

Modélisation des MOCN

I Introduction

1 Pourquoi modéliser les MOCN ?

Par définition, le pilotage d'une MOCN (**machine-outil à commande numérique**) est réalisé par un ordinateur qui établit une stratégie de commande des axes (sortie) en fonction des déplacements mesurés de la machine (entrée). Pour pouvoir agir, le calculateur doit se représenter la machine dans l'espace en fonction des données (déplacements sur les axes). Il s'appuie sur un modèle. La modélisation géométrique de la machine est nécessaire à sa commande par l'opérateur.

2 Différents types de modélisation

Il existe donc plusieurs modélisations suivant le point de vue adopté et les objectifs recherchés.

Au sens de l'utilisation, il existe un ensemble de **règles et de conventions normalisées** qui simplifient l'emploi des MOCN et autorisent le passage d'un programme d'une machine à l'autre. Cette modélisation cinématique n'est pas suffisante lorsqu'on envisage la mise en production d'une pièce car les notions de précision d'usinage n'apparaissent pas dans le modèle.

Au sens de l'obtention de la pièce, on cherche avant tout à obtenir **une géométrie** correspondant au contrat de phase. Cette géométrie est exprimée sous forme de cotes nominales et de tolérances dimensionnelles. Il faut donc trouver un modèle qui permette de décrire les positions successives de l'outil dans l'espace machine et de placer correctement l'outil par rapport à la pièce. Ceci impose une modélisation qui décrit les **dimensions caractéristiques** de la machine et de son environnement. Le régleur assure l'obtention de pièces bonnes en corrigeant les valeurs de ces caractéristiques. C'est la **modélisation vectorielle** de la machine-outil.

Au sens de la commande, la commande numérique doit être capable de transformer les ordres de mouvement donnés dans un système de coordonnées particulier, en des commandes de déplacement sur chaque axe. Il faut avoir une modélisation géométrique plus complète inspirée des modèles de la robotique qui permettent de passer d'un système à l'autre. De plus cette modélisation géométrique prend en compte les **défauts géométriques** de la machine et assure une commande plus précise.

Au sens de la commande d'axe, on peut être amené à réaliser une modélisation **dynamique** de l'axe en prenant en compte les rigidités et les inerties des axes de déplacement. Cette modélisation permet de construire le schéma fonctionnel de l'asservissement de l'axe et de le corriger afin de répondre au cahier des charges dynamiques de la machine.

II Modèles

1 Règles et conventions normalisées

La norme ISO 841 définit un système de coordonnées et désigne les divers mouvements de manière à ce qu'un programmeur puisse décrire les opérations d'usinage indépendamment de la cinématique de la machine. On considère toujours **les mouvements de l'outil par rapport à la pièce tenue pour fixe**.



« Le système normal de coordonnées est un système cartésien rectangulaire de sens direct, lié à une pièce placée sur la machine, et ayant des arrêtes parallèles aux glissières principales de la machine. Il est désigné par les lettres X, Y, Z non munies du signe 'prime'.

[...]

Le sens positif du mouvement d'un chariot de la machine est celui qui provoque un accroissement sur la pièce dans la coordonnée correspondante. »

L'axe Z du mouvement est l'axe du système normal *parallèle à l'axe de la broche principale,*
Le sens Z positif lorsque *l'outil s'éloigne de la pièce.*

