



**HAL**  
open science

## **Apollo : Modéliser et Simuler les Systèmes de Production Manufacturiers sans Programmer**

Georges Habchi

► **To cite this version:**

Georges Habchi. Apollo : Modéliser et Simuler les Systèmes de Production Manufacturiers sans Programmer. Congrès National de la Recherche des IUT 2018, Jun 2018, Aix-En-Provence, France. hal-01818926

**HAL Id: hal-01818926**

**<https://hal.univ-smb.fr/hal-01818926>**

Submitted on 19 Jun 2018

**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.

---

# Apollo : Modéliser et Simuler les Systèmes de Production Manufacturiers sans Programmer

---

Georges Habchi

[georges.habchi@univ-smb.fr](mailto:georges.habchi@univ-smb.fr)

IUT, Annecy, Université Savoie Mont Blanc  
SYMME – Laboratoire des Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique  
5 Chemin de Bellevue – 74940 Annecy-le-Vieux

**Thèmes** – *Productique – Automatique – Sciences pour l'Ingénieur – Mécanique – Informatique*

**Résumé** – *« Apollo » est un outil dédié à la simulation des systèmes manufacturiers. Conçu pour des utilisateurs potentiels non spécialistes des techniques de simulation, à partir de concepts simples et proches des éléments réels du système de production. Du fait qu'il est orienté composants, la programmation au sens informatique est complètement absente et l'utilisation est largement simplifiée sans pour autant réduire les capacités de représentation des systèmes. L'analyse des résultats est aidée par l'exploitation d'indicateurs de performance pertinents et normalisés ainsi que des tableaux de bord associés aux composants. « Apollo » permet de simuler un système afin de valider, invalider ou modifier sa conception ; évaluer une politique de contrôle ; comparer différentes alternatives de production (flux poussé, flux tiré) ; comparer différentes stratégies de pilotage, .... Même si « Apollo » est largement utilisé en entreprise pour simuler des systèmes réels et en recherche pour valider des approches et méthodes nouvelles, il a été dédié initialement à l'enseignement en formation à Bac+5 et principalement dans les formations IUT à Bac+2 et +3.*

**Mots-Clés** – *Modélisation et simulation, Evaluation des performances, Systèmes de production, Logistique industrielle et qualité.*

## 1 Introduction

Dès le début de mon activité d'enseignement en IUT à la fin des années 80 et la prise en charge du module d'enseignement de « *la modélisation et la simulation des systèmes de production* », j'ai senti le grand besoin pour un outil de simulation tel qu'*Apollo*. En effet, il est né d'un vrai besoin pédagogique pour différentes raisons, j'en cite les trois suivantes :

- Les compétences à acquérir par l'étudiant au niveau Bac+2 ne sont pas forcément nécessaires en terme programmation (même si c'est intéressant !) mais plutôt en **analyse** des résultats et en **proposition de solutions** d'amélioration.
- L'étudiant en IUT et principalement en QLIO manque de compétences en programmation et l'assimilation de certaines notions nécessaires dans cette discipline telles que **variable** et **attribut** est très difficile.
- Les **outils disponibles** sur le marché (par ex. ARENA) ne sont pas orientés pour une pédagogie au niveau Bac+2 (d'après mon expérience sur plus de 30 ans, moins de 5% des étudiants sont capables d'assimiler la modélisation avec ces outils).

Ce besoin d'ordre pédagogique m'a poussé à orienter en partie mes recherches, au début des années 90, vers une nouvelle approche de modélisation et de simulation des systèmes de production.

## 2 Les concepts de STP, EC et CP

D'abord, l'encadrement de deux thèses de doctorat a permis de proposer les méta-modèles des principaux concepts de base d'une approche de modélisation basée sur la notion de composants. Trois concepts principaux ont été élaborés :

- Il s'agit d'abord du concept **STP** (*Système de Traitement du Produit*) [1, 2] alloué des trois fonctions principales de *Réception*, *Traitement* et *Fourniture* et capable de modéliser à niveau d'abstraction élevé tout type de ressources industrielles telles que machine, stock, chariot, convoyeur...
- Le deuxième concept est l'**EC** (*Entité Circulante*) [1,2] qui va modéliser la pièce ou le lot à produire affecté de son processus principal à travers le système de production.
- Le troisième concept est celui du **CP** (*Centre de Pilotage*) [3, 4] qui va permettre de modéliser une certaine intelligence basée sur des règles et des indicateurs de performance afin de piloter certains composants du système (**STP**, **EC**) ou même le système entier afin d'atteindre les objectifs assignés s'ils sont atteignables.

