

# Chapitre 1 : L' Usinage Grande et très grande Vitesse

- 1° L' UGV: quelle définition???
- 2° Les machines
- 3° Les outils
- 4° Les lubrifications
- 5° UGV : Tournage
- 6° UGV : Mesure des efforts de coupe
- 7° UTGV : Usinage très grande vitesse
- 8° Conclusion / Perspectives

L' UGV: quelle définition???

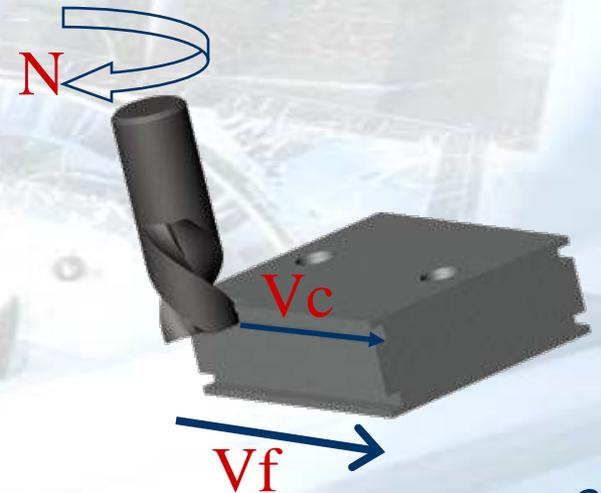
## Définitions-Historique

Sous l'impulsion des entreprises de hautes technologies et de leurs exigences en matière de réduction des temps et des coûts, l'usinage grande vitesse (UGV) est devenu un moyen de mise en forme à la mode depuis une dizaine d'années. Ce procédé subit et nécessite un développement quasi permanent des machines et des outils.

## L'UGV: quelle définition???

Il existe différentes définitions de l'UGV suivant les domaines d'utilisations, en voici quelques une:

- ❑ *L'usinage à grande vitesse de coupe ( $V_c$ ), L'usinage à grande vitesse de broche ( $N$ ),*
- ❑ *L'usinage à forte avance ( $V_f$ ),*
- ❑ *L'usinage à grande vitesse de coupe ( $V_c$ ) et à forte avance ( $V_f$ ),*
- ❑ *L'usinage haute productivité.*



Toutefois si on considère le couple outil-matière, on peut dire d'une façon plus générale:

1- Cette technologie (UGV) consiste à augmenter notablement les vitesses de coupe (de 5 à 10 fois supérieure aux valeurs traditionnelles) et de rotation de l'outil (de 10000 à 100000 tr/min) de manière à privilégier l'enlèvement de matière par de fortes avances et des profondeurs de coupe plus faibles.

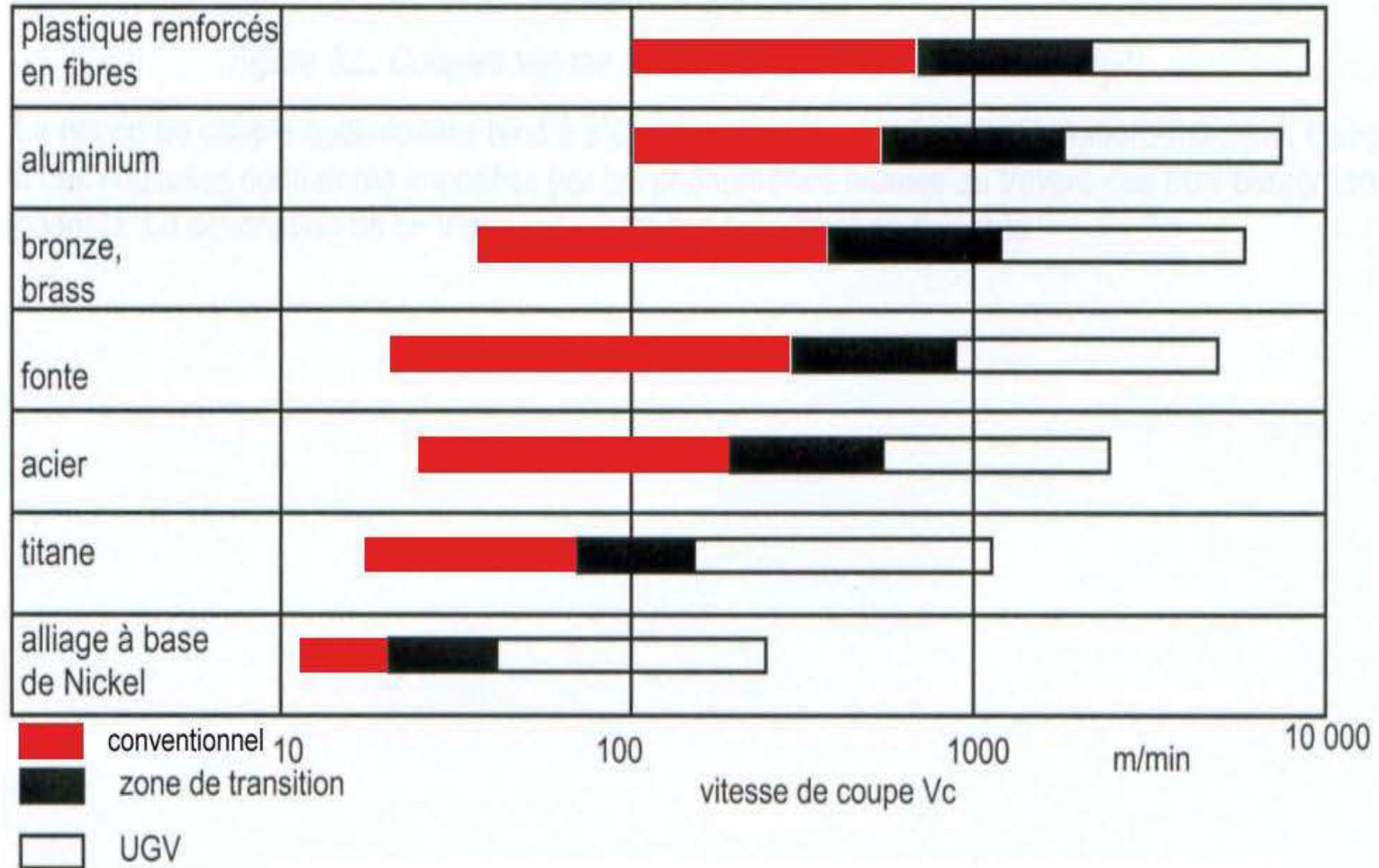
3- Les limites sont données d'une part par la dimension de l'outil d'autre part par le couple matière usinée/matière outil.

