POLYTECH MARSEILLE
Aix-Marseille Université

Département Génie Industriel et Informatique

Stage d'Initiation à la Recherche 2013

Étude en simulation d'un système de transitique

SIR 2013

Guillaume DURAND

Responsable des SIR
Colette FAUCHER

Maître de stage
Patrick PUJO

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout d'abord mon maitre de stage M. Patrick PUJO pour m'avoir accompagné et soutenue tous le long de ce SIR. Ainsi que Joaquim BELTRAN pour son aide précieuse sur Simio sans qui je n'aurais pas pu en arriver là.

Je souhaite également remercier Mme Fouzia OUNNAR pour m'avoir aidé à communiquer avec l'équipe Simio et M. Yves DUBROMELLE pour m'avoir détaillé le fonctionnement du système de transport.

Je remercie tout particulièrement Glen Wirth du support technique de Simio avec qui j'ai pu échanger et qui m'a fourni une aide précieuse sur Simio me permettant de modéliser au mieux l'atelier.

Et bien sûr je remercie les membres du forum de Simio qui m'ont grandement aidé tout au long du SIR.

SOMMAIRE

SOMMAIRE **2**

INTRODUCTION **3**

PRESENTATION DU PROBLEME 4
POURQUOI SIMIO ? 6

MODELISATION DU SYSTEME DE TRANSPORT **7**

PRESENTATION DU SYSTEME DE TRANSPORT MONTRAC 7
MODELISATION DU SYSTEME DE TRANSPORT SOUS SIMIO 9
LE MODELE EN DETAIL 11

INTERFAÇAGE **16**

UN FICHIER TAMPON 16
LA COMMUNICATION PAR INTERNET 17

CONCLUSION **18**

Introduction

En tant qu'élève ingénieur de Polytech Marseille en 4éme année du département Génie Industriel et Informatique, j'ai eu à effectuer un stage d'initiation à la recherche afin de pouvoir mettre en pratique les outils théoriques et méthodologiques acquis au cours de ma formation. Celui-ci s'intitule : Étude en simulation d'un système de transitique.

Le système en question est l'atelier de production présent au sein de l'école, et qui est utilisé dans la fabrication de vêtements tels que des gilets ou encore des jupes. Il utilise un système de transport automatisé nommé Montrac qui permet de transporter rapidement les produits entre les différents postes de travail et ce, grâce à des navettes se déplaçant sur des monorails. L'étude de Patrick PUJO, Fouzia OUNNAR et Pascal BLANC s'intitulant « Pilotage des systèmes manufacturiers via une analyse multicritère intégrant Produit, Ressource et Ordre » a été mon point de départ pour bien comprendre l'objectif de ce stage.

J'ai utilisé pour ce travail un logiciel de simulation nommé Simio [*C. Dennis Pegden, Introduction to Simio*]. La simulation permet une optimisation des coûts d'investissement et de fonctionnement du système. Elle permet de tester des concepts innovants et de vérifier la pertinence des choix que nous faisons en répondant à la question : "que se passerait-il si… ?". On peut grâce à elle, optimiser un système avec la prise en compte l'ensemble des paramètres de celui-ci, qui permettra par la suite, d'ajuster les valeurs de ces derniers en fonction des résultats obtenus. Des travaux tels que ceux de Georges HABCHI en 2001, d'Olivier CARDIN en 2007 et de Berchet Claire en 2000 illustre bien la simulation appliquée au système de production.

Mais afin de pouvoir correctement étudier ce système de transport, j'ai utilisé Simio non pas en tant que simulateur mais en tant qu'émulateur. La différence avec la simulation est qu'émuler un système consiste à remplacer un système par un autre sans changement du fonctionnement d'un point de vue externe, c'est-à-dire imiter une machine sur une autre. Cela a pour avantage de pouvoir effectuer des tests de faisabilités sans avoir à utiliser l'atelier réel, qui demanderai une organisation bien plus contraignante comme le simple fait de devoir réunir tous les opérateurs aux postes de travails, de devoir se procurer les matières premières et sans compter que cela demande un coût et un temps de préparation non négligeable. La thèse de Hind EL HAOUZI, 2008 illustre un exemple d'émulation appliqué à un système de production en juste-à-temps à l'aide d'Arena.