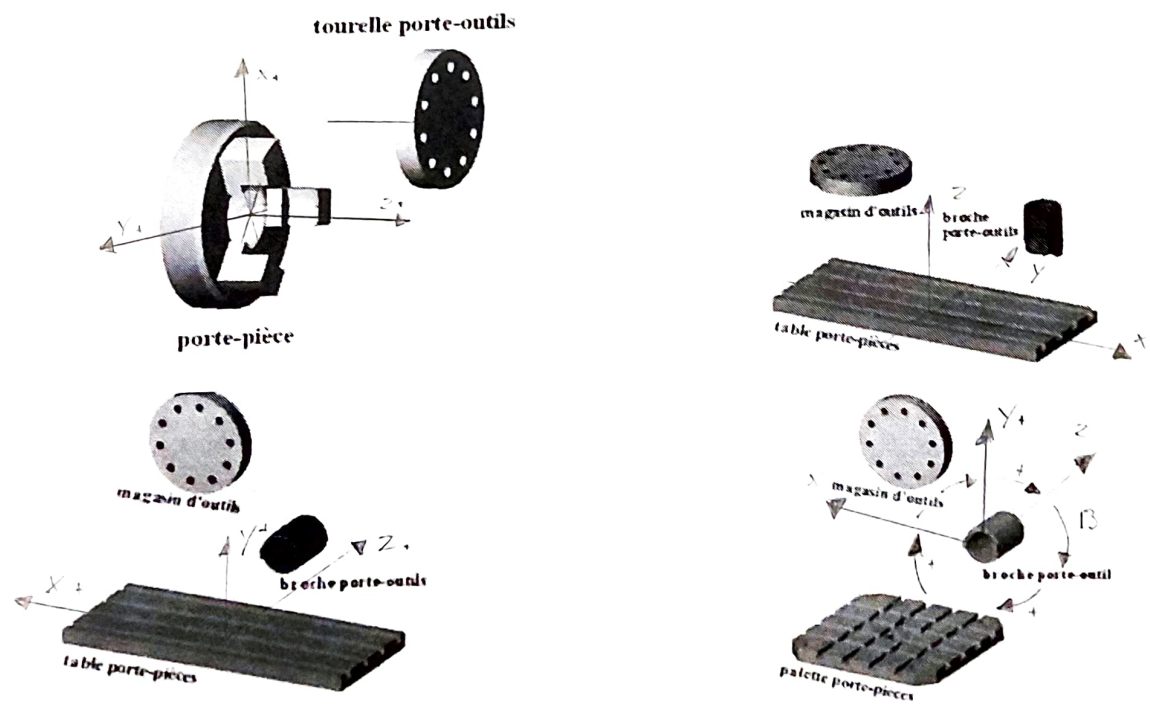
L'axe X est *perpendiculaire à l'axe Z*
de la table de la machine. et suivant *le plus grand déplacement*

Sur les machines comportant des pièces en rotation l'axe X de mouvement est *radial*
Sur les machines ayant des outils tournants, le sens X positif est dirigé *vers la droite lorsqu'on*
regarde de la broche principale vers la pièce

L'axe Y du mouvement forme avec les axes X et Z *un trièdre de sens direct.*

« A ces translations, on associe des angles A, B, C définissant des mouvements de rotation effectués respectivement autour d'axes parallèles à X, Y et Z. Les valeurs positives sont comptées de façon qu'une vis pas à droite, tournant, dans le sens positif, avance respectivement en direction de +X, +Y et +Z. »

Exemples sur différentes machines :



Définitions :

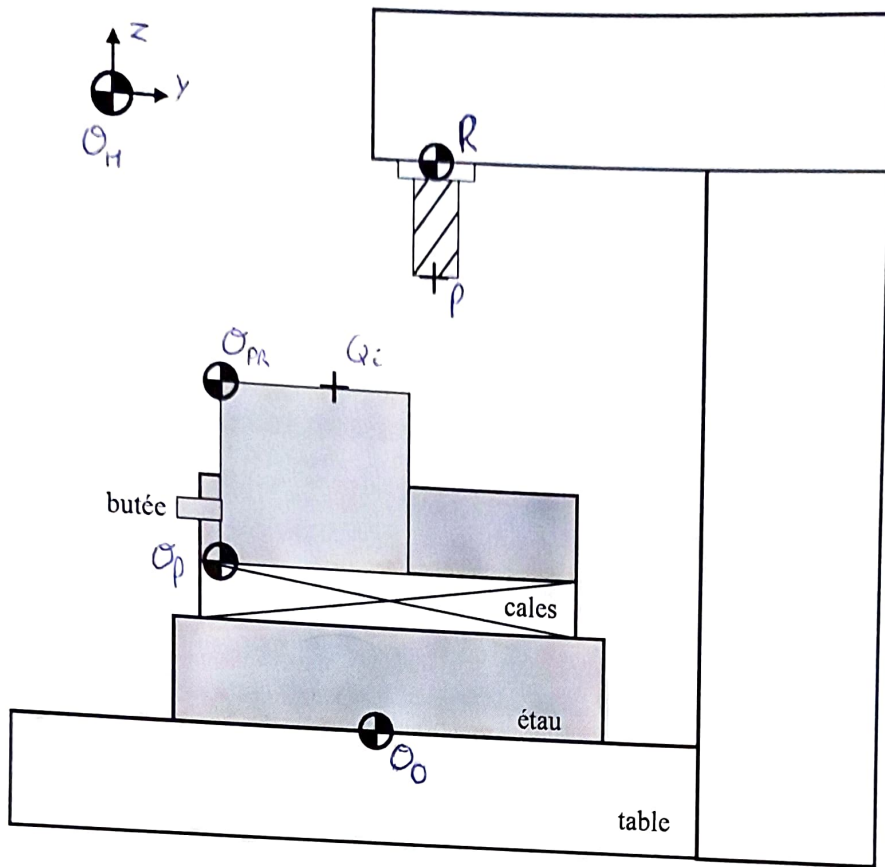
Axe numérique : on appelle axe numérique quand le calculateur contrôle **en vitesse et en position** cet axe, que celui-ci soit un axe en translation ou en rotation.