5- L'UGV s'effectue généralement en deux phases successives et variables : soit une phase «ébauche/semi finition», suivie d'une phase «finition » ; soit une phase «ébauche», suivie d'une phase «semi finition».

2- La capacité d'enlèvement de copeaux n'est pas directement rattachée à la vitesse de rotation. Elle est déterminée par la combinaison de la vitesse de coupe et d'avance.

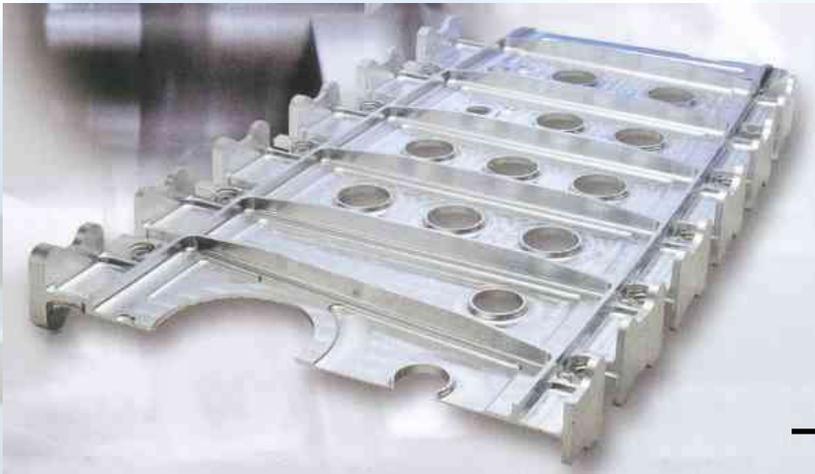
4- Un outil de petit diamètre a besoin de vitesses de rotation très importantes pour voir sa vitesse de coupe augmenter de manière significative. Les outils plus importants nécessitent une broche disposant d'une puissance suffisante.

# Les vitesses de coupe



# Domaines d'application

**L'aéronautique** : grâce à l'UGV, l'usinage de voiles minces en aluminium est possible du fait de la réduction des efforts de coupe.



Vitesses de coupe

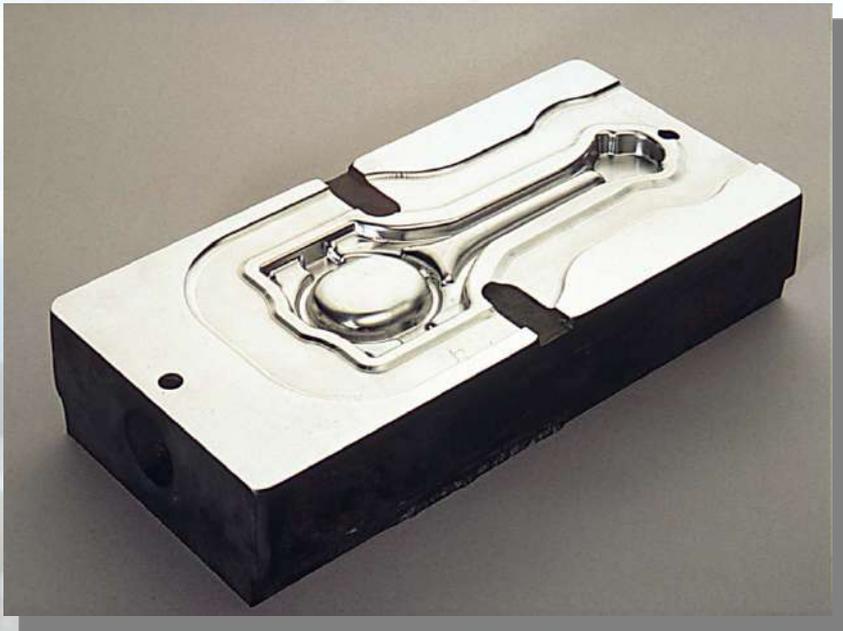
Avances

Profondeurs de passe

---

= Débit très important

**Les outilleurs:** L'UGV permet d'usiner des matrices de forge en acier traité.



Matrice de forge pour bielle (51HRC)