Ensuite, d'autres thèses encadrées ont permis d'apporter un certain nombre d'améliorations importantes (situations de blocage, assemblage, désassemblage, ...), à l'outil développé mais aussi à valider la recherche effectuée avec d'autres approches de modélisation telles que les méthodes analytiques, les règles floues ou certaines méthodes d'optimisation [5, 6].

## 3 La modélisation avec Apollo

*Apollo* [7] dispose d'une **interface** très conviviale ne nécessitant que très peu de compétences informatiques pour mettre en œuvre un modèle de système de production. L'interface est disponible sous les deux langues française et anglaise.

En termes de composants du système de production, le **STP** permet de modéliser les quatre ressources suivantes : machine, stock, convoyeur et chariot.

Pour une **machine** le concept prend en compte toutes les caractéristiques nécessaires :

- La capacité en terme de nombre d'unités.
- La production à l'unité ou par lot.
- La performance (cadence et micros-arrêts).
- Les défaillances et réparations.
- Les rebuts et reprises.
- Les changements de série.
- Le cycle d'activité permettant d'éviter des situations de blocage lors de l'utilisation de machine partagée.
- L'ouverture soit continue soit selon un calendrier.

Pour un **stock** le concept **STP** prend en compte :

- Le type (matière première, encours, produit fini).
- La capacité en nombre de pièces.
- La règle de priorité (FIFO, LIFO, date de besoin, date de lancement, marge, ratio critique, temps opératoire min et max, type de pièce, numéro opération min et max).
- Le groupement par lot pour le transfert.
- La production en kanban.

Pour un **convoyeur**, on prend en compte :

- Le type accumulateur ou non.
- La longueur.
- La vitesse.

Le **chariot** dispose d'un réseau de distances et de stations intermédiaires ou associées aux stocks et machines pour effectuer les déplacements. Il est doté d'une intelligence pour éviter les situations de blocage en cas de non disponibilité de la ressource de destination. Il dispose aussi d'un algorithme de recherche du chemin le plus court. Il est caractérisé par :

- La vitesse à vide et sous charge.
- La règle de gestion des appels (FIFO, LIFO, le moins loin, date de lancement).
- Peut faire un retour immédiat en position de départ après transport si nécessaire.

C'est le concept **EC** qui crée la **dynamique** dans le système à l'aide de son processus. Il permet de modéliser un type de **pièce** caractérisée par :

- Le processus (liste ordonnée des composants sur lesquels la pièce doit passer avec temps opératoires).
- Le délai de production si connu.
- Le niveau de nomenclature.
- Le cas d'assemblage et de désassemblage.

Le concept **CP** permet de modéliser le **pilotage** d'une machine, d'un stock ou du système en utilisant des règles spécifiques et des indicateurs associés à chaque type de ressource pilotée :

- Pour un **stock** et en fonction de son niveau et d'objectifs, il est possible d'appliquer des actions d'optimisation de capacité ou de performance de machine, d'utiliser une autre ressource machine, d'optimiser la taille ou l'intervalle des lancements.
- Pour une **machine** et en fonction de différents types d'indicateurs (occupation, panne, rebut, ...), on peut mettre en place des actions pour améliorer le fonctionnement de la machine en question.
- Pour le **système** et en fonction de l'encours global, il est possible d'optimiser la capacité des machines pour limiter l'encours en dessous d'un seuil critique.

Par ailleurs, l'outil dispose de la possibilité de regrouper plusieurs machines différentes mais fonctionnellement équivalentes pour créer un **Centre de Charge (CC)**.

