



**HAL**  
open science

# Génération de Trajectoires “ On-line ” pour Machine à Commande Numérique Ouverte

Vincent Simoes

► **To cite this version:**

Vincent Simoes. Génération de Trajectoires “ On-line ” pour Machine à Commande Numérique Ouverte. CRIEC 2014, Jun 2014, Lyon, France. . hal-01177440

**HAL Id: hal-01177440**

**<https://hal.science/hal-01177440>**

Submitted on 21 Jul 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





**Présenté par : Vincent SIMOES**  
 Direction de thèse : Jean-Yves HASCOËT et Matthieu RAUCH  
 Date de début de thèse : 1<sup>er</sup> Septembre 2012  
 Contacts : [vincent.simoes@ircdyn.ec-nantes.fr](mailto:vincent.simoes@ircdyn.ec-nantes.fr),  
[jean-yves.hascoet@ircdyn.ec-nantes.fr](mailto:jean-yves.hascoet@ircdyn.ec-nantes.fr),  
[matthieu.rauch@ircdyn.ec-nantes.fr](mailto:matthieu.rauch@ircdyn.ec-nantes.fr)

**Laboratoire :** Institut de Recherche en Communications et  
 Cybernétique de Nantes (IRCCyN), UMR CNRS 6597  
 1 rue de la Noe, BP92101, 44321 Nantes Cedex 03, France  
**Équipe :** Modélisation et Optimisation des Process de  
 Production (MO2P)  
**École Doctorale :** SPIGA  
**Spécialité :** Génie Mécanique



# Génération de Trajectoires « On-line » pour Machine à Commande Numérique Ouverte

### 1 Contexte

- Contexte général : Passer d'une idée à un produit conforme

Idée → CAO/FAO → Post-Processeur → CN → Produit

- Chaîne numérique **hétérogène** et **unidirectionnelle**
- Rôle de la CN : **simple exécutante**
- Programmation basée sur des données **géométriques** et **cinématiques**

#### Contexte actuel :

- Chaîne avec **retour possible**
- CN avec rôle plus **« intelligent »**
- Programmation avec **données process**
- Flux **bidirectionnel** avec **STEP-NC**

[Hascoët et al. 94]

### 2 Objectifs

- Problématique :** Etendre les capacités de la commande numérique en permettant l'optimisation et la génération de trajectoires « on-line »
- Objectifs :**
  - Identifier les limitations d'une commande numérique classique
  - Définir les possibilités d'évolution et capacités d'une machine intelligente
  - Obtenir une plateforme fonctionnelle permettant la génération de trajectoire on-line
- Verrous scientifiques**
  - Hétérogénéité des données dans la chaîne numérique CAO/FAO/CN
  - Intégration et interprétation d'un nouveau langage (STEP-NC)
  - Prise en compte de données en temps réel sur une MOCN

### 3 CN propriétaire / CN Ouverte

- Quelques limitations des CN propriétaires :**
  - Grand nombre de produits incompatibles [Xu 2006]
  - Pas d'information sur le comportement réel de la machine
  - Contrôle en ligne difficile sans retour direct des données process [Hascoët 94]
- Généralités CN Ouverte**
  - Structure modulaire et interface configurable
  - Possibilités d'intégration d'algorithmes (interpolation de trajectoires, ...)
  - Possibilités d'accès aux données internes d'interpolation, d'asservissement, de configuration de la machine ...
- Critères CN Ouverte [IEEE 1003.0]**

[Pritschow 01]

### 4 Travaux sur CN Ouverte

- Plateforme d'essais de l'IRCCyN**
  - Machine 3 axes industrielle
  - Possibilité de « switcher » entre plusieurs CN
  - CN ouverte LinuxCNC
    - Fonctionnelle, performante et transparente
    - IHM configurable, fonctions avancées
    - Acquisition de données
- Exemple d'extensibilité de CN Ouverte**
  - Homogénéité des données CAO/FAO/CN
  - Exemple sur géométrie 4 vagues [Dugas 02]
- Influence de la CN**
  - Comparaison des performances d'une même machine avec différentes CN
- Concept de machine intelligente**

