

STP02-SIND

SCIENCES INDUSTRIELLES

Machine Outil à Commande Numérique

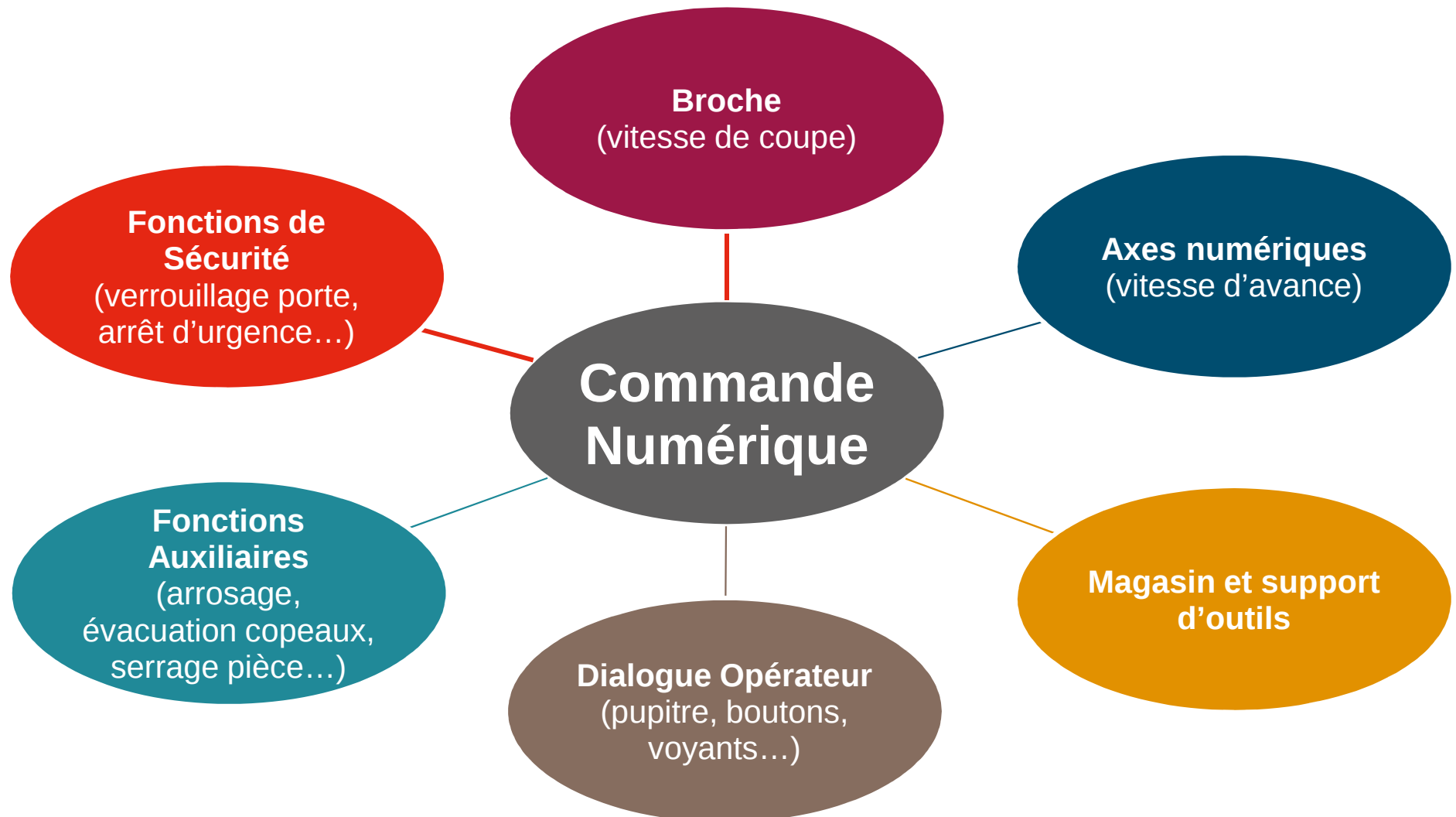
- 1 – Principe et structure**
- 2 – Modélisation vectorielle**
- 3 – Programme CN**
- 4 – Dispersions, corrections et réglages**
- 5 – Procédure de mise en œuvre**

MACHINE OUTIL À COMMANDE NUMÉRIQUE

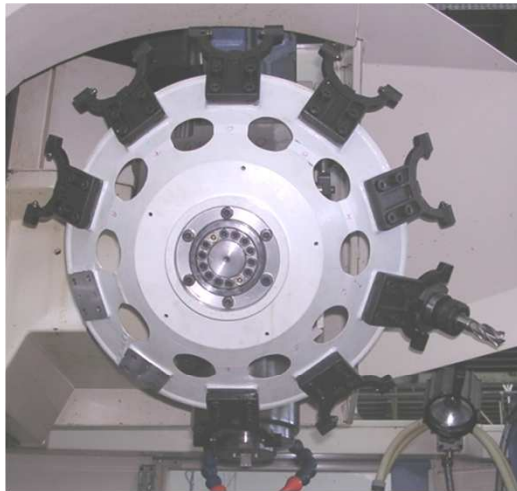
1 – Principe et structure

PRINCIPE

La commande pilote un système physique.



FRAISEUSE CN 3 AXES



Magasin outils
+ Changeur

Table
(porte-pièce)



Broche
(porte-outil)



Pupitre

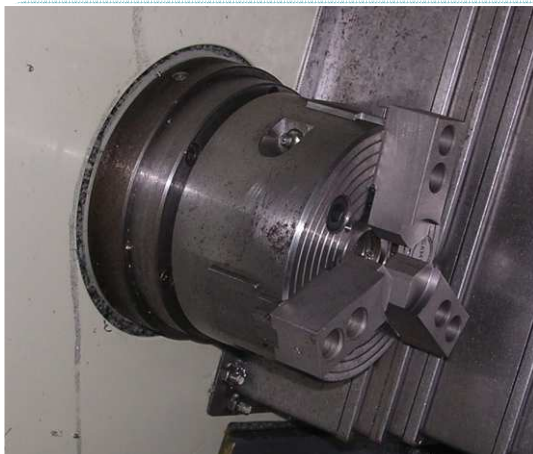


TOUR 2 AXES

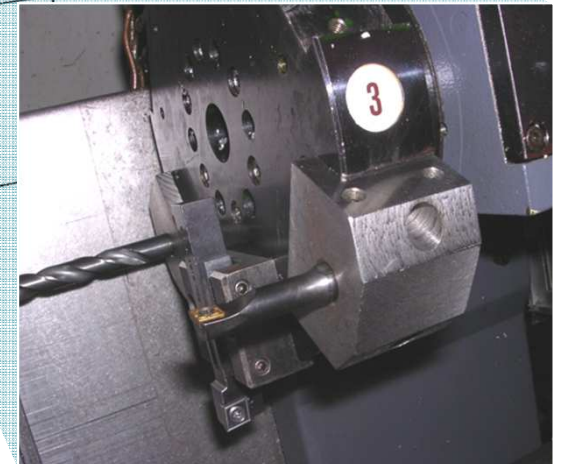
Pupitre



Mandrin
(Porte-pièce)



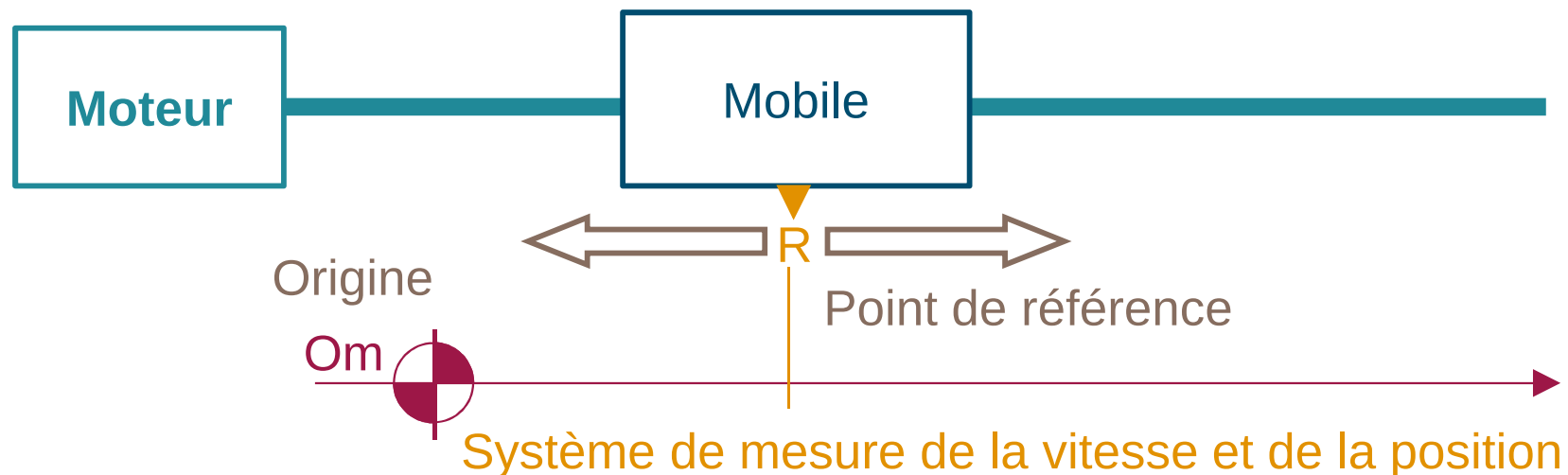
Tourelle porte-outils
(magasin et porte-outils)