Demi-axe numérique : on parle de demi-axe numérique quand le calculateur ne contrôle qu'**en vitesse ou qu'en position** cette axe.

2 Modélisation vectorielle

Pour cette modélisation, on définit les points caractéristiques des différents éléments intervenants au cours de l'usinage :

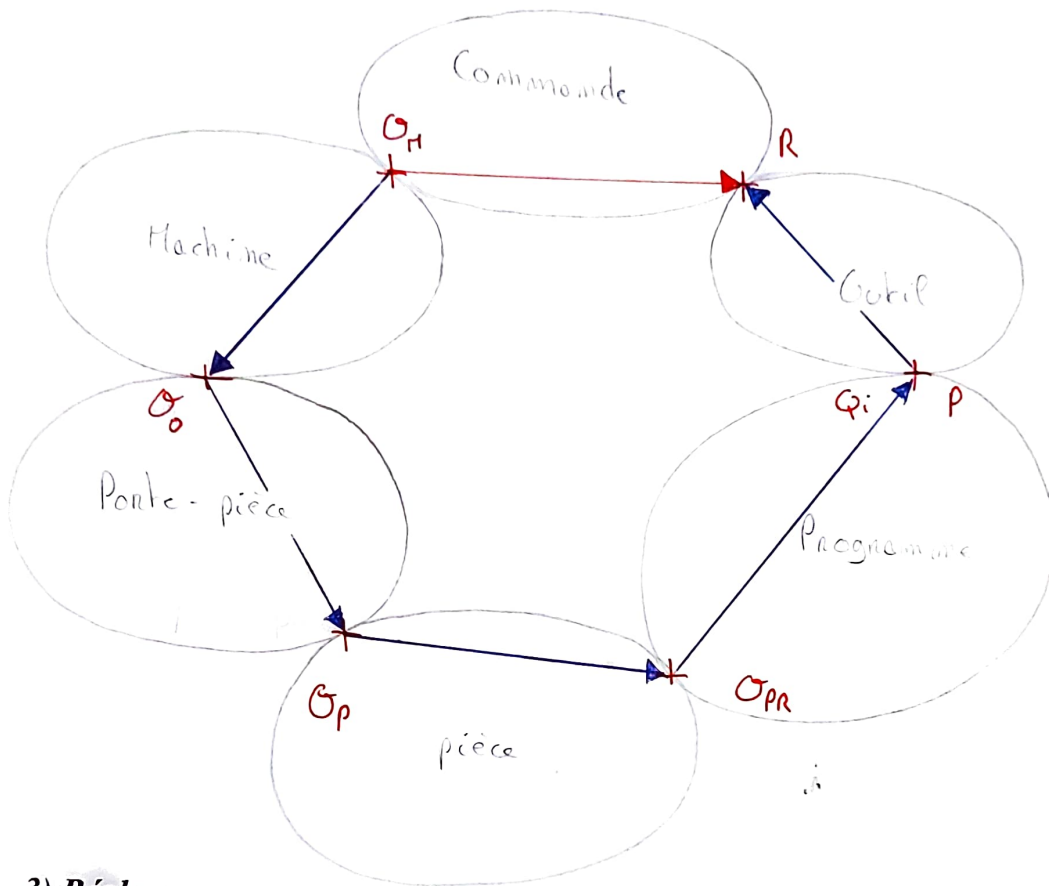
R	Point caractéristique de la liaison encastrement supposé parfaite entre le porte outil et la machine. Il est défini par les surfaces de mise en position.
O_H	Point coïncidant de R à la date de mise en référence des éléments mobiles. Ce point est appelé "Origine Mesure".
O_o	Point caractéristique de la liaison encastrement supposé parfaite entre la machine et le porte pièce . Il est défini par les surfaces de mise en position.
O_p	Point caractéristique de la liaison encastrement supposée parfaite entre le porte-pièce et la pièce . Il est défini par les surfaces de mise en position et appelé "Origine pièce".
O_{PR}	Origine du repère de programmation
Q_i	Point(s) programmé(s) à atteindre (indice i)
P	Point générateur de l'outil



La relation de Chasles appliquée au vecteur de commande de la machine, à savoir $\overline{O_M R}$ nous donne :

	$\overline{O_H R} =$	$\overline{O_H O_0} +$	$\overline{O_0 O_P} +$	$\overline{O_P O_{PR}} +$	$\overline{O_{PR} G_c} +$	$\overline{G_c P} +$	$\overline{P R}$
Caractérise	la commande (positionnement des axes)	la machine	le porte pièce	la pièce (décalage d'origine programmé)	le programme	la trajectoire de l'outil P	l'outil P (jauge)
NUM		PREF	DECT G54	G59	G1 X...Y...Z...		
Heidenhain		DATUM SET (registre interne)	Cycle DEF	Cycle 7	L X...Y...Z...		
Siemens		Registre interne	trans	atrans	G1 X...Y...Z...		