Présentation du problème

L'atelier de production permet aux élèves ingénieurs de l'école Polytech Marseille de pouvoir réaliser des travaux au cours de l'année sur un système de production réel, en partenariat avec le Lycée des Métiers de la Mode et du Tertiaire, La Cabale.

Cet atelier est donc très important pour l'école et il serait très intéressant de le connecter via le réseau, à un modèle créé à l'aide d'un logiciel de simulation afin de pouvoir émuler son comportement pour pouvoir l'exploiter au maximum. Et cela permettrait notamment de créer de nouveaux projets pour les futures promotions.

La première étape consiste à bien comprendre le fonctionnement du système de transport pour pouvoir ensuite le modéliser sur Simio. Pour répondre au mieux à cette première étape il est nécessaire de connaitre plusieurs techniques de production industrielle comme par exemple la méthode du Kanban dont parlent P. PUJO, M. PEDETTI et F. OUNNAR dans leur conférence en 2004 sur le pilotage proactif des lignes de production kanban par modélisation devs et simulation temps réel. On pourrait aussi citer l'habilitation à diriger des recherches de P. PUJO, la thèse de Samieh MIRDAMADI sur la modélisation du processus de pilotage d'un atelier en temps réel et concernant la méthode JiT (Juste à Temps) par André THOMAS, Hind EL HAOUZI, Thomas KLEIN, Sana BELMOKTHAR et Carlos HERRERA.

La deuxième étape demande d'interfacer le modèle avec le système qui commande le déplacement des navettes, pour que cette fois-ci Simio ne soit plus utilisé comme un simulateur mais plutôt comme un émulateur. C'est-à-dire que les navettes du modèle de l'atelier se déplaceront en fonction des messages qui seront générés par le système de pilotage. Erek Göktürk nous parle dans son rapport sur l'émulation des réseaux Ad Hoc, de la différence des problèmes spécifique qu'il y a entre la simulation et l'émulation. Mais le plus important est de savoir ce que peut apporter la combinaison simulation/émulation et c'est ce dont parle Siavash Bayat Sarmadi, Seyed Ghassem Miremadi, Ghazanfar Asadi, Ali Reza Ejlali dans leur étude intitulé Fast prototyping with Co-operation of simulation and emulation et Erik Nordström, Per Gunningberg, Christian Rohner, Oskar Wibling dans leur rapport intitulé A Comprehensive Comparison of MANET Routing Protocols in Simulation, Emulation and the Real World.

Pour cela il est nécessaire de se renseigner sur la capacité de Simio à pouvoir communiquer avec un environnement externe. Nous savons que cela est possible sous Arena (Patrick PUJO, Fouzia OUNNAR et Pascal BLANC, « Pilotage des systèmes manufacturiers via une analyse multicritère intégrant Produit, Ressource et Ordre »), cependant nous n'en savons rien concernant notre simulateur.

Dans le cas où cela serait possible nous pourrons avoir un modèle qui fonctionnera alors comme l'atelier réel et nous pourrons alors l'utiliser pour effectuer des tests avant de lancer une production, ou encore pour pouvoir étudier l'efficacité du système de pilotage en lui-même. Des sujets d'atelier pour les promos suivantes seront également envisagés sur ce thème.

Pourquoi SIMIO ?

Il existe aujourd'hui une centaine de logiciels de simulation sur le marché. Voici quelques noms des plus répandus dans l'industrie concernant les systèmes de production :

- Arena
- Extend&BPR
- IBM Supply Chain Simulator
- Taylor ED Logistics Suite
- WITNESS 90
- SIM PROCESS
- M Plant

Ils possèdent à quelques exceptions prêtes, les mêmes fonctionnalités. Par exemple une visualisation de l'avancement de la simulation en temps réel, une partie programmation, une interface graphique, etc … Mais ce n'était pas forcément le cas il y a quelques années. Alors pourquoi avoir choisi Simio ?

Simio possède une interface graphique permettant le passage d'une vue en 2D à une vue en 3D avec un simple clic et ce même pendant une simulation. Il s'intègre également à Google 3D Warehouse qui met à disposition des milliers de symboles permettant de personnaliser le modèle de simulation au maximum, ce qui offre un excellent rendu visuel.