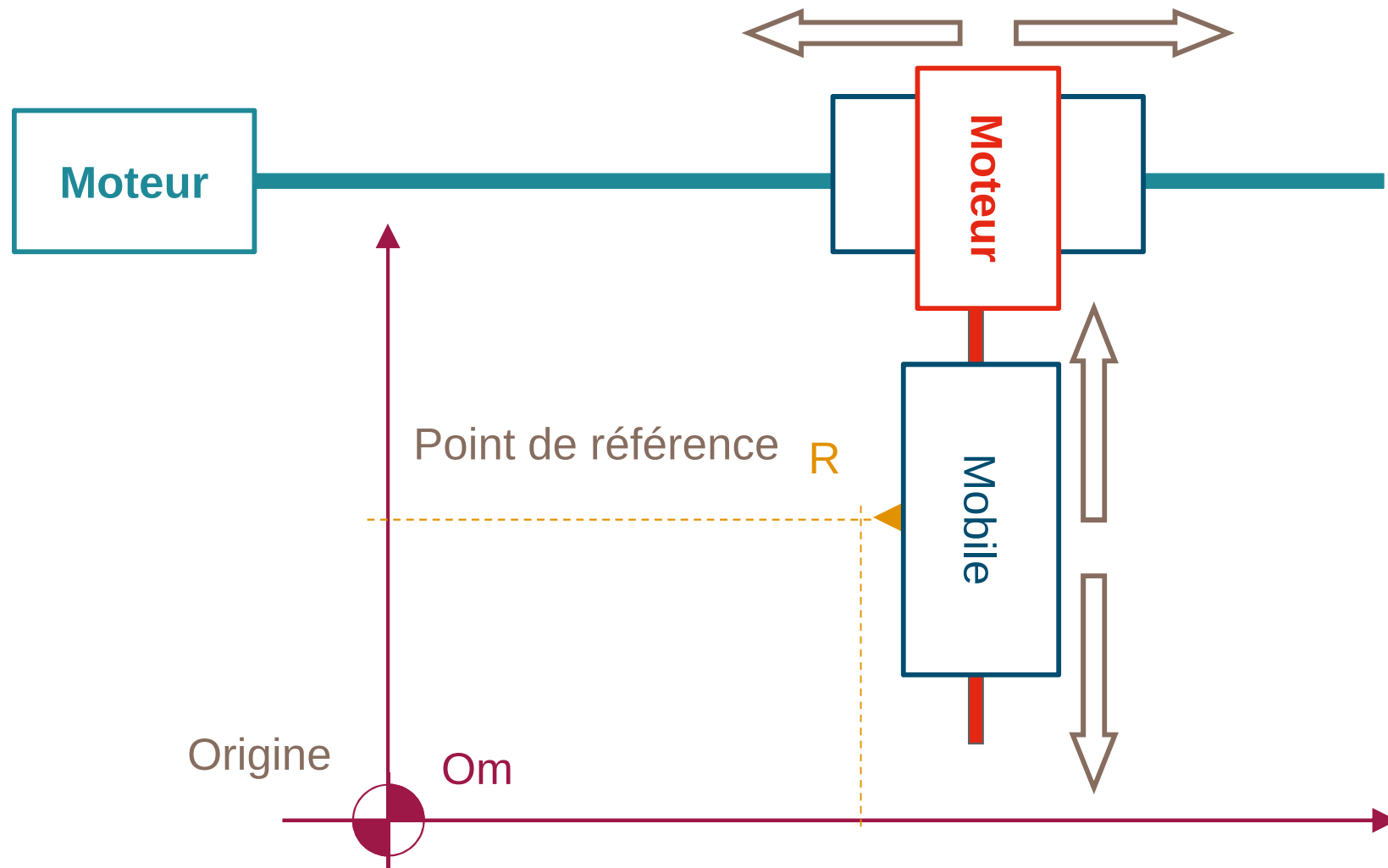


AXES NUMÉRIQUES

Les axes numériques sont les composants qui assurent les mouvement d'avance. Pour chaque linéaire axe :

- un moteur et un système vis-écrou permet le déplacement de mobiles qui assurent le positionnement relatif de l'outil par rapport à la pièce ;
- un système de mesure permet de connaître la vitesse et la position de chaque mobile (un point de référence R par rapport à une origine O_m).



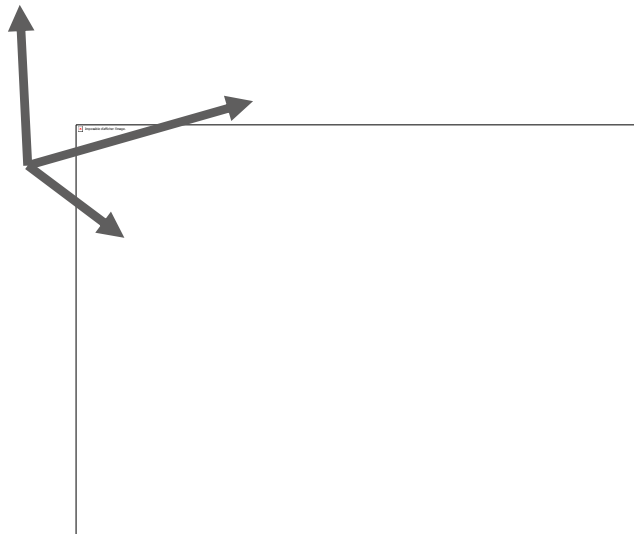


Les axes de la machine sont montés en série et définissent un système de coordonnées pour le point de référence R.
L'origine machine est nommée : Om.

DÉFINITION D'UN REPÈRE

Le but est de définir des directions principales dans un repère commun à tous les types de machines.

Le référentiel pièce est le trièdre de référence associé à la pièce, mesurant les déplacements des outils.



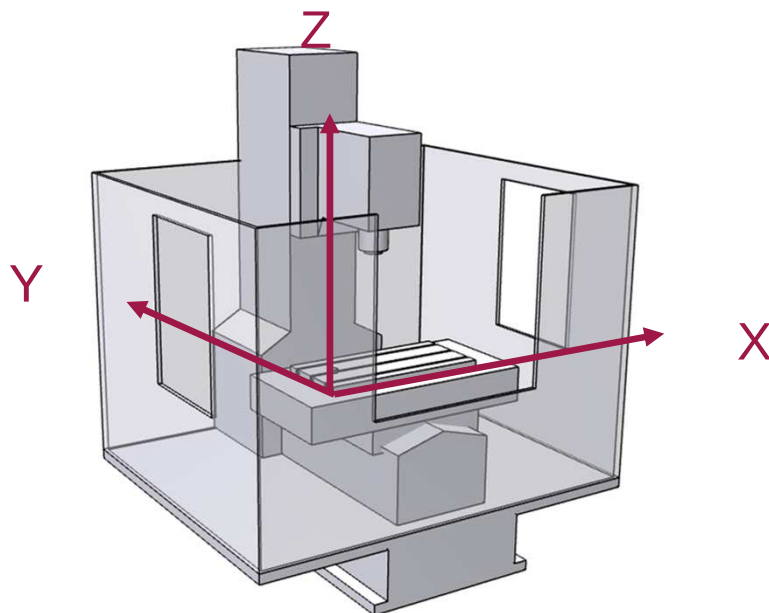
MISE EN PLACE D'UN REPÈRE

L'axe $\vec{Z}$ est l'axe de la broche, qui transmet le mouvement de coupe.

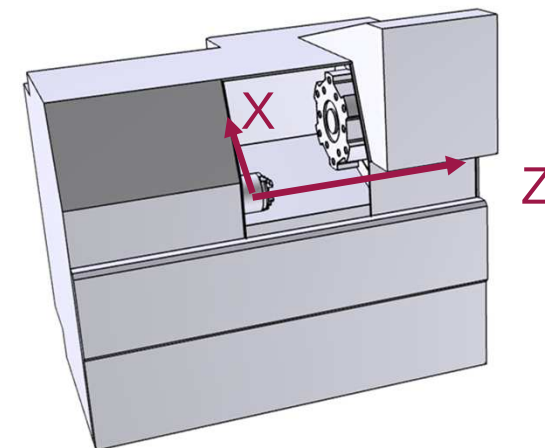
L'axe $\vec{X}$ est défini, après l'axe $\vec{Z}$, et a la même direction que celle du **grand déplacement** de la machine.

L'axe $\vec{Y}$, s'il existe, forme avec les axes $\vec{X}$ et $\vec{Z}$ un trièdre de sens direct.

Un **déplacement positif** suivant un axe provoque l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce.