Vitesses de coupe

Avances

Profondeurs de passe

---

= Usinage possible

= État de surface amélioré

# Les moulistes: L'UGV a permis de remplacer l'électroérosion dans l'usinage des moules.



Moule d'injection de téléphone portable

Vitesses de coupe

Avances

Profondeurs de passe

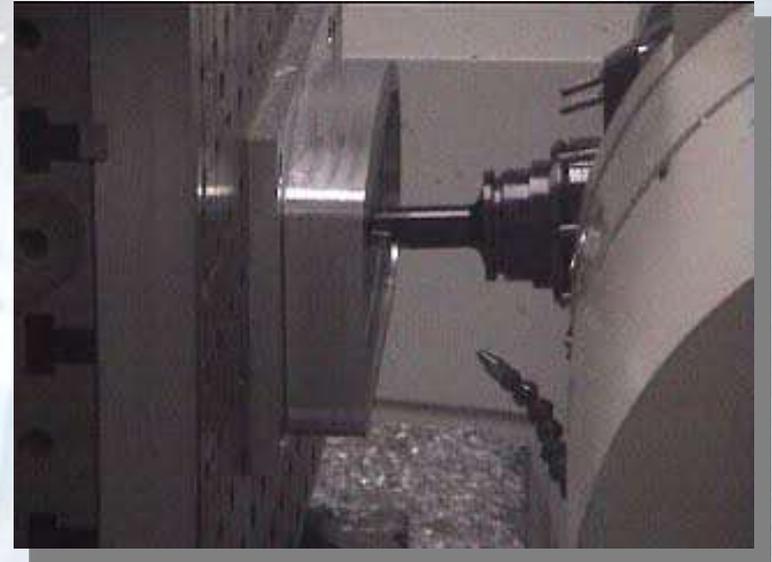
---

= **Productivité**  
= **Qualité de surface**

## Surfaçage Aluminium



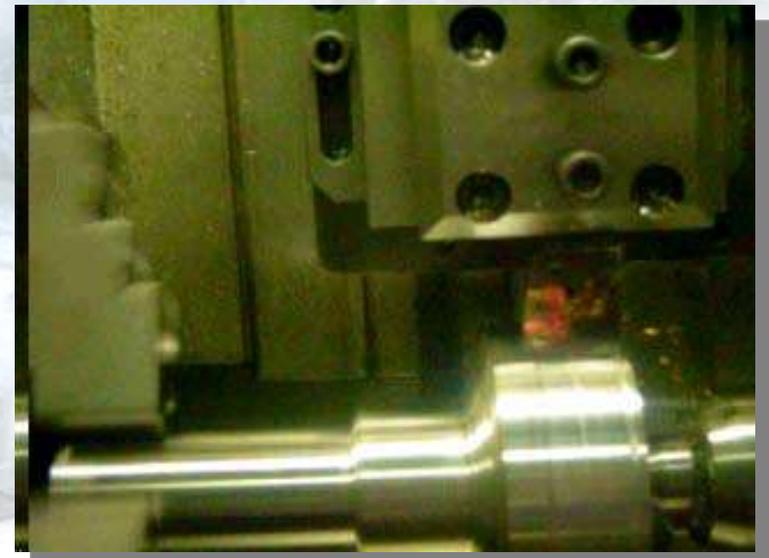
## Cavité Aluminium



## Spirale en Graphite



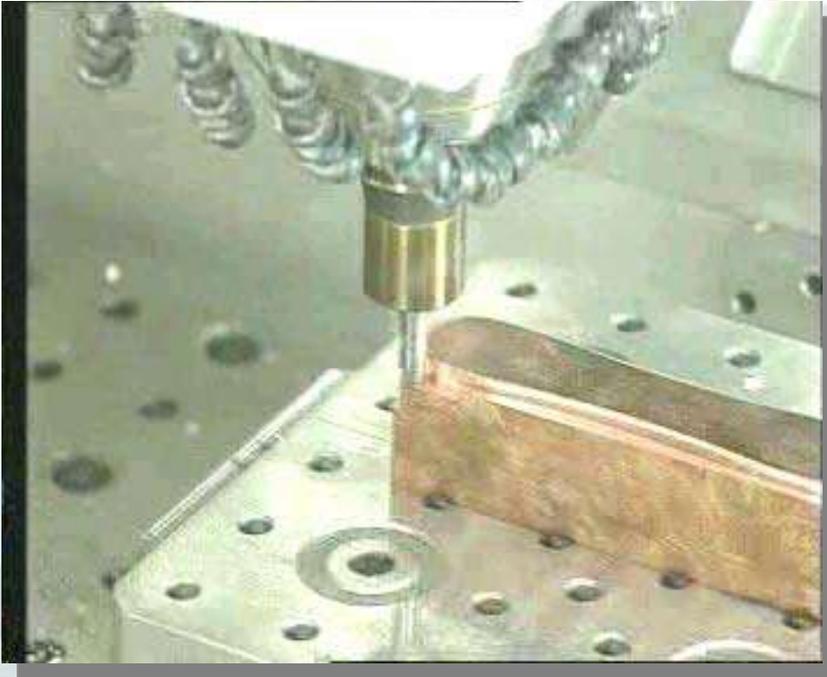
## Chariotage Inconel 718



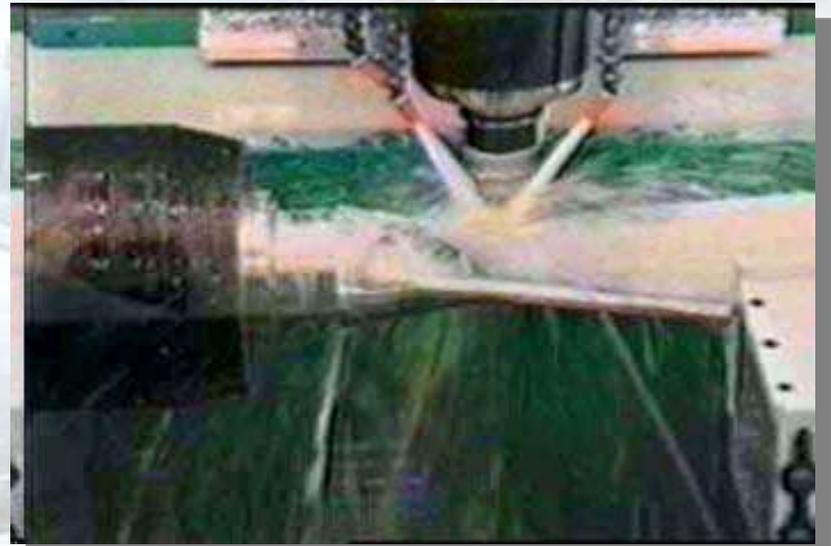
Aube de turbine



Usinage d'une électrode en cuivre



Pale d'hélice



# USINAGE GRANDE VITESSE, ses avantages

➤ REDUCTION DES EFFORTS DE COUPE avec l'augmentation de la vitesse de coupe

✓ Usinage des aciers traités et autres matériaux difficiles

➤ AUGMENTATION DES DEBITS COPEAUX →  **Productivité**

➤ MEILLEURS ETATS DE SURFACE →  **Qualité**

➤ MEILLEURE PRECISION →  **Qualité**

➤ DEFORMATIONS REDUITES →  **Possibilité**

✓ Usinage de voiles minces

➤ REDUCTION DES TEMPS DE PRODUCTION →  **Rentabilité**

➤ USINAGE ECOLOGIQUE POSSIBLE →  **Environnement**

## USINAGE GRANDE VITESSE, *ses inconvénients*

- Équipements et outillages plus coûteux
- Sécurité renforcée
- Formation spécifique au processus d'Usinage Grande Vitesse
- Approche différente de l'usinage conventionnel