L'interface est basée sur les standards d'Office le rendant ergonomiquement agréable à utiliser contrairement à beaucoup d'autre logiciel de simulation qui eux, sont basées sur des interfaces datant des années 90. Beaucoup de projets servant d'exemple mais également une aide très complète permette un apprentissage plus simple et plus approfondi. On peut également importer et exporter les données d'une simulation dans des fichiers compatible avec Excel.

Simio possède un design orienté objet permettant aux utilisateurs de créer et de modifier très simplement des objets déjà existant et ce sans même devoir écrire une ligne de code. Des procédés add-on permettent d'adapter le comportement des objets à la situation sans avoir à totalement modifier celui-ci. Les objets intelligents se rendent compte et répondent au comportement d'autres objets, ainsi ils peuvent prendre les décisions opportunes.

La simplicité d'utilisation, de personnalisation et un très bon rendu visuel en font de Simio un excellent logiciel de simulation.

Modélisation du système de transport

Présentation du système de transport Montrac

Le système de transport de l'atelier a été développé par montratec AG qui est un membre du groupe SCHMID, et qui est spécialisé dans la fabrication, le développement et la commercialisation de systèmes de transport automatisés et de solutions.
Le système de transport en question se nomme Montrac. C'est un système de transport intelligent et innovant pour les processus de productions et de logistiques.

« Montrac est le symbole de la flexibilité absolue. Il offre des possibilités pratiquement illimitées alliées à une plus grande simplicité d'utilisation et à une plus grande convivialité de toute l'installation. [1]» [1] montratec AG

Le système est constitué de monorails appelés **Trac**, sur lesquels se déplacent des navettes appelées **Shuttle**. Il existe plusieurs formats de Trac permettant de réaliser des circuits à la fois simple et complet (aiguillages, ascenseurs, etc…), mais le circuit de l'atelier se compose essentiellement de pièce les plus basiques :

Figure 1. Trac

Figure 2. Trac Curve

Figure 3. Trac Switch

Figure 4. IRM

Figure 5. Shuttle

Les shuttles (navettes) sont autonomes et intelligentes et elles sont équipées de systèmes anticollisions qui leurs permet d'éviter les collisions entre les autres shuttles ou les obstacles.

Ces dernières communiquent avec le système grâce aux différents IRM placés un peu partout sur le circuit. Ce sont des dispositifs équipé de diodes infrarouges qui permettent de dialoguer avec les navettes de transport sur les différents déplacements qu'elles ont à effectuer.

La figure 6 ci-dessous, est la représentation du système de transport Montrac de l'atelier de production de Polytech Marseille :