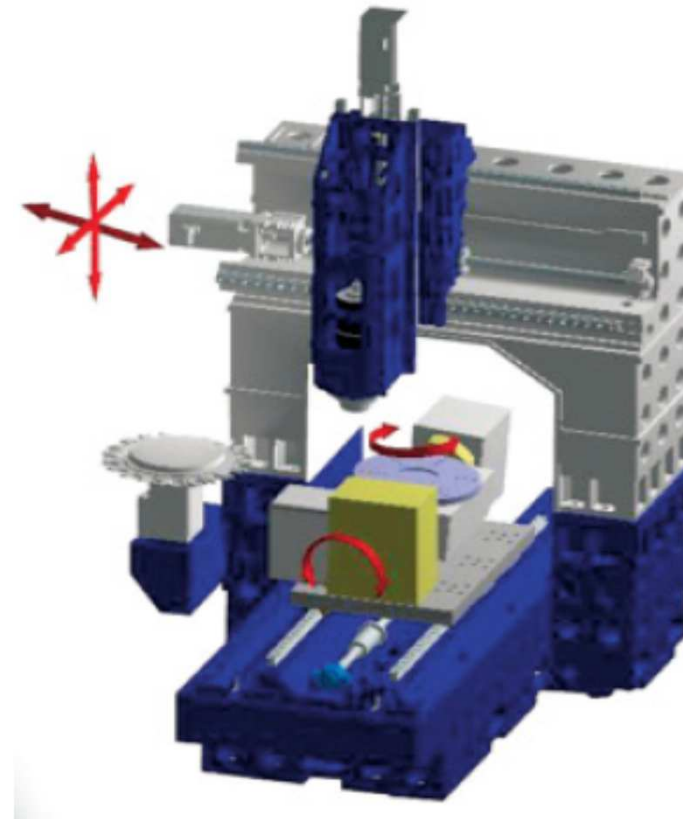
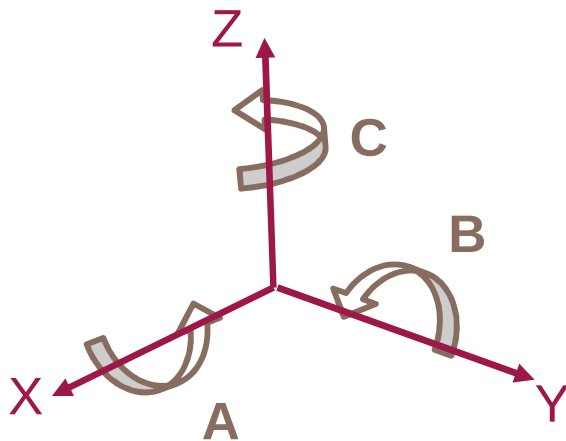


Fraisage : 3 axes X, Y et Z



Tournage : 2 axes X et Z

Certaines machines possèdent des cinématiques plus complexes qui permettent des rotations de l'outil par rapport à la pièce. Elles sont notées **A, B et C** respectivement autour des axes **X, Y et Z**.

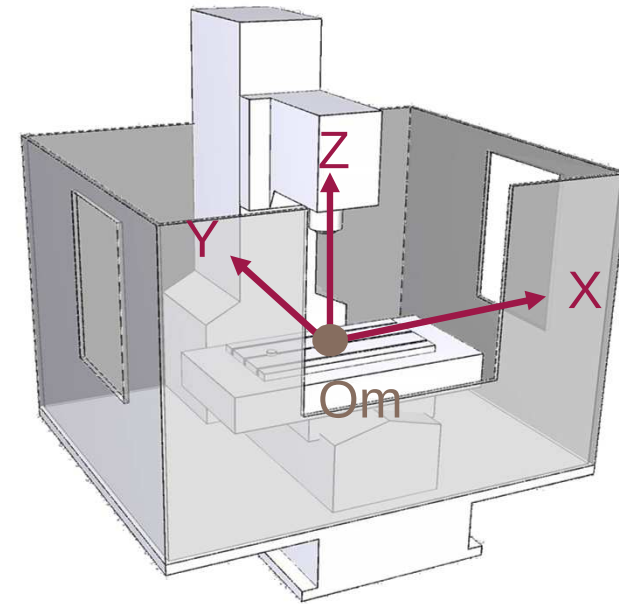
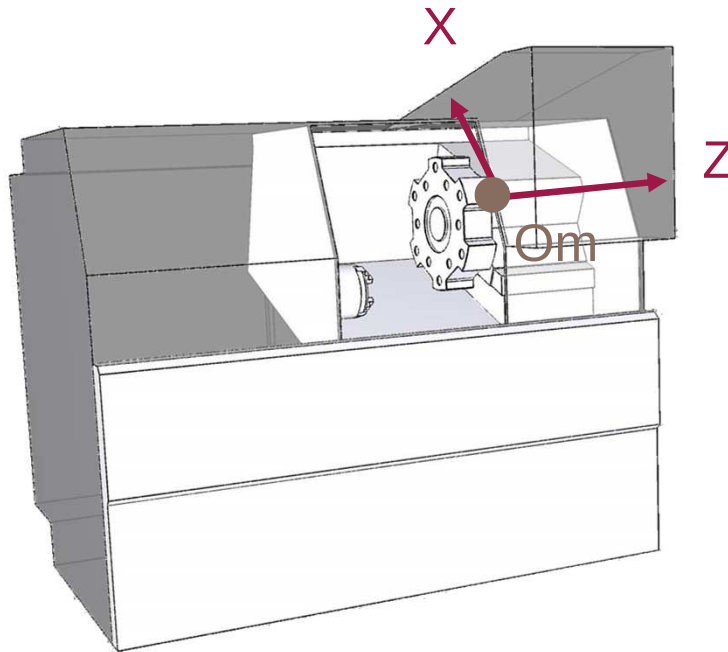


Exemple de structure
5 axes

Exemple de réalisation 5 axes



MACHINES DE L'INSA



- Tour 2 axes : déplacements de la tourelle suivant les axes X et Z ;
- Fraiseuse 3 axes : déplacements de la broche suivant l'axe Z et de la table suivants les axes X et Y.

Remarque : l'outil se déplace dans un repère relatif associé à la pièce.

MACHINE OUTIL À COMMANDE NUMÉRIQUE

2 – Modélisation vectorielle

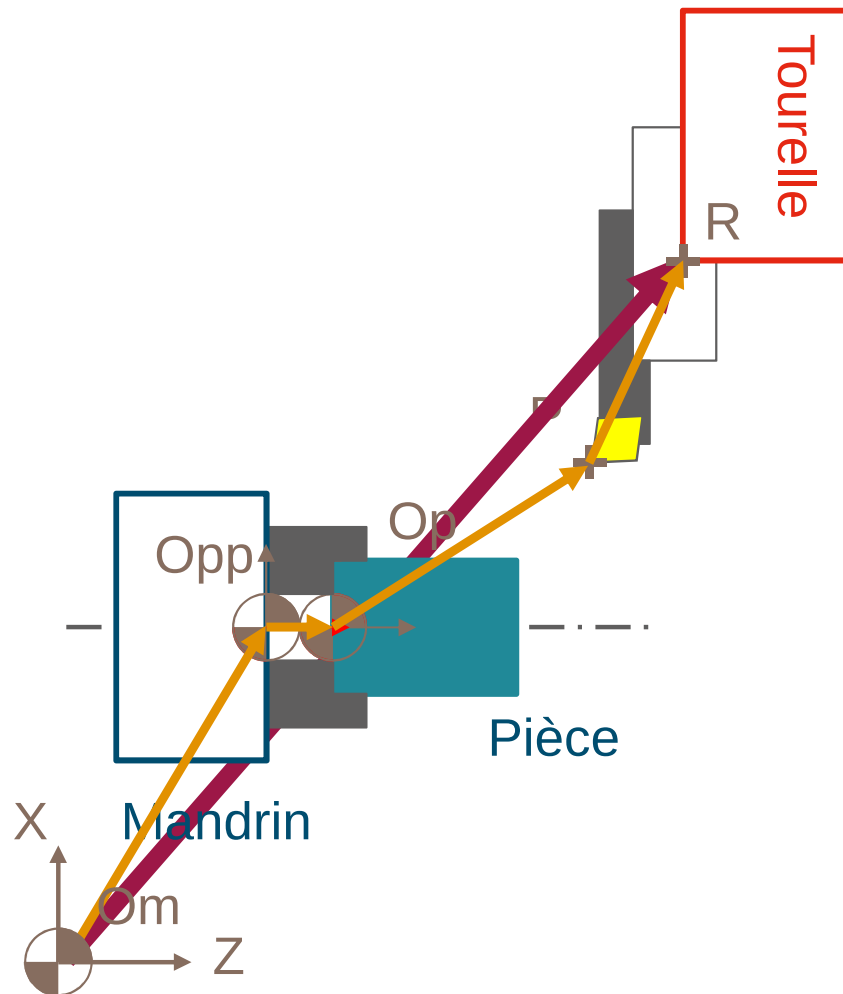
MODÉLISATION VECTORIELLE

L'utilisation d'un repère unique associé à la machine n'est pas suffisant.
Il est nécessaire de définir des points, des repères et des grandeurs géométriques caractéristiques :

- de la machine ;
- des montages ;
- des outils.

 **Modélisation vectorielle**

ILLUSTRATION EN TOURNAGE



Définitions des points caractéristiques :

- Om : origine machine ;
- R : point de référence ;
- Opp : origine porte pièce ;
- Op : origine programme ;
- P : extrémité de l'outil.