Figure illustrant l'équation vectorielle :



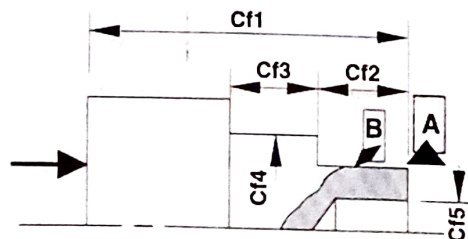
3) Réglages

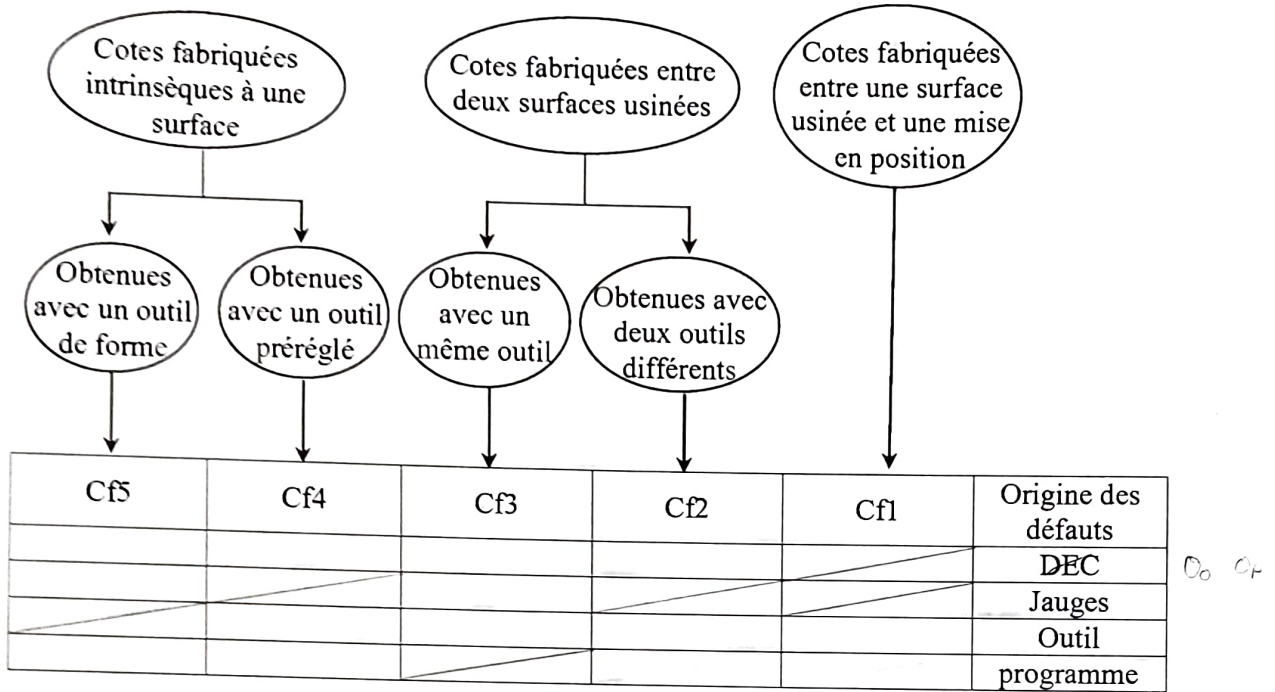
Après l'usinage de la première pièce, il est parfois nécessaire de procéder à des ajustements. Ceux-ci sont liés :

- Aux dimensions (modification des décalages ou utilisation des correcteurs dynamiques liés aux outils).
- Aux paramètres de coupe, afin d'améliorer les résultats obtenus concernant les états de surface et la rugosité des copeaux.

Ici, on supposera que le porte-pièce est déjà qualifié, que le choix de l'ensemble outil/porte-outil est pertinent et que la machine est capable.

L'analyse métrologique de la pièce fabriquée doit permettre d'identifier l'origine des défauts.





Nous allons prendre l'exemple d'un défaut d'usinage dû à une erreur de jauge en z en fraisage :