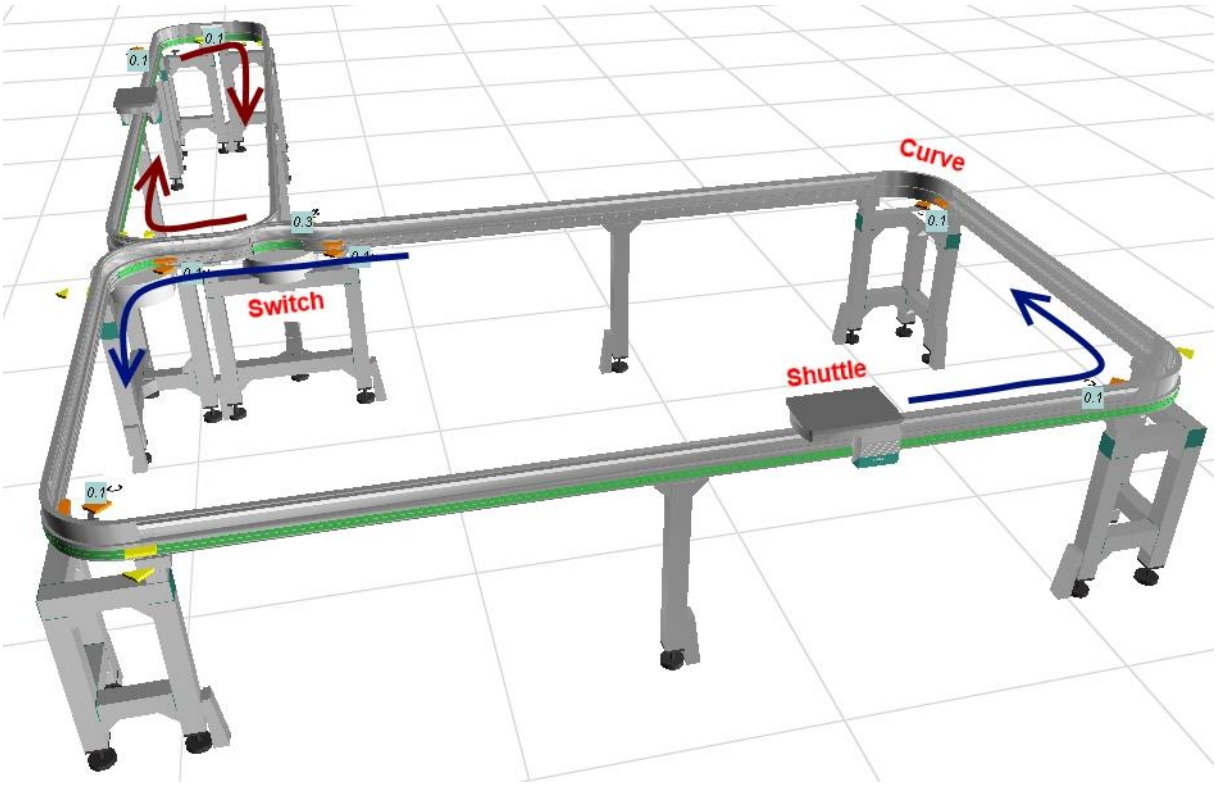

Figure 6. Système de transport de l'atelier de production

Il est composé de trois boucles sur lesquelles se déplacent les navettes, la première en bleue, la deuxième en rouge et la troisième est une grande boucle qui passe par les deux autres. Deux switchs font la liaison entre ces boucles et cinq curves ainsi que plusieurs tracs de longueurs différentes permettent d'assembler le tout.

Non visible ici, sept postes de travail sont répartis tout autour des monorails sur lesquels seront effectuées les actions sur les produits. Les navettes auront donc à se déplacer entre ces postes afin de fournir les ressources nécessaires.

Modélisation du système de transport sous Simio

Au cours de l'année scolaire nous avions effectué un atelier sur Simio avec pour sujet la modélisation d'un système fonctionnant en Kanban. J'ai donc acquis quelques connaissances sur ce logiciel mais elles ne sont pas suffisantes en vue du modèle à réaliser. J'ai donc dû approfondir mes connaissances sur celui-ci notamment grâce à l'aide fournie avec le logiciel, qui s'avère être très complète mais également grâce aux vidéos tutoriels misent en ligne par Simio et sans oublier les membres du forum.

La figure 7 représente l'atelier de production de l'école :

Figure 7. Atelier de production

Sur la gauche de la photo on retrouve la première grande boucle (présente en bleu sur la figure 6) et sur la droite, la petite boucle rouge. La figure n°8 (voir page suivante), illustre le modèle réalisé sur Simio.

Et voici le modèle réalisé sous Simio :