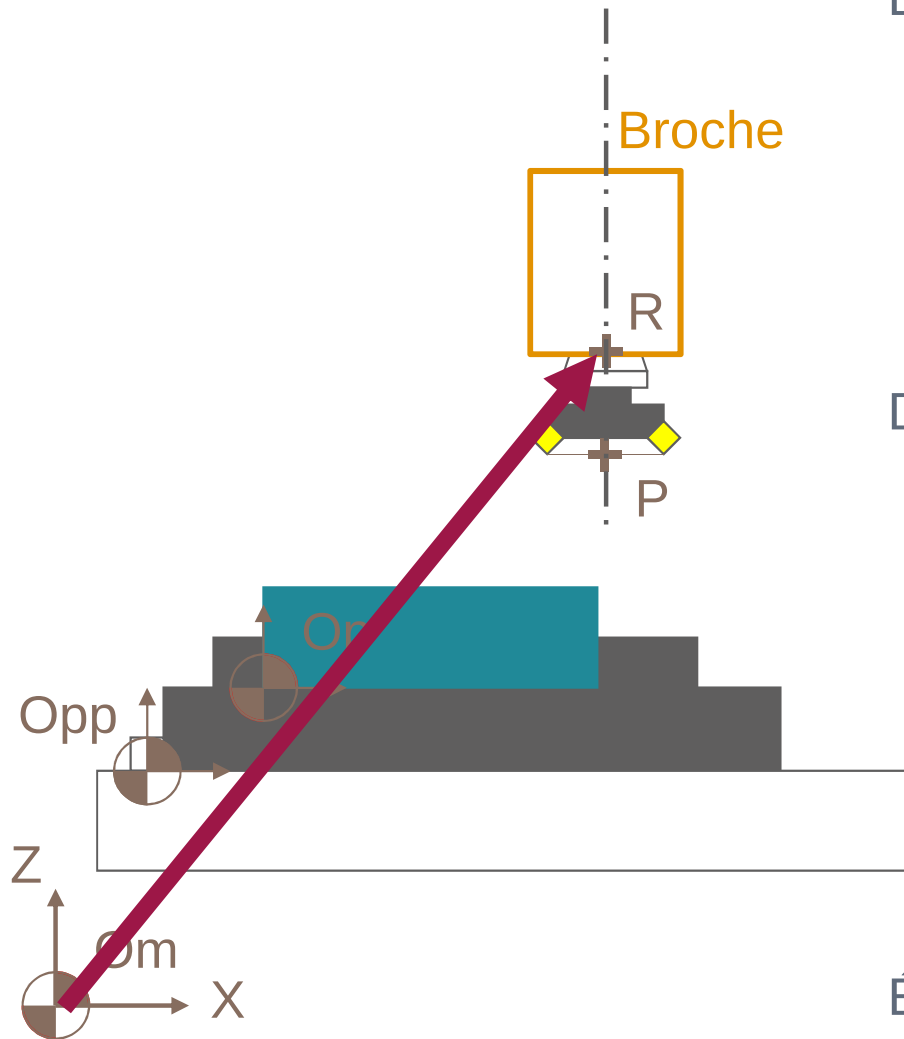
Définitions des vecteurs caractéristiques :

- $\overrightarrow{OmR}$: trajectoire du point de référence déplacement des mobiles/origine machine ;
- $\overrightarrow{OmOpp}$: position du porte pièce/machine ;
- $\overrightarrow{OppOp}$: position de l'origine programme/porte pièce ;
- $\overrightarrow{OpP}$: trajectoire programmée ;
- $\overrightarrow{PR}$: Jauges outils.

Équation vectorielle :

$$\overrightarrow{OmR} = \overrightarrow{OmOpp} + \overrightarrow{OppOp} + \overrightarrow{OpP} + \overrightarrow{PR}$$

ILLUSTRATION EN FRAISAGE



Définitions des points caractéristiques :

- Om : origine machine ;
- R : point de référence ;
- Opp : origine porte pièce ;
- Op : origine programme ;
- P : extrémité de l'outil.

Définitions des vecteurs caractéristiques :

- $\overrightarrow{OmR}$: trajectoire du point de référence déplacement des mobiles/origine machine ;
- $\overrightarrow{OmOpp}$: position du porte pièce/machine ;
- $\overrightarrow{OppOp}$: position de l'origine programme/porte pièce ;
- $\overrightarrow{OpP}$: trajectoire programmée ;
- $\overrightarrow{PR}$: Jauges outils.

Équation vectorielle :

$$\overrightarrow{OmR} = \overrightarrow{OmOpp} + \overrightarrow{OppOp} + \overrightarrow{OpP} + \overrightarrow{PR}$$

VECTEUR $\overrightarrow{\text{OppOp}}$ (ORIGINE PROGRAMME)

En tournage :

- généralement vecteur de 2 coordonnées X et Z avec $X = 0$ (l'origine reste sur l'axe de la broche) ;
- décalage noté DEC Z.

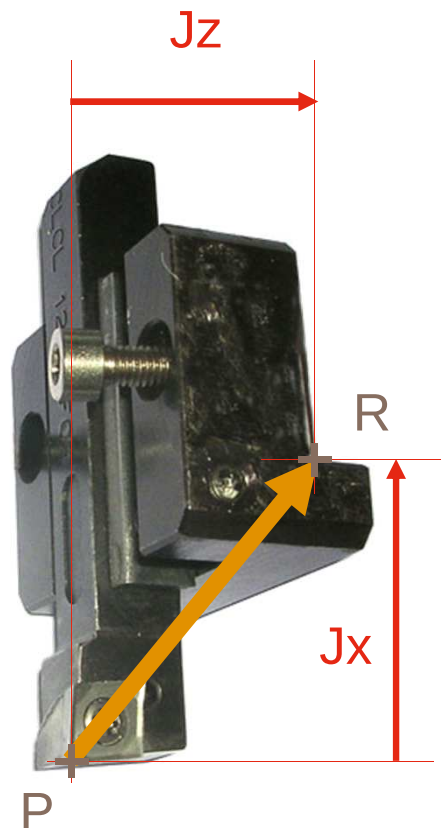
En fraisage :

- généralement vecteur de 3 coordonnées X, Y et Z ;
- décalage noté DEC X sur l'axe X, DEC Y sur l'axe Y, DEC Z sur l'axe Z.

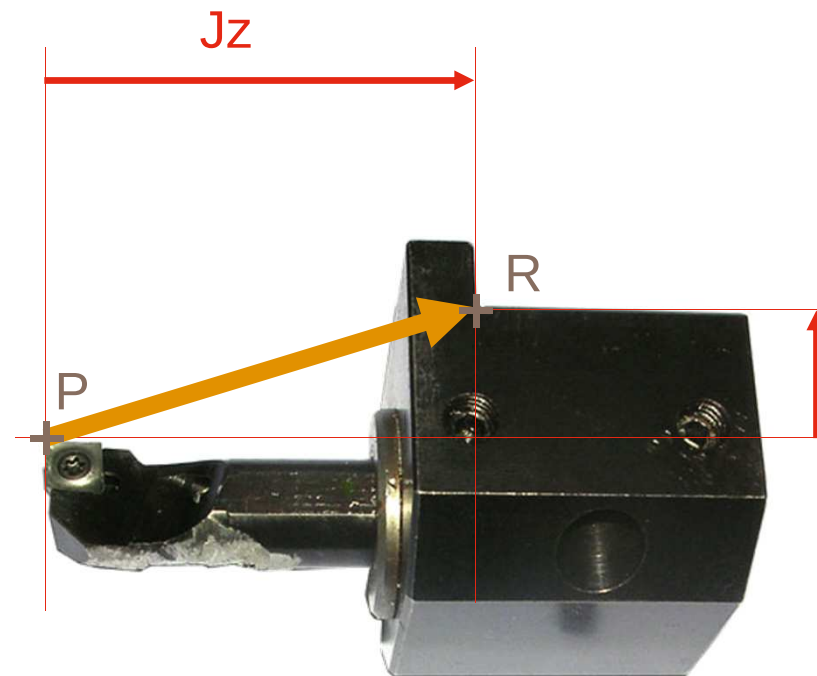
VECTEUR $\overrightarrow{PR}$ (JAUGE OUTIL)

En tournage 2 projections :

- suivant X : J_x ;
- suivant Z : J_z .



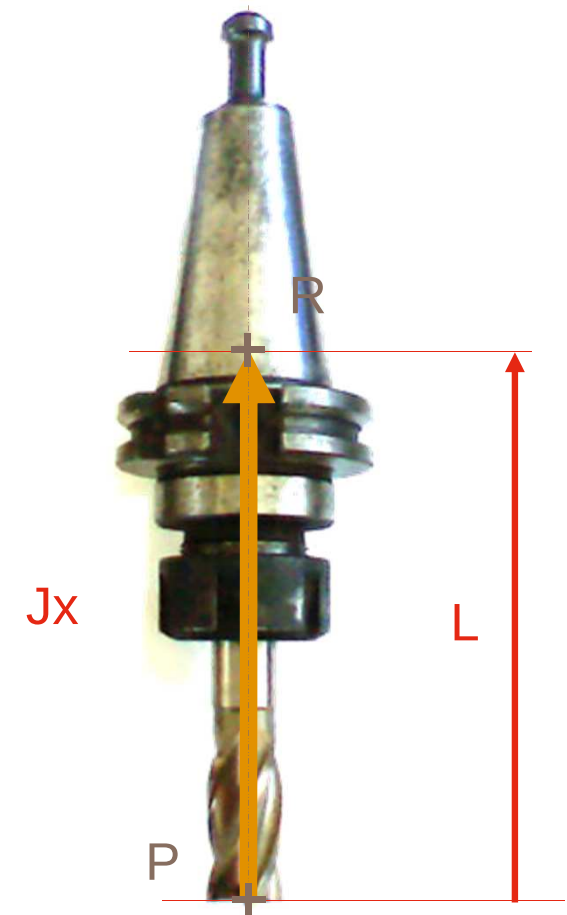
Outil de tournage
extérieur



Outil de tournage
intérieur

En fraisage une projection :

