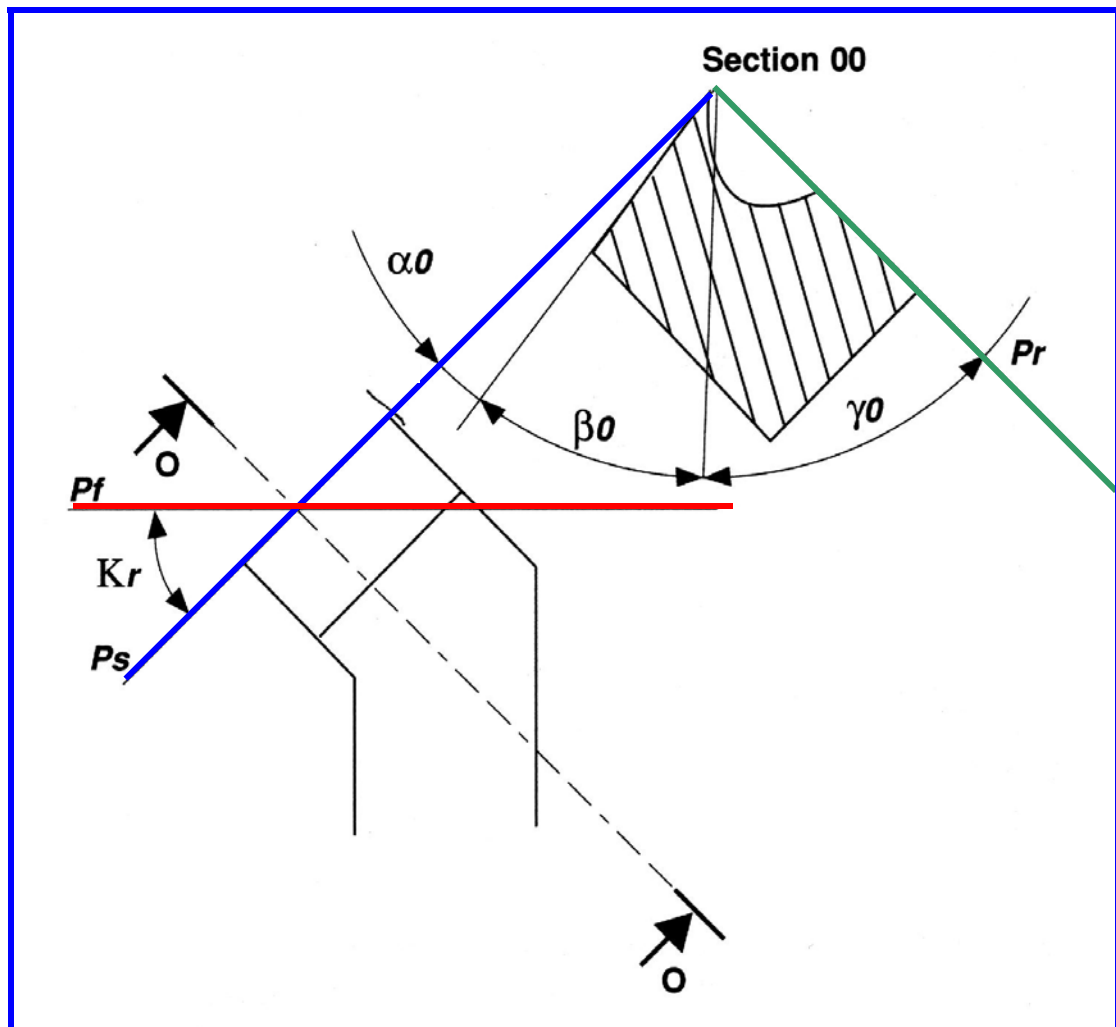
bonne tenue aux efforts

les copeaux se brisent facilement

Ces trois derniers angles ($\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$) sont toujours donnés dans le plan P_n (valeurs des catalogues des carburiers)

C - EXERCICE :

Complétez, sur le schéma ci-dessous, les angles et les plans que vous connaissez :




3 - GÉOMETRIE DES BRISE-COPEAUX :

Lorsque le copeau se déroule de manière continue, il peut s'enrouler autour de la pièce ou de l'outil. Son évacuation devient délicate et dangereuse ; l'état de surface de la pièce peut se détériorer. Il est donc important de fractionner le copeau. Le terme brise-copeau désigne : **l'aménagement des formes de la face de coupe des plaquettes carbure.**

La démarche de choix suivante est la démarche du fabricant SECO.