# LES MACHINES



Fraiseuse CN 3 axes



Fraiseuse CN 5 axes



Centre d'Usinage CN 5 axes



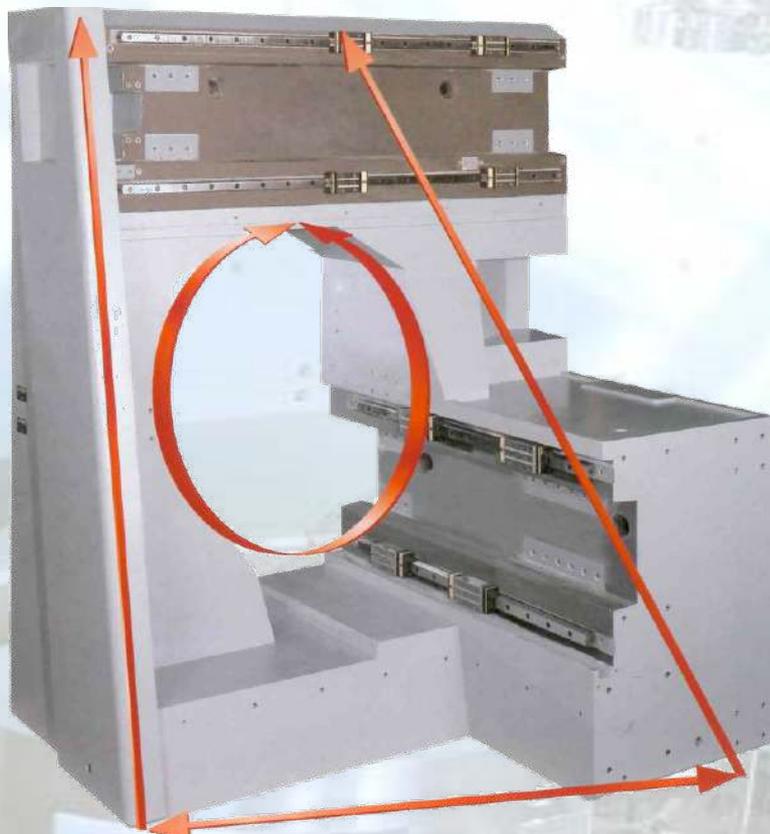
Tour CN 3 axes

## Les machines doivent pouvoir:

- Allier puissance et rigidité
- Absorber les vibrations
- Admettre de fortes accélérations et décélérations
- Posséder des éléments mobiles légers
- Posséder des éléments de sécurités adaptés

# Bâtis en béton polymère

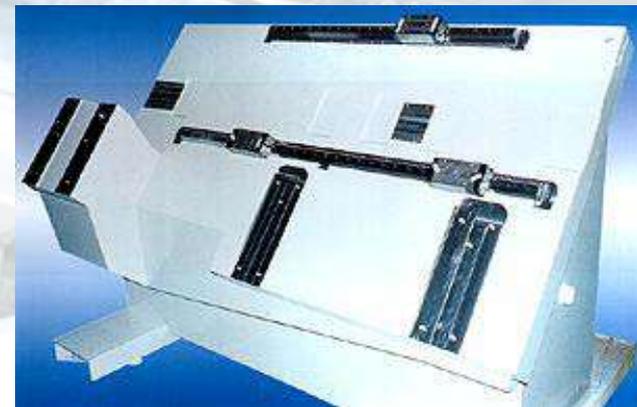
- ✓ Meilleure rigidité
- ✓ Meilleure stabilité dynamique



Bâtis



Bâtis



Bâtis

# TRANSMISSION DU MOUVEMENT

Systeme écrou-vis à bille  
Rotation  $\Rightarrow$  translation

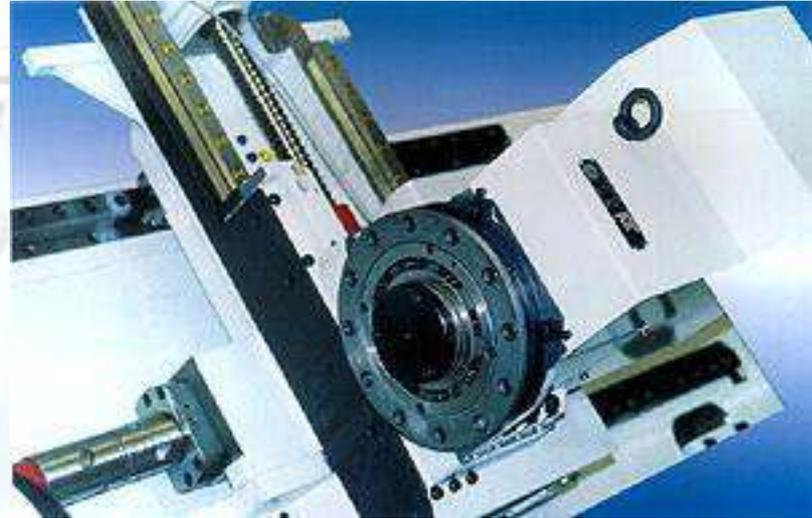


Accélération X10  
Vitesse X2

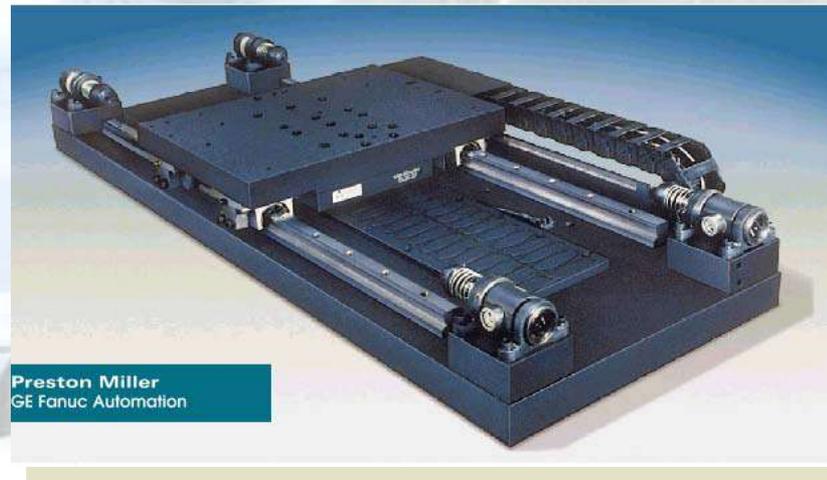
Technologie du moteur linéaire

➤ 100 m/min

➤ 50 m/s<sup>2</sup>



Systeme écrou-vis à bille : Rotation



Systeme écrou-vis à bille : Translation

# LES BROCHES

Les électro-broches sont actuellement les plus utilisées en UGV.  
Leur vitesse de rotation peut atteindre 60.000  $\text{tr.min}^{-1}$  et leur puissance 70 kW.