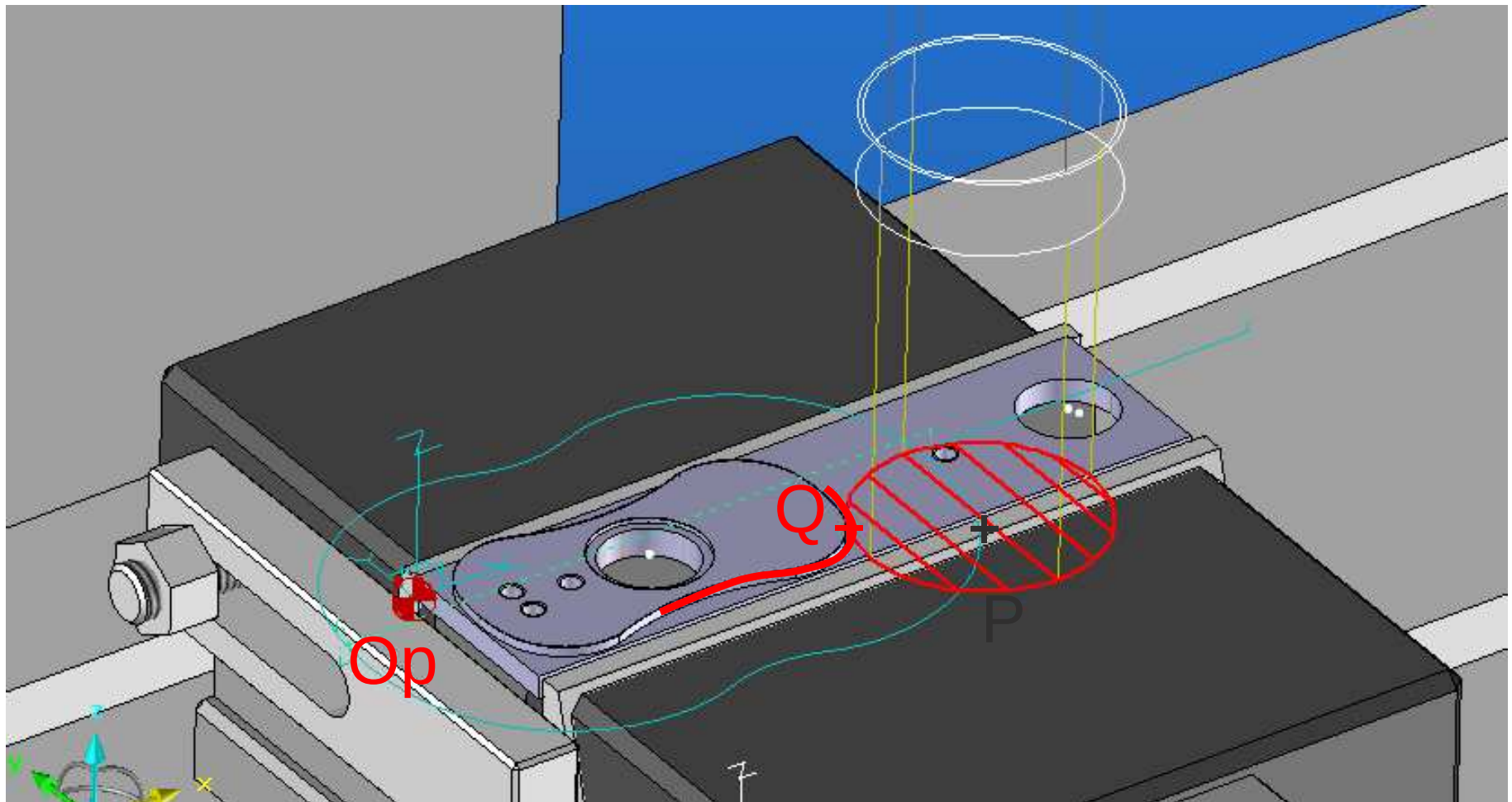
- suivant Z : L.



Outil de fraisage

TRAJECTOIRE PROGRAMMEE : VECTEUR $\overrightarrow{OpP}$ ou $\overrightarrow{OpQ}$

Ici la trajectoire programmée bleu (trajet du point P extrémité de l'outil) est différente du profil rouge géométrie de la pièce(trajet du point Q contact outil pièce)



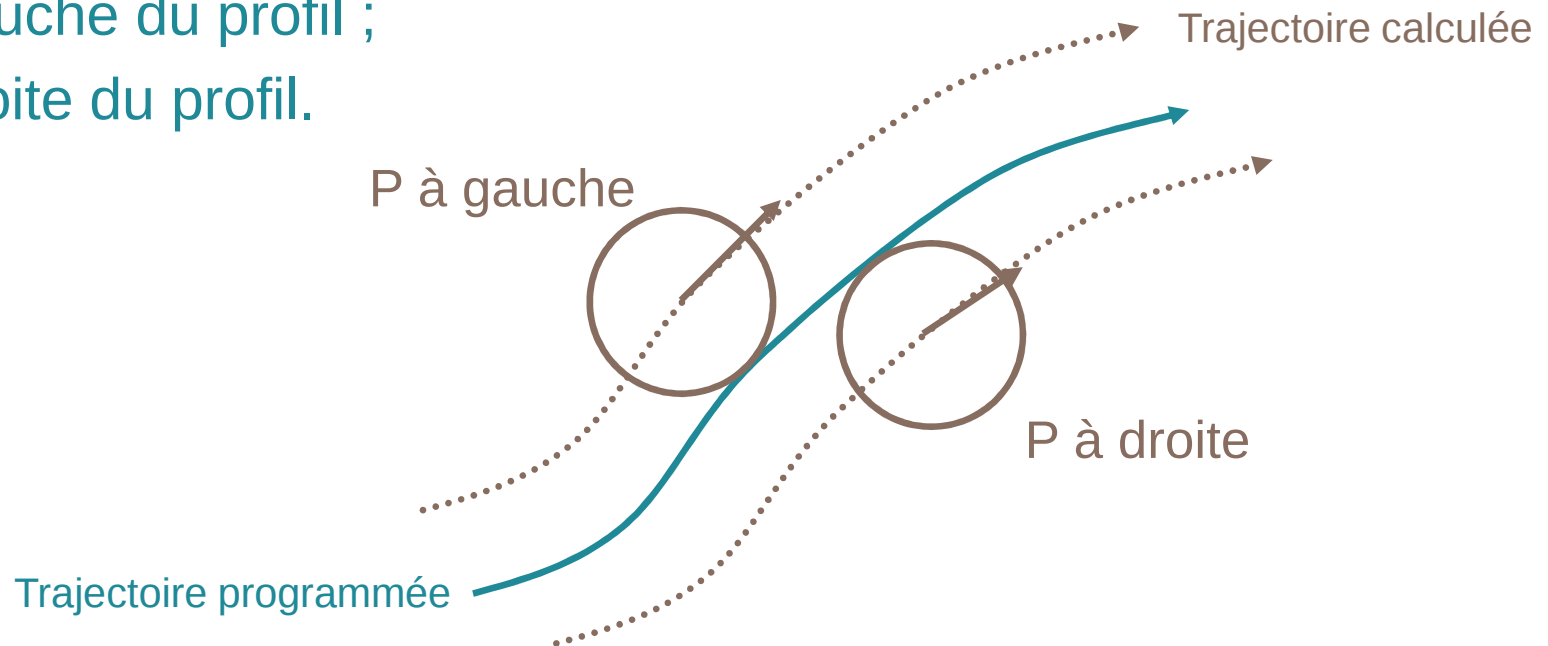
VECTEUR $\overrightarrow{OpP}$ et CRONP

Le trajet du point P peut être programmé : c'est le programmeur qui décale de la valeur du rayon d'outil.

Le profil réel de la pièce peut être programmé : c'est la machine qui calcule le décalage mais elle doit connaître le rayon de l'outil pour calculer la trajectoire du point P

C'est la Correction Rayon Outil Normale au Profil (CRONP) :

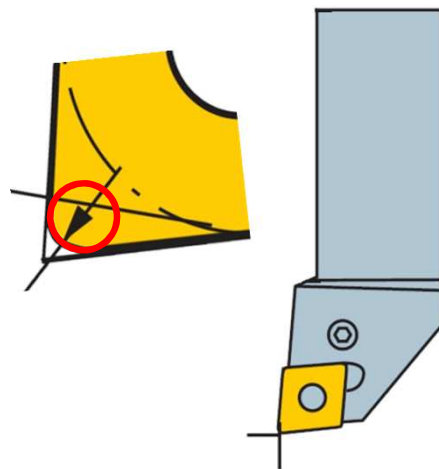
- à gauche du profil ;
- à droite du profil.



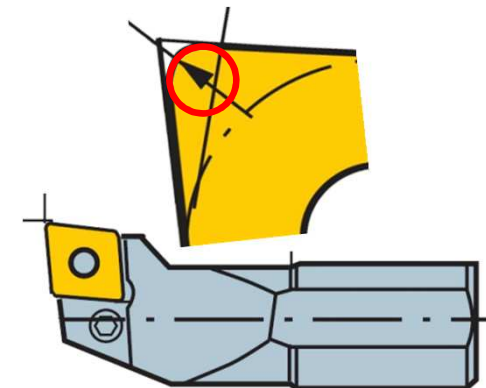
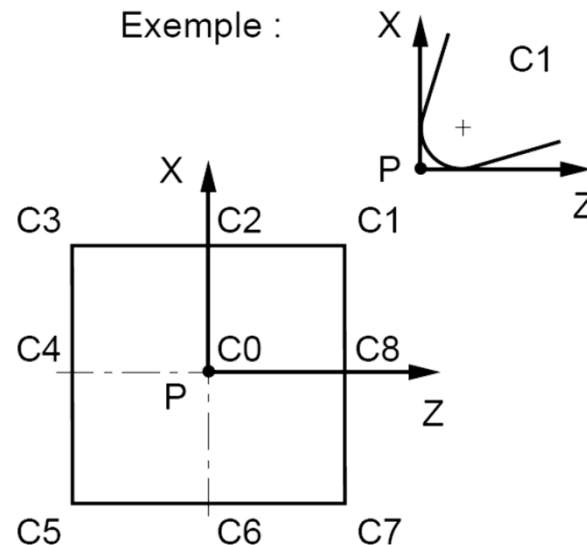
COMPLÉMENT SUR LES JAUGES OUTILS

Les jauges des outils sont complétées avec la valeur du rayon de l'outil.
Mais en tournage ceci n'est pas suffisant pour positionner le rayon. Il faut situer la position du centre C du rayon de l'outil par rapport au point P (outil intérieur ou extérieur par exemple).