Des **distributions aléatoires** peuvent être utilisées à chaque fois que c'est nécessaire (random, normale, exponentielle, uniforme, triangulaire, Weibull).

Un **calendrier** principal ou dédié peut être défini. Des plages bien caractérisées (ouverture, fermeture, arrêt planifié, arrêt subi, maintenance préventive...) permettent de calculer les **indicateurs normalisés** selon la démarche TPM tels que TRS, TRE, TRG, ... ou sommatif tels que les taux d'occupation, blocage, libre, changement de série, de panne, de réparation, etc.

En ce qui concerne la **production**, il est possible de créer des **lancements** d'OFs ou d'approvisionner le système en fonction de **méthodes classiques** (point de commande, re-complètement, quantité fixe). Egalement, il est possible de programmer des **livraisons** pour des clients donnés avec des dates de besoin et des quantités bien définies. Les livraisons peuvent être soldées en fonction de différentes règles.

Chaque type de composant (stock, machine, pièce, ...) dispose d'un **tableau de bord** qu'on peut afficher avec tous les indicateurs qui le concernent.

La figure 1 présente un modèle de système et la figure 2 présente les temps d'états et les indicateurs normalisés d'un poste machine.

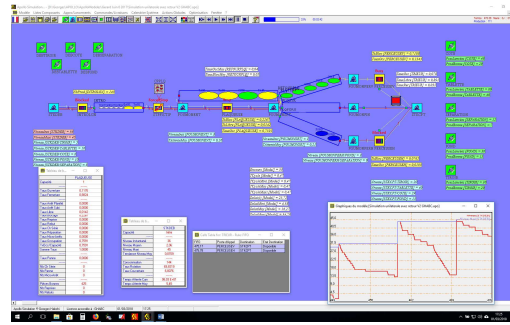


Figure 1 – Aperçu d'un modèle de simulation sous Apollo

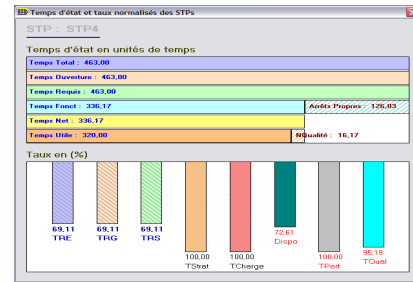


Figure 2 – Temps d'états et indicateurs d'un STP machine

## 4 Conclusions

L'utilisation d'**Apollo** depuis plus de 15 ans a fait ses preuves dans plusieurs IUT, IAE, écoles d'ingénieurs, entreprises. Parfois, à titre de comparaison, les mêmes systèmes sont modélisés et simulés sous **ARENA** et sous **Apollo**, le gain en temps et en convivialité de modélisation mais aussi en analyse des résultats sont très largement appréciés par les utilisateurs.

## Références

- [1] M. Bakalem, G. Habchi, A. Courtois, *PPS: an integrated object oriented approach for modelling and simulation of manufacturing systems*, Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1994, p. 2184-2189
- [2] M. Bakalem, G. Habchi, A. Courtois, *PPS: a contribution for manufacturing systems simulation*, Proceedings of the Summer Computer Simulation Conference, 1995, p. 390-395
- [3] C. Berchet, G. Habchi, A. Courtois, *Pilotage et prise de décision industrielle*, Proceedings du 3<sup>ème</sup> Congrès International de Génie Industriel, Montréal, 1999, p. 1955-1964
- [4] G. Habchi, C. Berchet, *A model for manufacturing systems simulation with a control dimension*, *SIMPRA Journal*, 2003, Vol. 11, N. 1, p. 21-44
- [5] K. Tamani, R. Boukezzoula, G. Habchi, *Application of a continuous supervisory fuzzy control on a discrete scheduling of manufacturing systems*, *EAAI Journal*, Vol. 24, N. 7, 2011, p. 1162-1173
- [6] I. Nasri, G. Habchi, R. Boukezzoula, *Scheduling and Control Modelling of HVLV Systems using Max-Plus Algebra*, Proceedings of VECoS Conference, Tunis, 2011, p. 62-71
- [7] <http://qlio-annecy-transfert.com/>