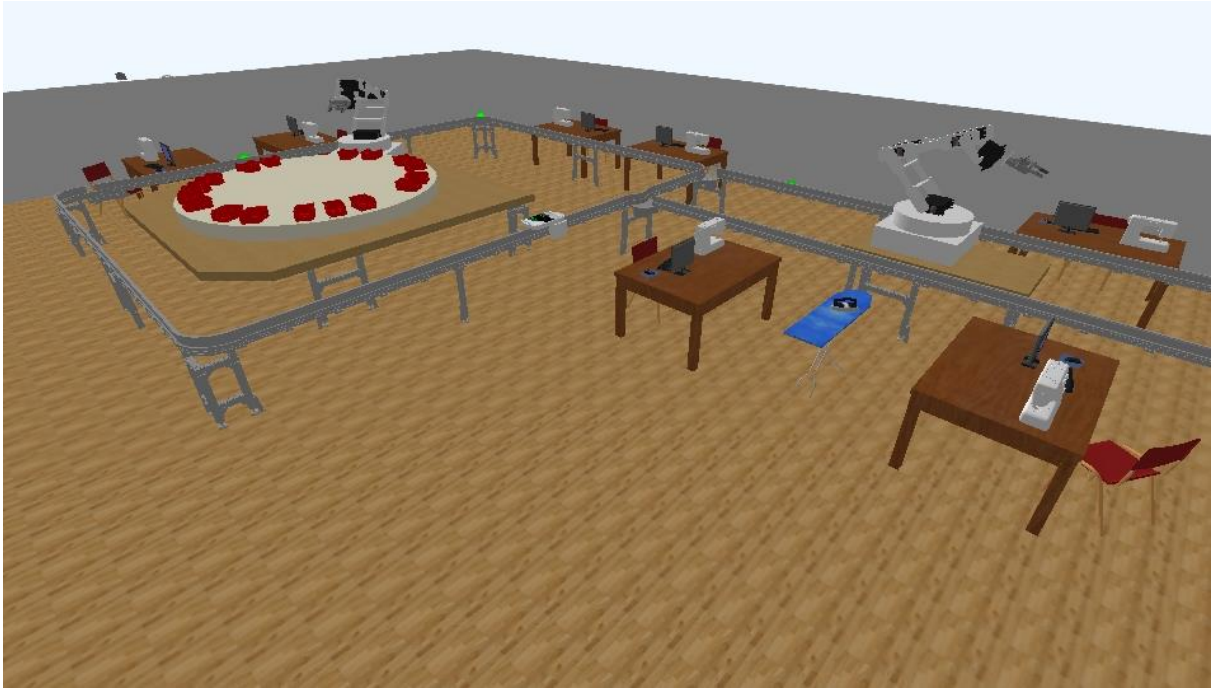

Figure 8. Modèle de l'atelier de production réalisé sous Simio

Le modèle en lui-même ne permet que le déplacement d'un produit grâce à un shuttle (une navette), et ce d'après une séquence de montage prédéfinie. Il servira néanmoins de support à l'étape suivante qui consistera non plus à déplacer les navettes d'après cette séquence, mais grâce à une source externe (voir la partie suivante sur l'interfaçage de Simio avec une source externe).

Le modèle en détail

La navette de transport transporte de poste en poste des objets de petite taille. Une séquence de montage prédéfinie permet d'indiquer à cette dernière ses destinations. La navette ira donc délivrer au poste i un objet x, et le poste traitera ce dernier pendant un certain temps. Une fois le traitement terminé, le poste déposera sur la navette l'objet modifié que l'on appellera x+1, et la navette ira à sa prochaine destination i+1 et ainsi de suite jusqu'à la fin de la séquence.

Les postes

Les postes de travail, qui sont au nombre de sept, sont situés tout autour du circuit. Ils sont tous équipé d'un ordinateur et d'un ou plusieurs outils de travail selon les besoins (ici une machine à coudre). Les objets utilisés pour les représenter sous Simio sont des serveurs qui ont pour rôle de simuler un temps de process (un temps de travail) qui est déterminé grâce à la séquence.

Figure 9. Un poste de travail

La séquence de montage

La séquence est représentée dans Simio sous la forme d'un tableau. Elle permet à la fois d'attribuer n destinations à la navette mais également un temps de process sur chacun des postes précédemment détaillés.

La figure n°10 est un exemple de séquence. La navette se déplacera du poste n°2 au poste n°5 en passant par 6 autres et pour chacune des étapes un temps de process sera attribué au poste.

Sequence Montage

	Circuit To Do	ProcessingTime (Minutes)
1	Input@Poste2	10
2	Input@Poste4	5
3	Input@Poste2	2
4	Input@Poste6	3
5	Input@Poste1	2,5
6	Input@Poste3	2
7	Input@Poste7	6
8	Input@Poste5	4
*		

Figure 10. Séquence de montage

Les switch

Les switch fonctionnent comme un aiguillage. Ils analysent la prochaine destination de la navette et réagissent en conséquence. Le modèle a été construit de sorte à pouvoir s'adapter à n'importe qu'elle séquence de montage. C'est-à-dire que peu importe la longueur de la séquence, les temps de process choisis, les switch s'adapteront automatiquement et ce grâce à un système de process qui propose Simio.

Les figures n°11 et n°12 montrent comment réagit un switch selon si la navette voulait aller à gauche ou à droite.