Le paramètre Ci donne cette configuration outil en tournage.



Outil de tournage
extérieur C1



Outil de tournage
intérieur C7

CONCLUSION SUR LES JAUGES OUTILS

Les jauges outils sont également appelées correcteurs outils.

Les paramètres de jauges sont :

- En tournage :
 - X et Z ;
 - rayon de plaquette $R\epsilon$;
 - Ci avec i de 0 à 8.
- En fraisage :
 - L ;
 - Rayon de l'outil.

CONCLUSION SUR LA MODÉLISATION VECTORIELLE

Une commande numérique nécessite donc un certain nombre de données pour fonctionner :

- les jauges outils ;
- la position de l'origine programme ;
- le programme d'usinage ;
- programmé en point P (sans CRONP) ;
- programmé en point Q (avec CRONP).



MACHINE OUTIL À COMMANDE NUMÉRIQUE

3 – Programme CN

LANGAGE DE PROGRAMMATION CN

Un programme CN est une liste d'instructions et de données à transmettre au système de commande ; elles se nomment blocs.

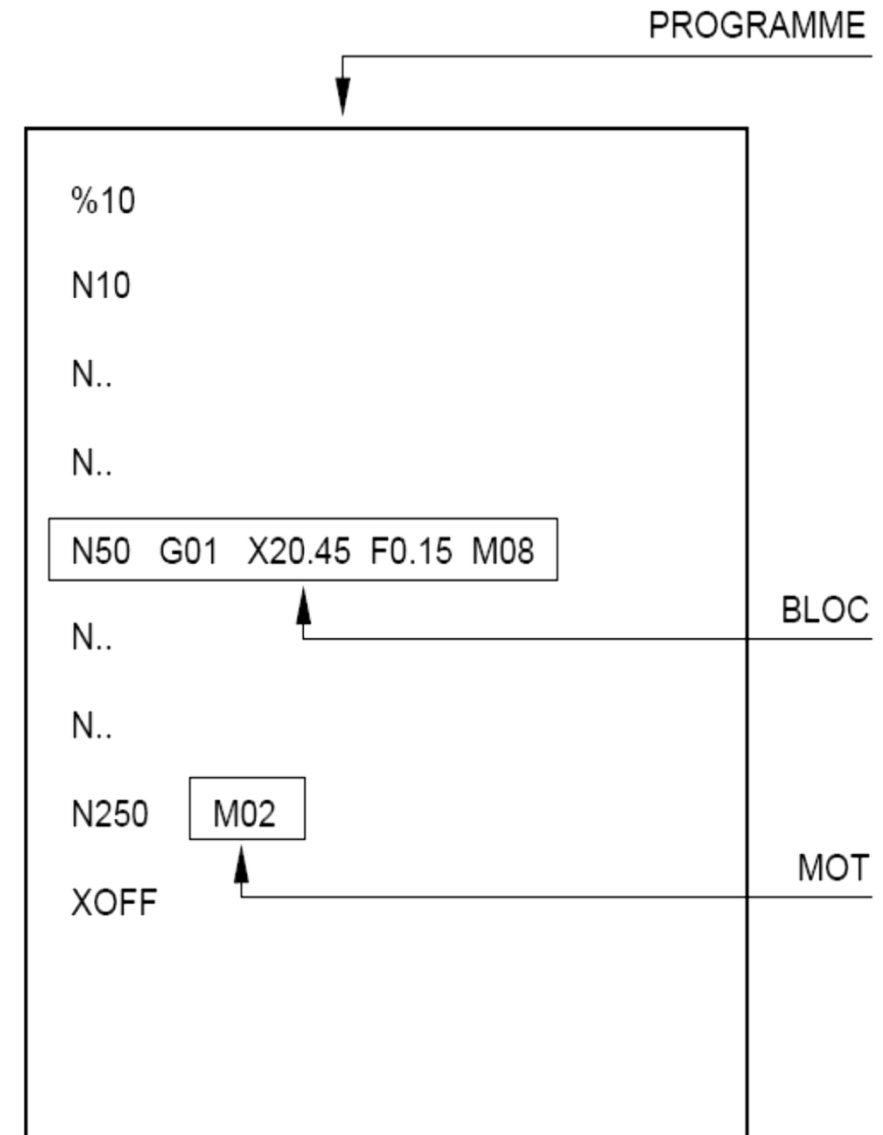
La création d'un programme composé de blocs et de mots est soumise à des **règles de structure, de syntaxe ou de format**.

La programmation est réalisée suivant des codes spécifiques (constructeurs) ou normalisés ISO (International Organization for Standardization) :

- ISO 6983-1 (NF Z 68-035) ;
- ISO 6983-2 (NF Z 68-036) ;
- ISO 6983-3 (NF Z 68-037).

STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN PROGRAMME CN

- un numéro de programme
%1023 ou O1023 ;
- des lignes ou blocs avec une
numérotation optionnelle
comprenant :
 - des fonctions préparatoires
G.. et auxiliaires M.. (ex :
mise en mouvement) ;
 - des fonctions
technologiques F.. et S.. (ex
: réglage des vitesses), et
autres fonctions T.. D..
(appel d'outil) ;
 - des données de trajectoires
outils X.. Y.. Z.. ;
 - des commentaires (...).



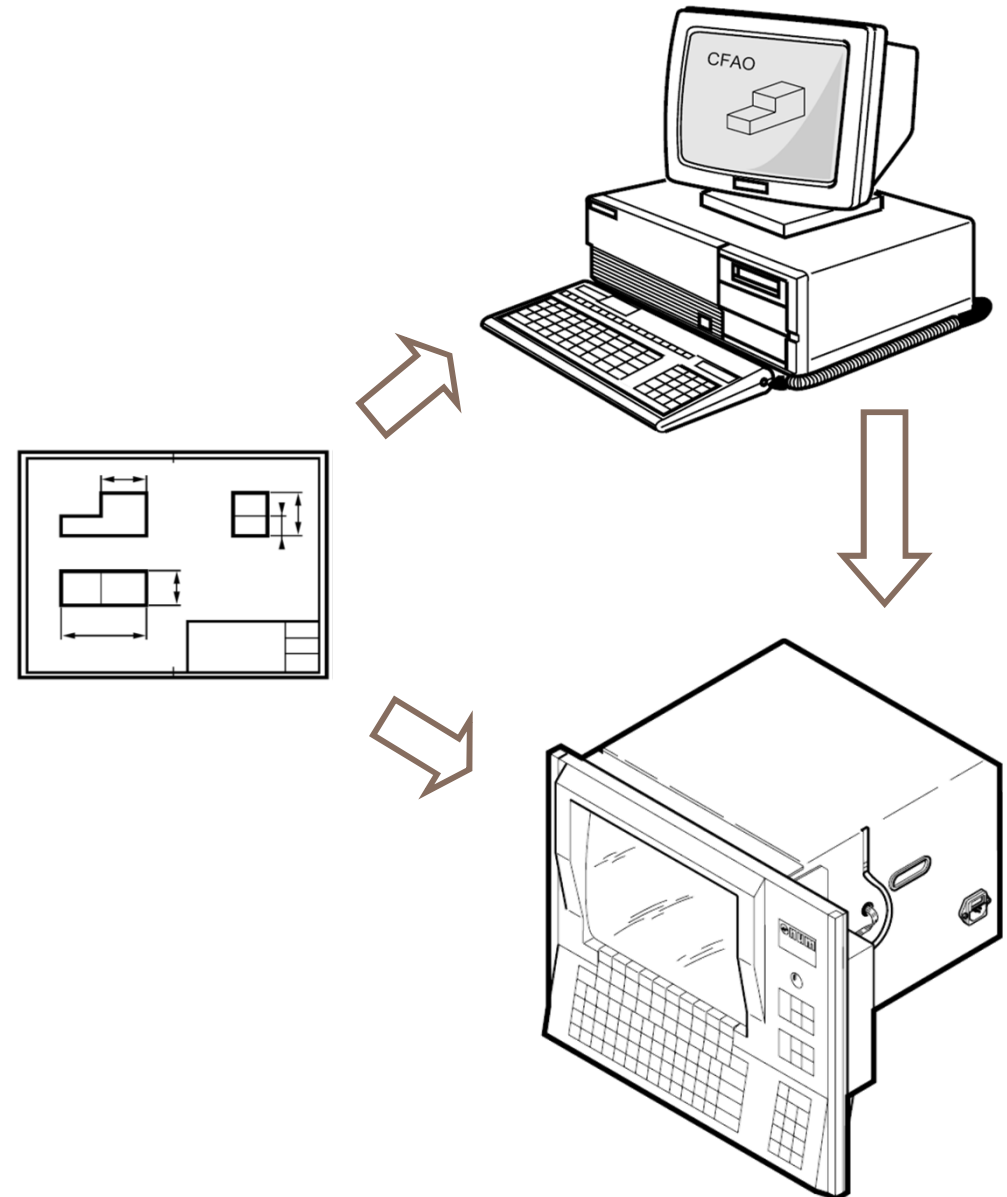
EXEMPLE DE PROGRAMME CN

```
%1061 (AXE_GL-PH10)
(AXE_GL-PH10)
(POST-PRO MISSLER : POUR SOMAB 200)
(LABORATOIRE DE FABRICATION - INSA DE RENNES)
(-----)
N10 G0 G52 G95 X0
N12 G92 S3500
N14 (OUTIL GORGE EXTERIEUR GO_EXTE-L151.23-1616-20-
MACH)
N16 T4 D4 M6
N18 (APPROCHE BUTEE)
N20 G97 S1000 M4 M8
N22 G0 X10 Z20.4
N24 G96 S190
N26 (MSG OPERATEUR)
N28 $ AVANCER BARRE
N30 M0
N32 Z150 M9
N34 X160
N36 (OUTIL TOURNAGE EXTERIEUR TU_EXTE-LX09C2H-VDI)
N38 T1 D1 M6
N40 (DRESSAGE FACE)
N42 G97 S1000 M4 M8
N44 G0 X22 Z20
N46 G96 S150
N48 G1 X-.8 F.15
N50 X0 Z20.4
N52 X2.828 Z21.814
N54 (EBAUCHE)
N56 G0 X16.033 Z22
N58 G1 Z11.3
N60 X16.989
...
...
...
...
N202 (OUTIL GORGE EXTERIEUR GO_EXTE-L151.23-1616-20-
VDI)
N204 T2 D2 M6
N206 G97 S1000 M4 M8
N208 G0 X22 Z-3.5
N210 G96 S100
N212 G1 X14 F.05
N214 X18
N216 X9.8
N218 (FINITION M6)
N220 G0 X21.989 Z.1
N222 G1 G42 X15.989 Z.2
N224 X12.413
N226 G2 X12.013 Z0 R.2
N228 G1 Z-3.1
N230 X11.613 Z-3.3
N232 G40 X19.754 Z-3.371
N234 G0 X22 Z-3.5
N236 G1 X14
N238 X18
N240 X6
N242 X10
N244 X-.2
N246 G0 M9
N248 M5
(DEGAGEMENT X)
N250 G0 G52 X0
N252 M2
```