**S2M**



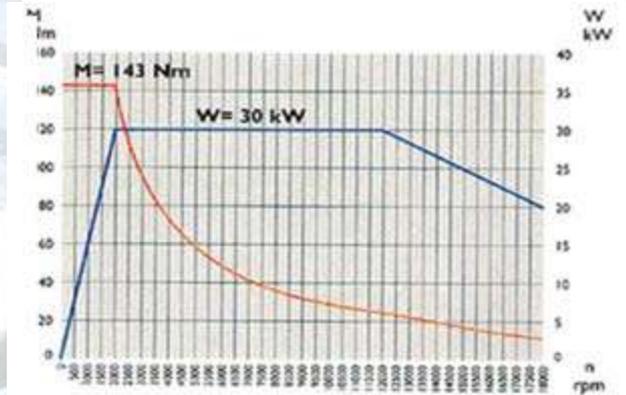
Electro-broche à palier magnétique

**FISCHER**



Electro-broche à roulements

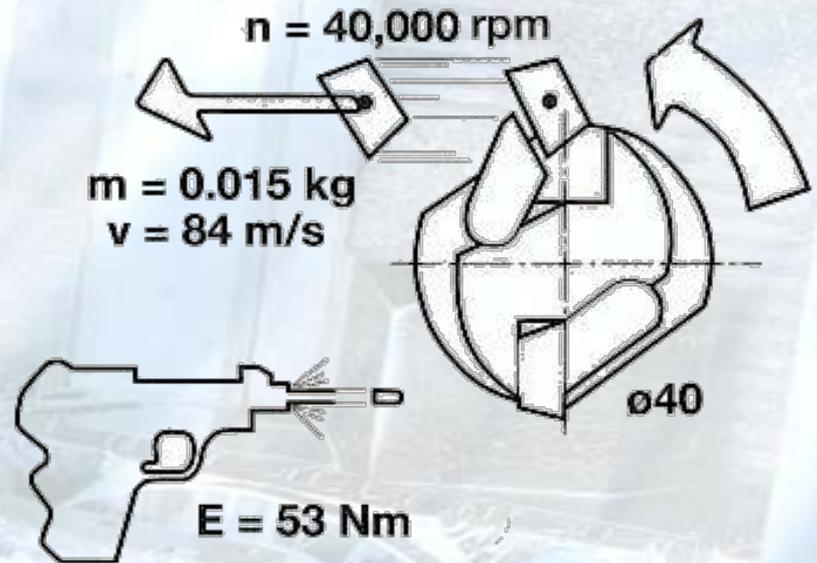
*Broche IBAG (Suisse)*



*Des broches IBAG à paliers hydrostatiques*

# La sécurité

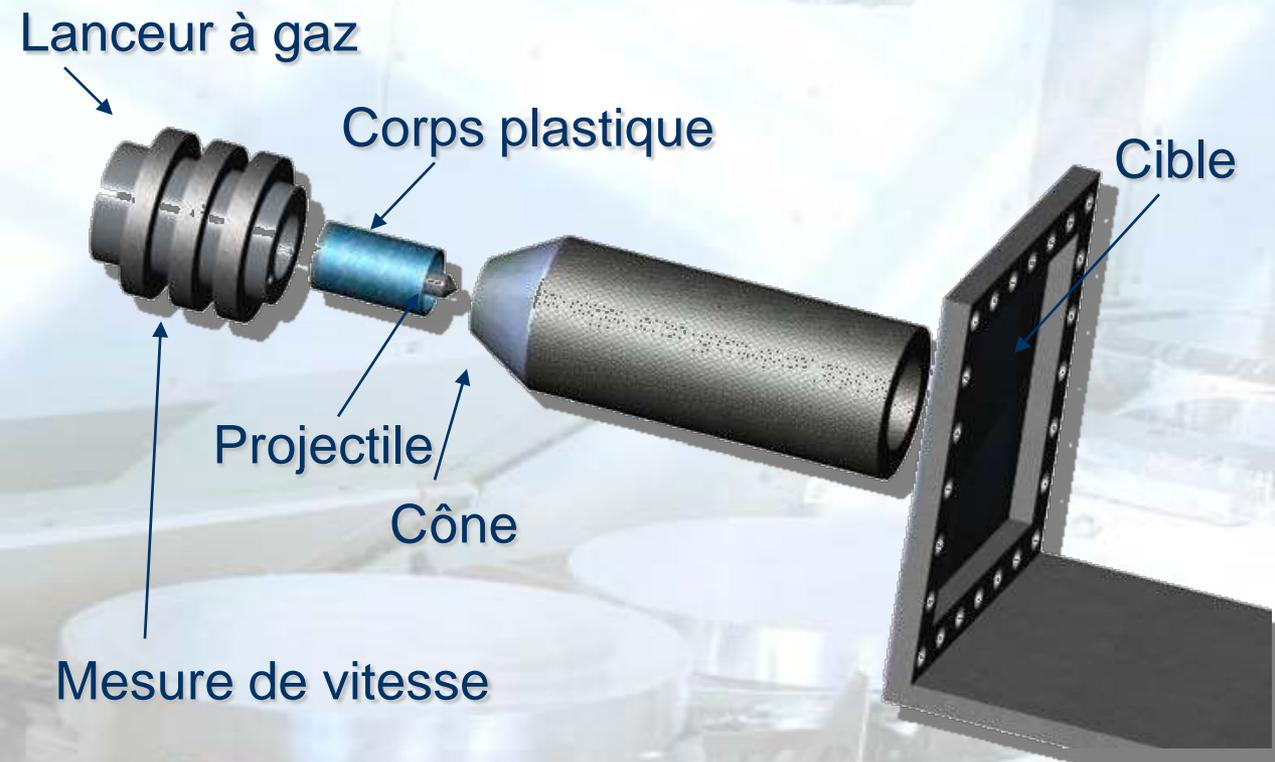
Une plaquette de **0.015Kg** éjectée à **40.000 tr/min** aura une vitesse de **84m/s** soit une énergie de **53Nm** équivalente à une balle de pistolet.