La désignation des formes se fait par une ou deux lettres (de RR pour les grosses ébauches à FF pour les finitions fines) complétées par un chiffre caractérisant la robustesse d'arête. Plus le chiffre est élevé, plus l'arête est robuste et plus **les avances pourront être importantes.**

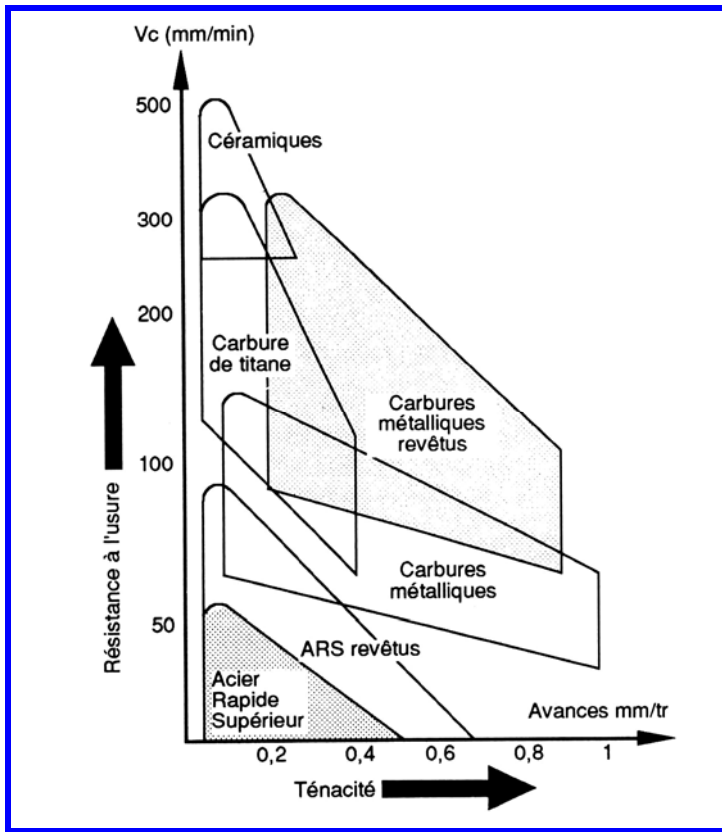
Le tableau suivant permet de sélectionner une géométrie :

	TYPE	MODELE	
Longueur maxi d'engagement de l'arête en % 	60%	RR	RR9 : Plaquette non réversible pour les opérations de grosses ébauches Renfort d'arête important prévu pour de fortes avances Particulièrement adaptée pour l'usinage des pièces moulées ou forgées difficiles
		R	Plaquette non réversible pour les opérations d'ébauche
			R4 : coupe douce pour ébauche légère
	R6 : choix de base pour ébauche normale des aciers R8 : peut supporter des opérations difficiles dans les inox forgés ou moulés		
	40%	MR	Plaquette réversible pour moyenne ébauche combinée à une forte avance
			MR5 : usinage des inox difficiles et des aciers de construction à forte avance. Arête robuste permettant le travail au choc
			MR7 : pour les plus fortes avances et profondeurs de coupe importantes qui nécessiteraient normalement l'utilisation d'une plaquette non réversible
	20%	M	Plaquette réversible pour ébauche légère
			M3 : usinage des inox courants, des aciers collants et des étirés à avance modérée. Coupe franche diminuant les efforts de coupe
			M5 : choix de base pour l'ébauche légère des aciers et inox à avance moyenne
	20%	MF	Plaquette réversible pour les finitions nécessitant un état de surface correct et pour les ébauches légères demandant une fragmentation fine des copeaux
			MF2 : choix de base pour la finition des aciers courants et des inox faciles à usiner
			MF3 : usinage à profondeur de coupe limitée des aciers forgés, des aciers collants et des inox plus difficiles à usiner
	20%	F	Plaquette positive pour des finitions ou des ébauches légères, utilisée sur des porte-plaquette de petites dimensions
			F1 : coupe franche, pour les usinages courants à avance faible
F2 : finition à ébauche légère des aciers et des inox			
	FF	FF1 : plaquette positive ou négative pour les petites finitions nécessitant un état de surface de qualité dans les aciers courants et inox faciles à usiner. Excellente acuité d'arête et bonne fragmentation des copeaux pour une faible profondeur de passe et une faible avance	

- ✓ Il faut, dans un premier temps caractériser le type de brise-copeau sur l'échelle verticale (FF à RR) en calculant le pourcentage de la longueur d'arête en prise avec la matière. Ceci revient à graduer le type d'opération, de la petite finition à la grosse ébauche.
- ✓ Ensuite, dans certains types, plusieurs modèles sont proposés en fonction de la robustesse d'arête. Les indications contenues dans le tableau permettent d'effectuer le choix définitif.

4 - MATÉRIAUX À OUTILS :

Les plus utilisés sont les carbures métalliques. Les plaquettes sont obtenues par frittage.