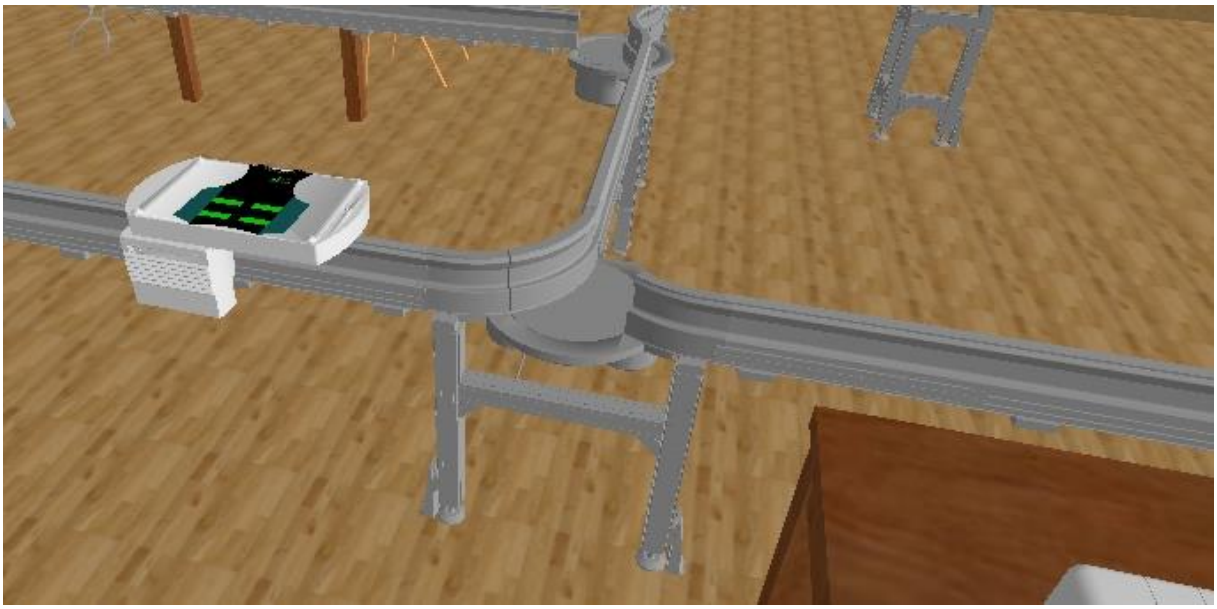

Figure 11. Switch dirigé vers la gauche

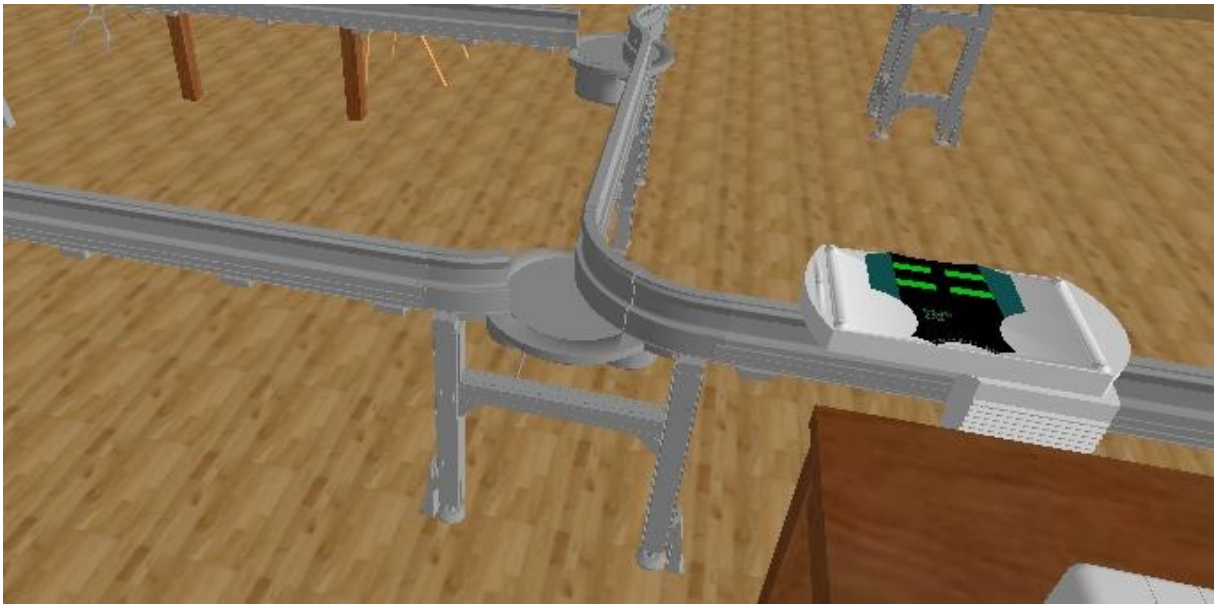

Figure 12. Switch dirigé vers la droite

Les process

Les process sont des actions qui sont déclenchées lorsqu'un évènement se produit comme par exemple lorsqu'un une entité arrive sur un serveur. La figure n°13 est un exemple qui permet de modifier l'orientation d'un switch :