ÉLABORATION DE PROGRAMME CN

Il existe 2 méthodes :

- Édition directe du code programme :
 - sur un PC ;
 - directement sur le pupitre CN.
- Logiciels spécialisés :
 - sur un PC CFAO ;
 - conversationnel sur le pupitre CN.



PROGRAMMATION CONVERSATIONNELLE

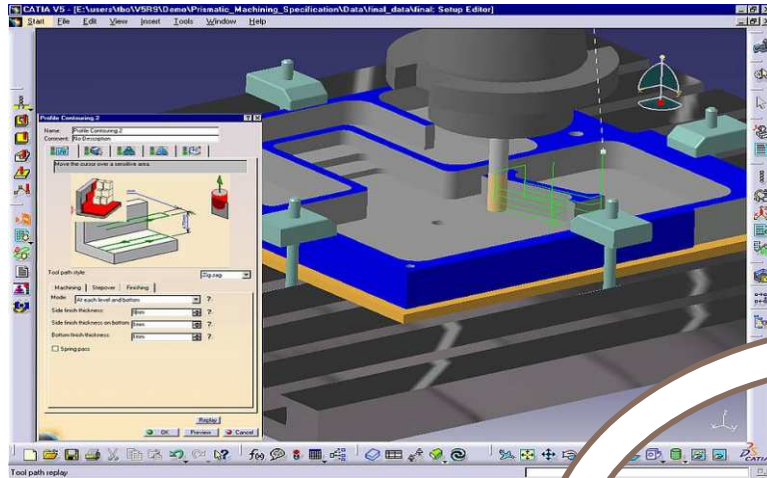
Des menus permettent d'obtenir le programme par assemblage de briques élémentaires :



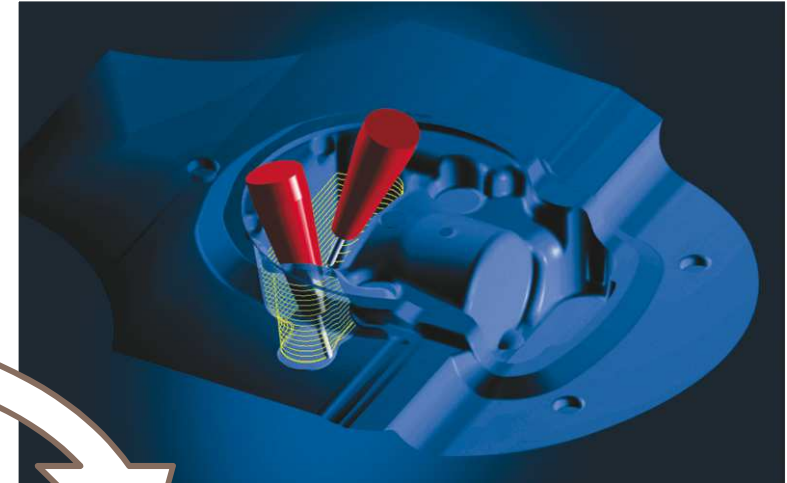
- Avantages : simple et rapide à mettre en œuvre, nécessite peu de compétences ;
- Inconvénients : limité à des usinages simples, pas d'intégration dans la chaîne de conception numérique, pas de lien directe avec la CAO.

PROGRAMMATION CFAO

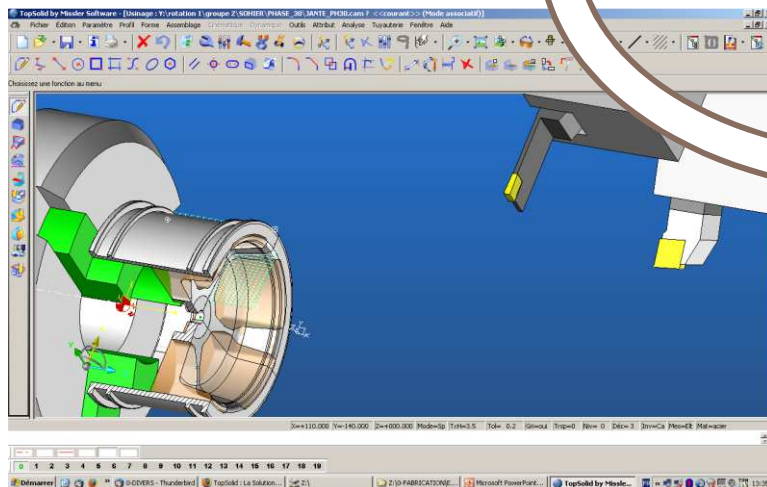
Catia (Dassault System)



HyperMILL (Open Mind)

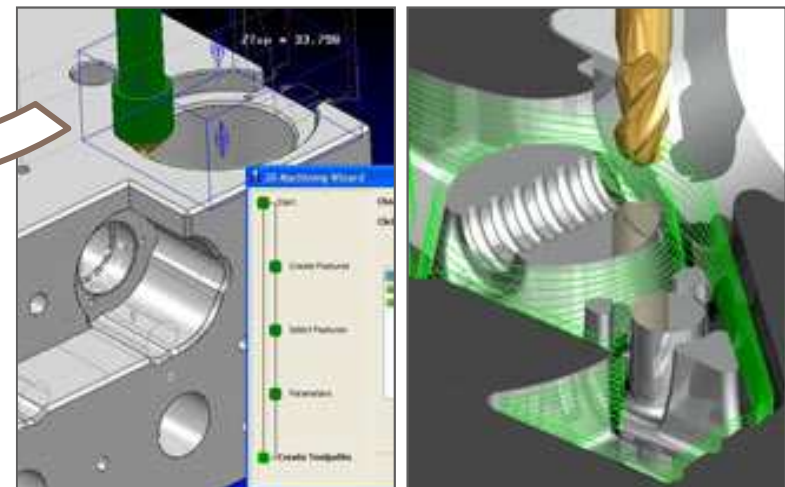


TopCAM (Missler)



Modèle CAO

PowerMILL (Delcam)



- Avantages : Intégration dans la chaîne de conception numérique, lien direct avec la CAO, possibilité d'usinages simples ainsi que d'usinages complexes
- Inconvénients : nécessite des compétences en informatique, complexe à mettre en œuvre (nécessite un modèle CAO).



MACHINE OUTIL À COMMANDE NUMÉRIQUE

4 – Dispersions, corrections et réglage

INCERTITUDE ET DISPERSION

Incertitudes de mesure :

- jauges outils ;
- position origine programme.

Dispersions de mise en position :

- outils sur la machine ;
- montage d'usinage sur la machine ;
- pièce dans le montage d'usinage.

Dispersions d'usinage :

- usure des outils ;
- qualité des axes de la machine.