### 5 Contrôle adaptatif – Génération de trajectoires « on-line »

- Etat de l'art**
  - Informations observées :
    - Déformations élastiques pièce/outil
    - Déformations dues aux effets thermiques
    - Vibrations et perturbations périodiques
    - Efforts (pression, couple ...)
  - Besoin
    - Prendre en compte des conditions réelles de réalisation d'une pièce (géométrie réelle lors du process) afin de générer une trajectoire optimale « on-line » dans le but d'obtenir une pièce toujours conforme [Groover 70]
- Méthodologie d'expérimentation**
  - Difficulté croissante d'intégration
  - Niveaux de modifications graduelles (de globales à locales)
  - Intérêt combiné d'une CN Ouverte et du langage STEP-NC

	Niveaux de modifications	Développements nécessaires	Essais réalisés
CN Ouverte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotation fixe</li> <li>Globales :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Rotation</li> <li>Translation</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Création d'un axe fictif</li> <li>Matériels :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en mouvement</li> <li>Mesure</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A partir d'un programme unique</li> <li>Simulation</li> <li>Usinage</li> <li>Mesure</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Globales :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Repère pièce</li> <li>Facteur d'échelle</li> </ul> </li> <li>Locales :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Déformations                   <ul style="list-style-type: none"> <li>Effets thermiques</li> <li>Efforts outil/pièce</li> <li>Défauts machine</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intégration de SPAIM</li> <li>Matériels :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure de déformation</li> </ul> </li> <li>Logiciels :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Echange de données en temps réel</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pièce conforme</li> <li>Plateforme entièrement fonctionnelle permettant la génération de trajectoire on-line</li> </ul>

Difficulté croissante (indicated by a downward arrow on the right)

### 6 Conclusions et perspectives

- Conclusions**
  - Compréhension du contexte de recherche de l'équipe et découverte de nouvelles notions
  - Montée en compétence sur CN ouverte et prise en main de la plateforme expérimentale
  - Travaux réalisés liés aux axes de limitation des CN classiques :
    - Homogénéisation CAO/FAO/CN
    - Essais comparatif de différentes CN
    - Méthodologie d'expérimentation d'action « on-line »
- Perspectives**
  - Identifier les besoins et possibilités à long terme d'une « machine intelligente »
  - Mise en œuvre de la méthodologie d'expérimentation de génération de trajectoires « on-line »

### \* Lexique

<b>CN :</b> Commande Numérique <b>NC :</b> Numerical Control <b>MOCN :</b> Machine-Outil à Commande Numérique <b>CAO :</b> Conception Assistée par Ordinateur <b>CAD :</b> Computer-Aided Design <b>FAO :</b> Fabrication Assistée par Ordinateur	<b>CAM :</b> Computer-Aided Manufacturing <b>STEP :</b> STandard for the Exchange of Product model data <b>STEP-NC :</b> STEP compliant Numerical Control <b>IHM :</b> Interface Homme Machine <b>HMI :</b> Human Machine Interface
--	---

## Valorisations

- Communications**
  - CRIEC, Nantes, Juin 2013
  - Manufacturing 21, Angers, Octobre 2013
  - Journée des 2<sup>ème</sup> année doctorants, Nantes, Avril 2014
- Communications (à venir)**
  - CRIEC, Lyon, Juin 2014
  - MUGV, Clermont Ferrand, Octobre 2014
- Participation à un Projet Européen**
  - FoFdaton (FP7)
- Publication en revue internationale**
  - Rauch, M., Hascoët, J., Simoes, V., & Hamilton, K. (2014). Advanced programming of machine tools: interests of an open CNC controller within a STEP-NC environment, International Journal Machining and Machinability of Materials, Vol 15, 2–17