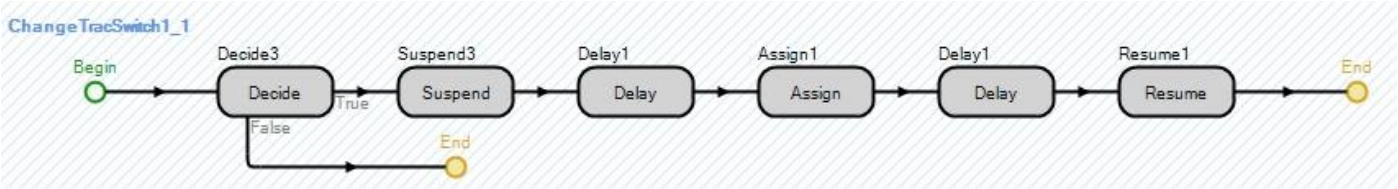

Figure 13. Les Process

Un process démarre toujours à gauche sur le point vert nommé Begin et se termine sur un point jaune appelé End. Tout cela en passant par des Step ayant différents rôles.

Ce process permet de modifier l'orientation d'un switch. Il commence par un step nommé Decide qui fonctionne comme un « if » et qui renvoie true or false. Dans ce cas-là on vérifie si le switch est dans la mauvaise position comparé à la destination de la navette. Si il est déjà dans la bonne position on ne fait rien sinon :

1. On arrête la navette
2. Pendant x secondes
3. On modifie l'orientation du switch
4. On patiente encore x secondes pour être sûr que le switch soit bien dans la bonne position
5. On redémarre la navette

Ce process se déclenchera donc juste avant que la navette se soit engagée sur le switch correspondant.

Les labels

Simio propose également un système de label permettant d'afficher à l'écran des informations de tout type :

Voici un exemple (figure n°14) présent dans le modèle qui affiche le temps écoulé depuis le début de la simulation, le temps de process qui est actuellement effectué sur le poste et la séquence de montage :