**Blindage des carters**

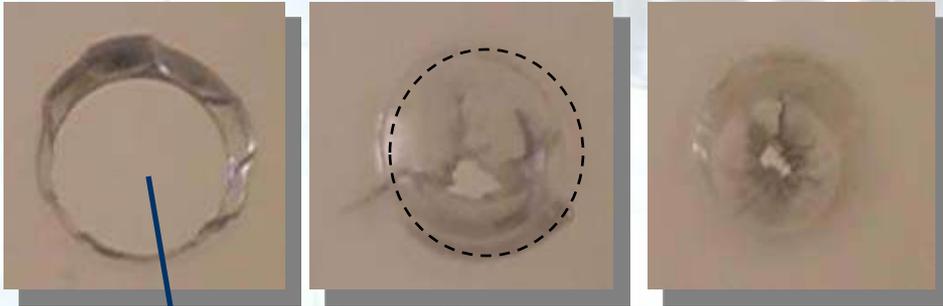
# La sécurité

Une norme : **NF EN 12417** (novembre 2001)  
Machines outils Sécurité Centres d'usinage



Projectiles acier

# La sécurité



Exemples de résultats expérimentaux obtenus avec une vitesse de  $200 \text{ m.s}^{-1}$ , et une forme de projectile **plate**, **conique** et **sphérique**, respectivement.



Formation d'un bouchon



Les polycarbonates sont très sensibles aux micro rayures.

# LES OUTILS

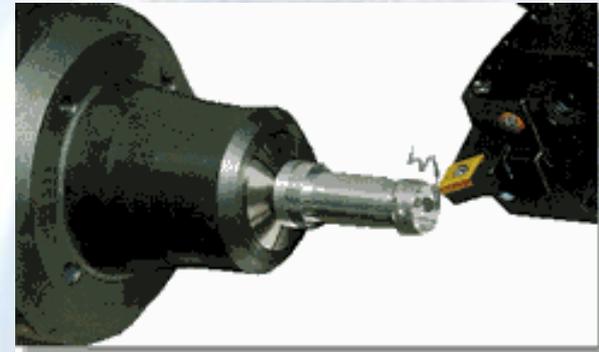
**PERCAGE**



**FRAISAGE**



**TOURNAGE**



# LES OUTILS

*Les outils sont sollicités de façons **extrêmes** en UGV:*

- Thermiquement → jusqu'à 1000C° localement
- Mécaniquement → efforts, moments et frottement
- Chocs et fatigue → vibrations
- Force centrifuge → vitesses de rotation importantes

*Leurs évolutions ont du faire face à ces nouvelles contraintes:*

# LES OUTILS

Leurs matériaux sont de différents types:

## ❑ Les carbures revêtus



Revêtements: TIN, TICN, TIALN...

Méthodes: CVD / PVD

## ❑ Les cermets (céramique métallique)



Vitesses de coupe élevées et températures élevées

Supporte mal les chocs

## ❑ Les céramiques



Aciers très durs et alliages à base de Nickel

## ❑ Les polycristallins : PCBN/PCD



Haute résistance à l'abrasion.

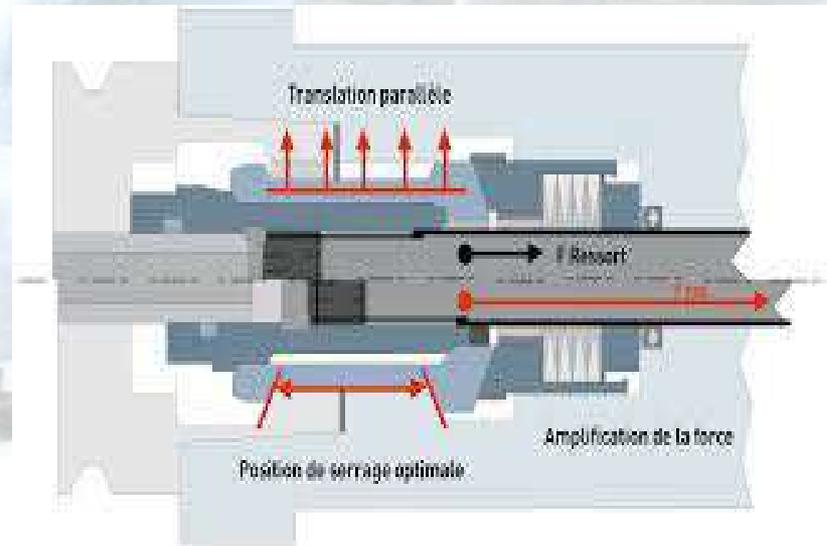
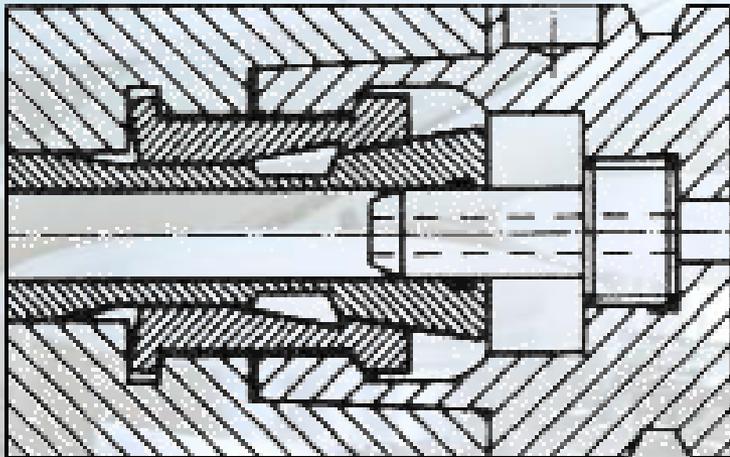
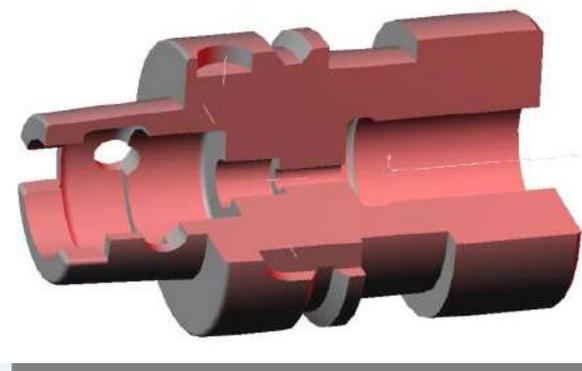
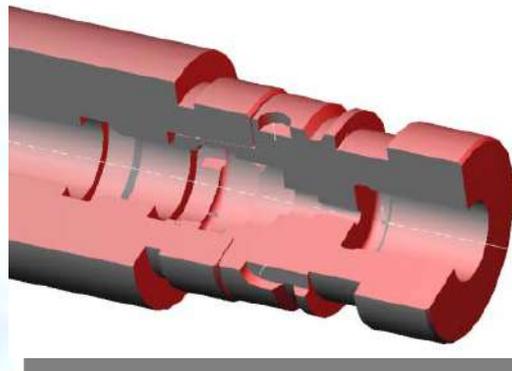
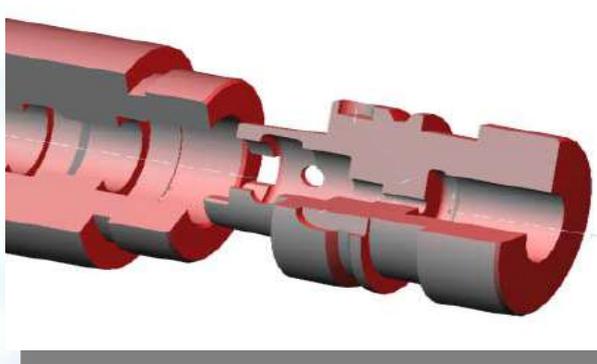
# Les matériaux de coupe