- ➡ **Probabilité de dimensions fabriquées hors tolérance**
- ➡ **Réglages de la machine après le 1^{er} usinage**

ACTIONS CORRECTIVES

Intervenir sur certaines composantes de la chaîne vectorielle :

$$\overrightarrow{OmR} = \overrightarrow{OmOpp} + \overrightarrow{OppOp} + \overrightarrow{OpP} + \overrightarrow{PR}$$

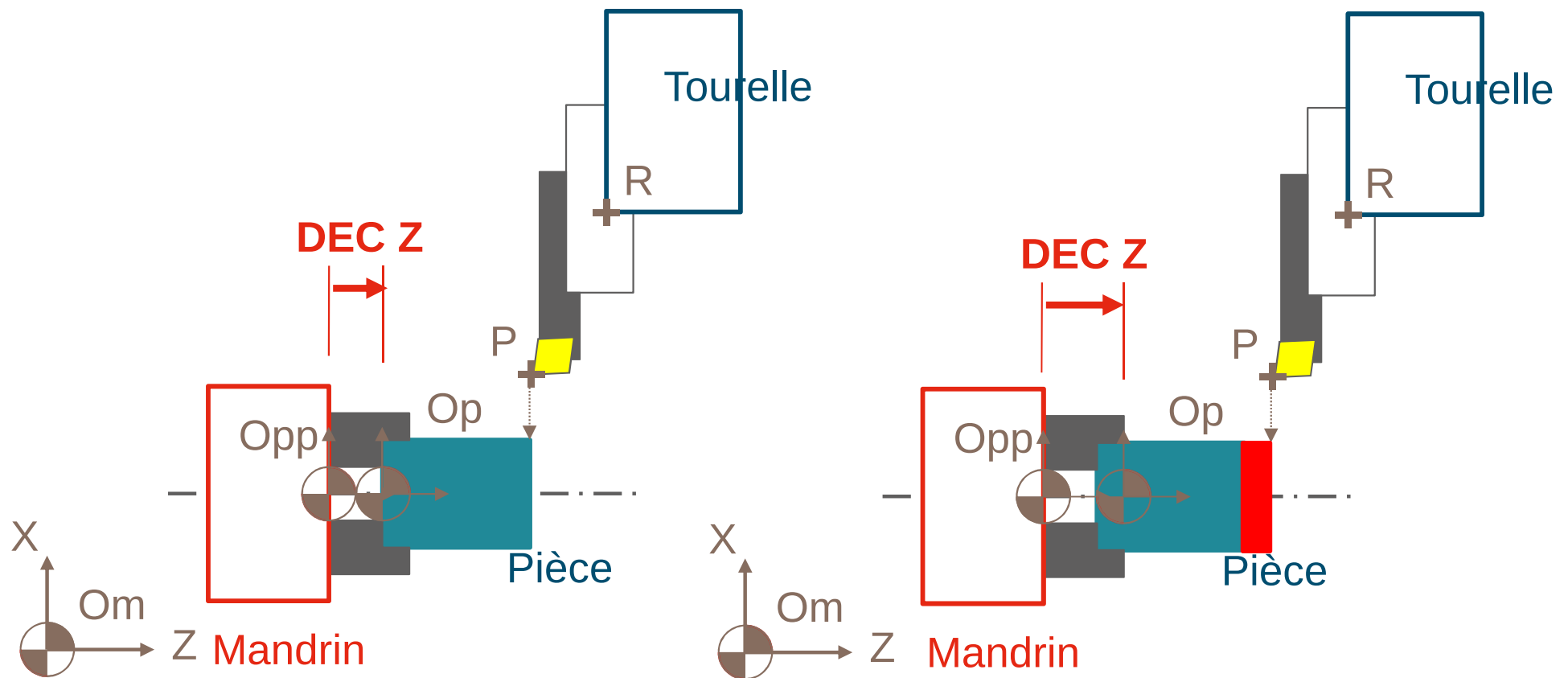
Hypothèse : les trajectoires outils sont correctes (les coordonnées programmées sont bonnes)

Modifications possibles :

- position de l'origine programme ;
- valeurs des jauges outils.

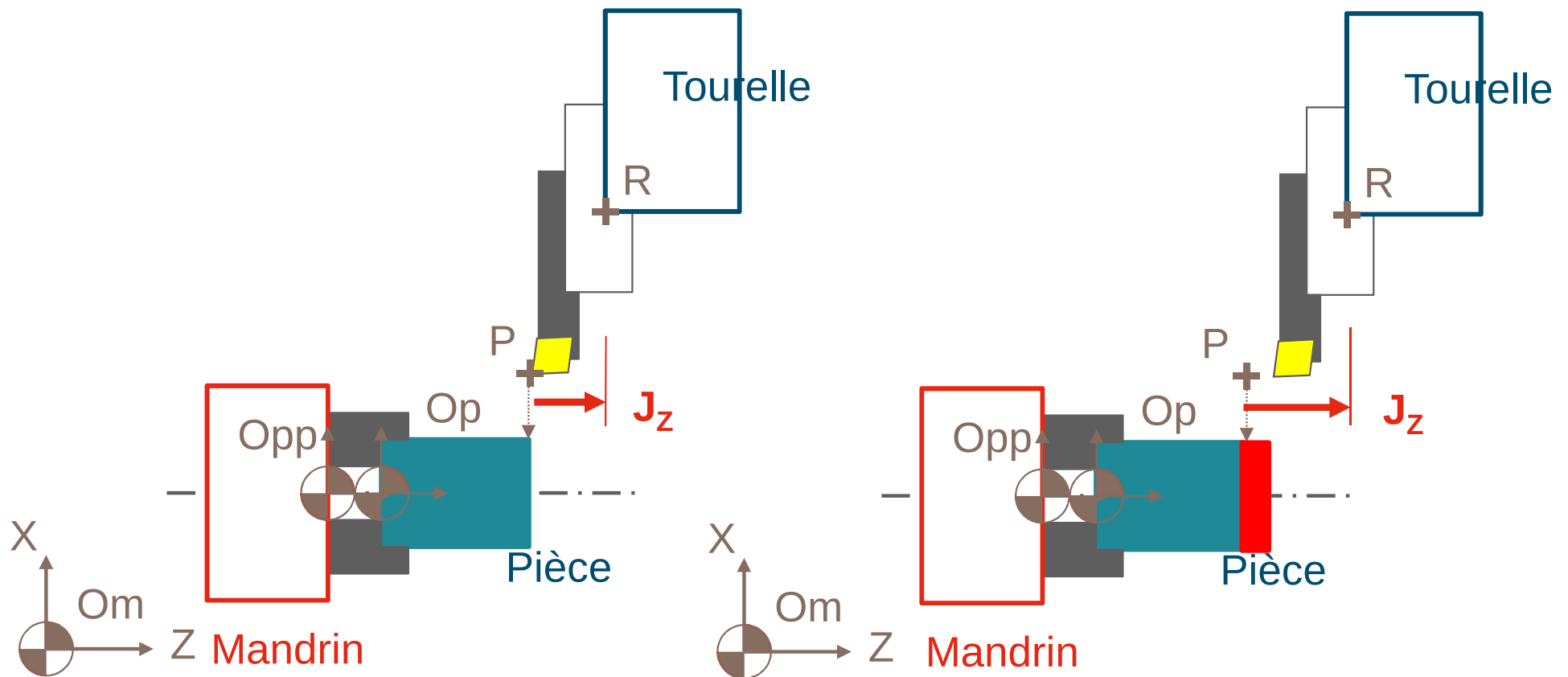
DÉPLACER L'ORIGINE PROGRAMME

L'ensemble des trajectoires outils OpP de la pièce sont déplacées par rapport à la pièce suivant les directions modifiées (X, Y ou Z).



MODIFIER LES JAUGES OUTILS

L'ensemble des surfaces fabriquées de la pièce associé à l'outil sont modifiées :

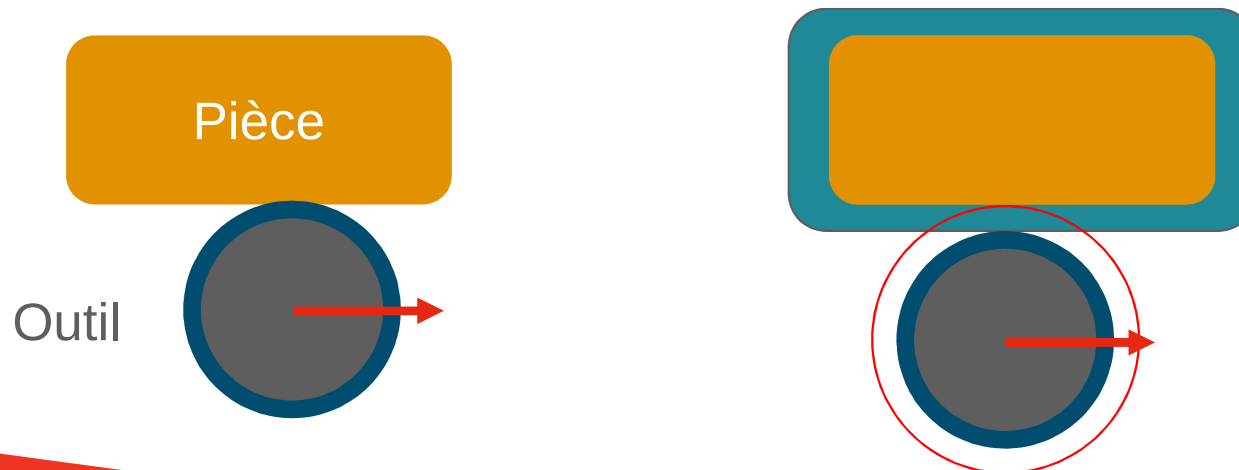


CONCLUSION SUR LA MODIFICATION DES JAUGES

En tournage :

- augmentation de la jauge sur Z => augmentation de la dimension sur Z ;
- augmentation de la jauge sur X => augmentation du rayon de la pièce.

En fraisage, uniquement en programmation en correction de rayon (CRONP) : si la valeur de la jauge du rayon outil augmente, l'outil s'éloigne de la pièce donc on usine moins de matière.



De façon générale :

- Augmenter les jauges des longueurs outils
=> augmente les dimensions fabriquées ;
- Augmenter les jauges des rayons outils
=> augmente la quantité de matière restante.



MACHINE OUTIL À COMMANDE NUMÉRIQUE

5 – Procédure de mise en œuvre

ÉTAPES DE MISE EN OEUVRE

1. Installation de la production
2. Usinage d'une pièce
3. Contrôle des cotes de fabrication pertinentes
4. Réglage et correction
5. Usinage des pièces avec suivi des cotes fabriquées

Ressources physiques	Données
Outils	Jauges outils
Montage d'usinage	Origine programme
Pièce	Programme d'usinage

MISE EN OEUVRE EN TP...