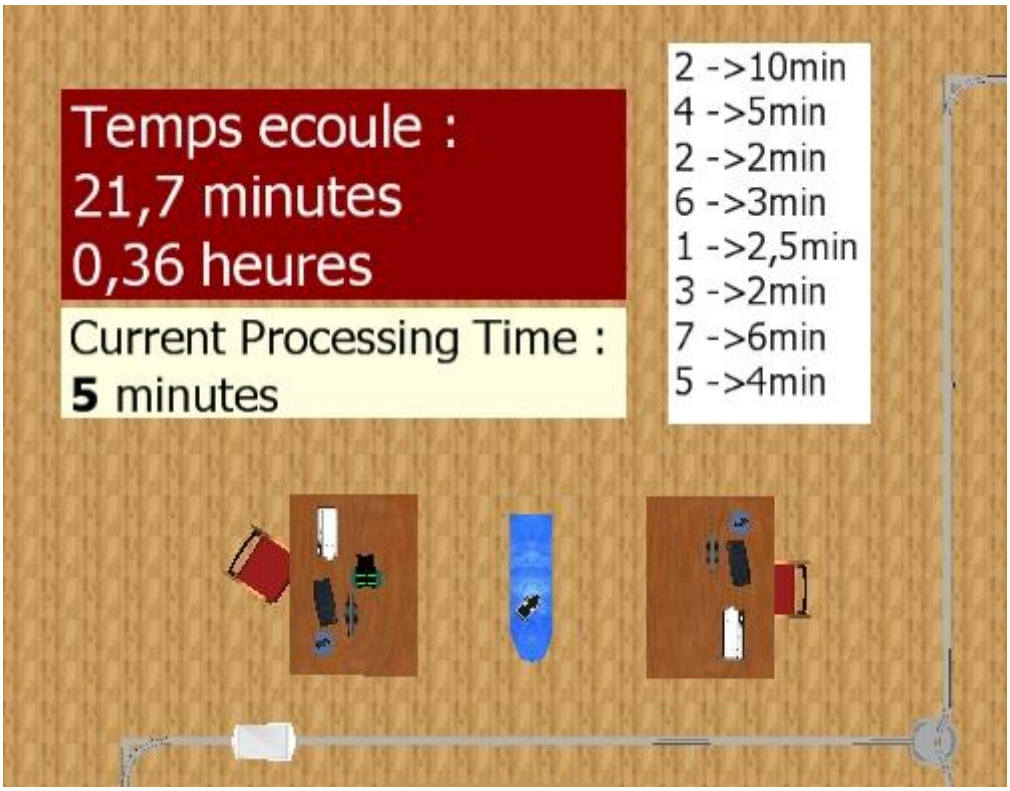

Figure 14. Les Labels

Interfaçage

La base du modèle réalisé sous Simio étant terminée, nous nous sommes renseignés sur une manière de pouvoir communiquer avec un élément extérieur afin de remplacer la séquence de montage prédéfinie. En effet nous souhaitons maintenant pouvoir contrôler le système grâce à un élément extérieur. Pour cela nous avons retenus deux pistes :

Un fichier tampon

Il est possible sous Simio de lié au modèle un fichier excel ou csv grâce au système des process. En analysant ce fichier avec une étape Read par exemple, nous pouvons dicter à la navette le parcours à suivre.
Cette méthode s'inspire beaucoup de la séquence de montage qui existe déjà et elle permet également de garder une trace des actions accomplis en y liant un deuxième fichier où elles y seront toutes inscrites grâce à une étape Write par exemple.

La figure n°13 est un exemple de fichier Read permettant de dicter à la navette le chemin à suivre :

	A	B	C	D
1	Output@Poste1,Input@Poste2			
2	Output@Poste2,Input@Poste3			
3	Output@Poste3,Input@Poste4			
4	Output@Poste4,Input@Poste5			
5	Output@Poste5,Input@Poste6			
6	Output@Poste6,Input@Poste7			
7	Output@Poste7,Input@Poste1			
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Figure 13. Exemple de fichier CSV

Néanmoins c'est à partir de là que les difficultés interviennent et c'est ce qui est présenté dans la deuxième piste.

La communication par internet

Malheureusement pour nous, il n'existe à l'heure actuelle pas de procédé intégré à Simio permettant de communiquer directement avec un programme extérieur. Nous nous sommes donc renseignés auprès de l'équipe Simio et nous avons appris que le seul moyen de pouvoir arriver à notre objectif est de modifier le code du programme des étapes Read et Write.

Il s'avère que ces étapes qui nous ont été fourni sont plutôt difficiles à comprendre, de plus il se trouve qu'elles sont écrites en .NET. C'est un framework développé par Microsoft que M. Pujo et moi-même ne connaissons pas.

Malgré mes recherches sur le sujet je n'ai pas pu obtenir de résultats. Le code est bien plus complexe que prévu et n'ayant de base aucunes compétences dans ce domaine je n'ai pas pu développer un code.
Néanmoins cela reste une piste qui mériterait d'être creusée par quelqu'un connaissant bien le .NET

Conclusion

Simio est sans aucun doute un excellent logiciel de simulation qui permet de réaliser simplement des modèles qu'il aurait été compliqué de modéliser avec un autre simulateur. De plus la modélisation graphique des objets en 3D qu'il propose et très complète ce qui facilite grandement la compréhension lors des simulations. Néanmoins il est encore jeune et possède encore des lacunes, notamment sur la communication avec des éléments externes.

Lorsque ce logiciel nous avait été présenté lors d'une journée, j'avais été très intéressé par celui-ci. Et ce stage était une parfaite occasion de pouvoir travailler dessus. Et malgré le fait de ne pas avoir pu aboutir au résultat visé, je reste très satisfait de ce que j'ai pu accomplir car je sais que M. PUJO pourra utiliser ce modèle pour développer de nouveaux ateliers pour les futures promotions.

Je reste cependant un peu frustré de ne pas avoir pu aller plus loin que la modélisation de l'atelier de production avec une simple séquence de montage. Mais néanmoins, je garde une très bonne expérience de ce SIR.