Usinage des matériaux ferreux	Usinage des matériaux non ferreux
CBN	PCD
CERMET	
CERAMIQUE	

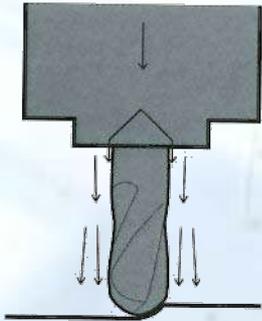
- **TiN**: coupe des aciers
- **TiCN**: coupe des aciers pré-traités, coupe de fonte, aluminium, matières abrasives
- **TiAlN**: Usinage Grande Vitesse
- **TiCN/Mo** : Coupe de matières collantes, superalliages

# LE PORTE OUTIL

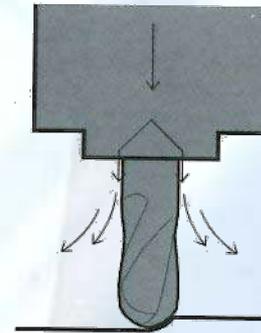
## ATTACHEMENT D'OUTIL **HSK** (Hohl Shaft Kegel)



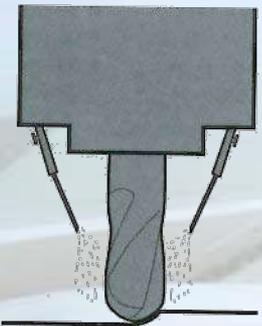
# LES LUBRIFICATIONS



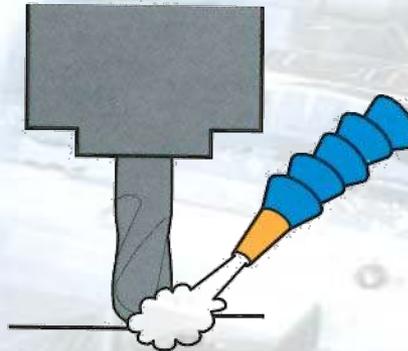
Lubrification  
par jet d'air  
comprimé



Lubrification haute  
pression d'un  
réfrigérant



Lubrification  
par micro  
pulvérisation  
d'un mélange  
air-huile



Lubrification  
traditionnelle par  
réfrigérant

# UGV : Tournage



## TOURNAGE GRANDE VITESSE/ RAMO RTN30

- ✓ Capacité mandrin : 320 mm
- ✓ Avance maxi : 3 m/min
- ✓ Courses X,Y : 700 / 260 mm
- ✓ Vitesse de rotation max : 3800 Tr/mn
- ✓ Puissance maxi : S1 :28kW, S6 :50kW
- ✓ Vitesse de coupe : 60 m/s
- ✓ Table de mesure des efforts 3 composantes