- ✓ Cette figure représente les plages d'utilisation des différents matériaux à outils courants en fonction des vitesses de coupe et d'avances employées.
- ✓ Afin d'améliorer les principales propriétés (dureté des faces coupantes, résistance aux sollicitations mécaniques, état de surface de la face de coupe, stabilité des caractéristiques mécaniques à chaud), les carbures sont revêtus d'une fine couche de matériau (nitrure de titane par exemple) ; on parle alors de carbure revêtu.

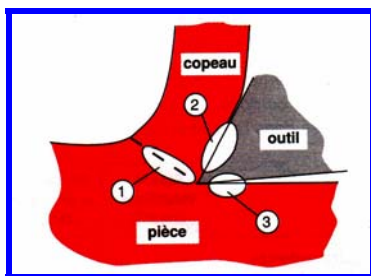
✓ Classification des carbures :

La désignation comporte une lettre suivie de deux chiffres.

- ✓ La lettre P, M, ou K correspond à des plages de dureté pour les matières à usiner. Le nombre donne une image de la ténacité (solidité). On peut lui associer des opérations et conditions de travail (chocs, ébauche légère, etc.).
- ✓ La figure suivante présente la classification en fonction de la matière usinée et de l'utilisation d'après la norme NFE 66-304.

Symbole général	Grandes catégories de matières à usiner	Symbole	Matières à usiner	Utilisation et conditions de travail
P	Métaux ferreux à copeaux longs	PO1	Acier, acier moulé	Tournage, alésage de finition : Vc élevée, petite section de copeaux. Précision dimensionnelle et qualité de surface. Travail sans vibrations.
		P10	Acier, acier moulé	Copiage, filetage en tournage, fraisage : Vc élevée, petite ou moyenne section de copeaux.
		P20	Acier, acier moulé Fonte malléable à copeaux longs	Copiage en tournage, fraisage : Vc et section de copeaux moyennes.
		P30	Acier, acier moulé Fonte malléable à copeaux longs	Tournage, fraisage : Vc petite ou moyenne, grande ou moyenne section de copeaux, conditions d'usinage défavorables.
		P40	Acier, acier moulé avec inclusion de sable ou retassures	Tournage : Vc petite, grande section de copeaux, possibilité de grand angle de coupe, conditions d'usinage défavorables sur machines automatiques.
		P50	Acier moulé : faible ou moyenne résistance avec inclusion de sable ou retassures	Opérations exigeant une bonne ténacité des carbures métalliques : tournage avec Vc petite et grande section de copeaux, possibilité de grand angle de coupe, conditions d'usinage défavorables.
M	Métaux ferreux à copeaux longs ou courts et métaux non ferreux	M10	Acier, acier moulé, acier au manganèse, fonte grise, fonte alliée	Tournage : Vc moyenne ou grande et section de copeaux moyenne.
		M20	Acier, acier moulé, acier austénitique, acier au manganèse, fonte grise	Tournage, fraisage : Vc et section de copeaux moyennes.
		M30	Acier, acier moulé, acier austénitique, fonte grise, alliage réfractaire	Tournage, fraisage : Vc moyenne et section de copeaux moyenne ou grande.
		M40	Acier de décolletage, acier de faible résistance. Métaux non ferreux et alliages légers	Tournage, tronçonnage, particulièrement sur machines automatiques.
K	Métaux ferreux à copeaux courts. Métaux non ferreux	K01	Fonte grise de dureté élevée, alliages légers à haute teneur en silicium, acier trempé, céramiques, matières plastiques abrasives	Tournage, tournage de finition, alésage, fraisage.
		K10	Fonte grise (>220 HB), fonte malléable à copeaux courts, acier trempé, alliages légers au silicium, alliages de cuivre, plastiques, verre, caoutchouc dur, porcelaine, pierre	Tournage, fraisage, perçage, alésage, brochage.
	Matières non métalliques	K20	Fonte grise (220 HB), métaux non ferreux	Tournage, fraisage, alésage, brochage exigeant une grande ténacité des carbures métalliques.
		K30	Fonte grise de faible dureté, acier de faible résistance, bois comprimé	Tournage, fraisage avec conditions d'usinage défavorables et possibilités de grand angle de coupe.
		K40	Bois naturel tendre ou dur et métaux non ferreux	Tournage, fraisage avec conditions d'usinage défavorables et possibilité de grand angle de coupe.

5 - FLUIDES DE COUPE



Le **phénomène de coupe** produit de la **chaleur** qui est répartie en trois zones :

- ① située dans le plan de cisaillement et due aux déformations de la matière.
- ② située au contact copeau / face d'attaque de l'outil et due aux frottements dans cette zone.
- ③ située au contact pièce / face en dépouille de l'outil et due aux frottements dans cette zone.

La quantité de chaleur dégagée est telle qu'elle peut entraîner la fusion locale du copeau et la dégradation rapide de l'outil.

Pour remédier à cela, il faut utiliser un fluide afin :

- ✓ de refroidir l'outil et le copeau
- ✓ de lubrifier les surfaces pour diminuer les frottements