# UGV : MESURE DES EFFORTS DE COUPE

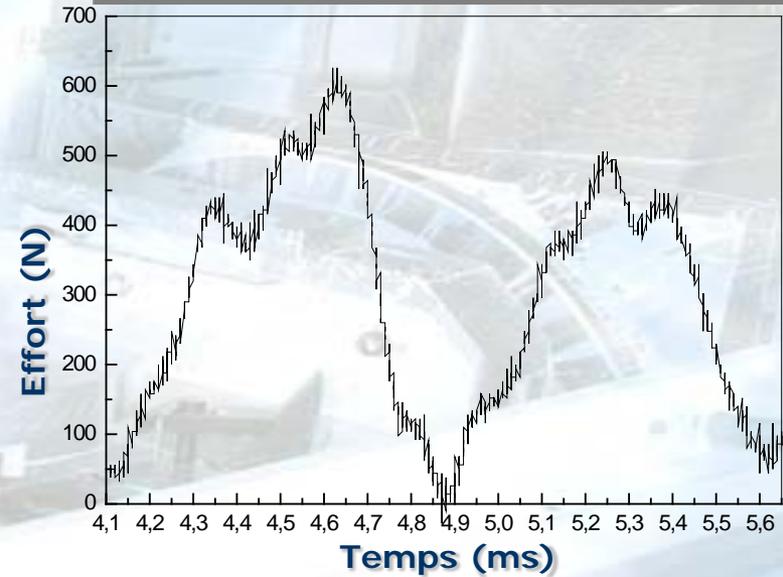
**PLATINE KISTLER**



**UGV :  
TOURNAGE**



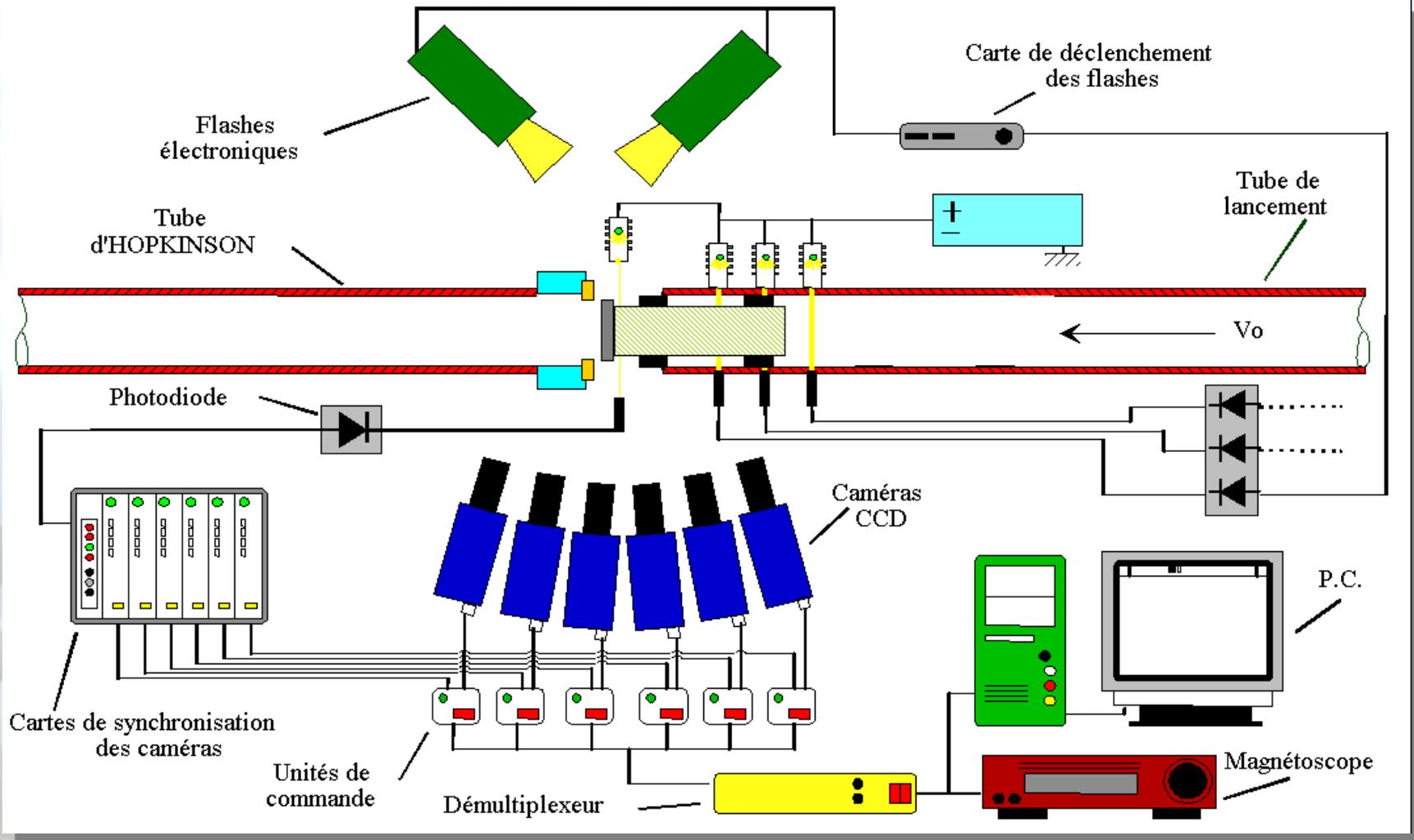
**UGV :  
FRAISAGE**



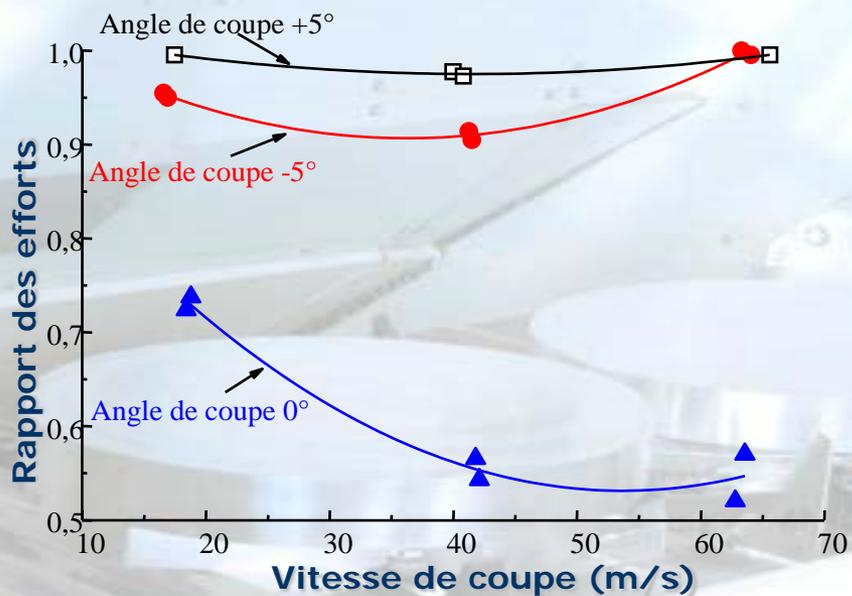
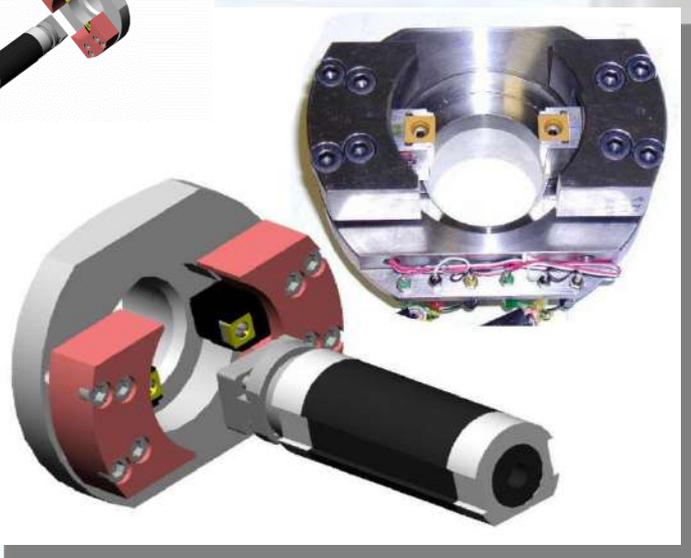
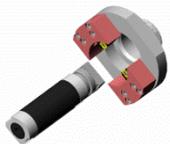
**PLATINE KISTLER**

# L'USINAGE A TRES GRANDE VITESSE

Vitesse de coupe : jusqu'à 7200 m/min (120 m/s)



# L'USINAGE A TRES GRANDE VITESSE



## CONCLUSION - PERSPECTIVES

*Le processus d'usinage à grande vitesse et si complexe qu'il est amené à évoluer d'avantage. Les études sur l'usinage se multiplient afin de pouvoir proposer un jour un logiciel prédictif des conditions de coupe.*