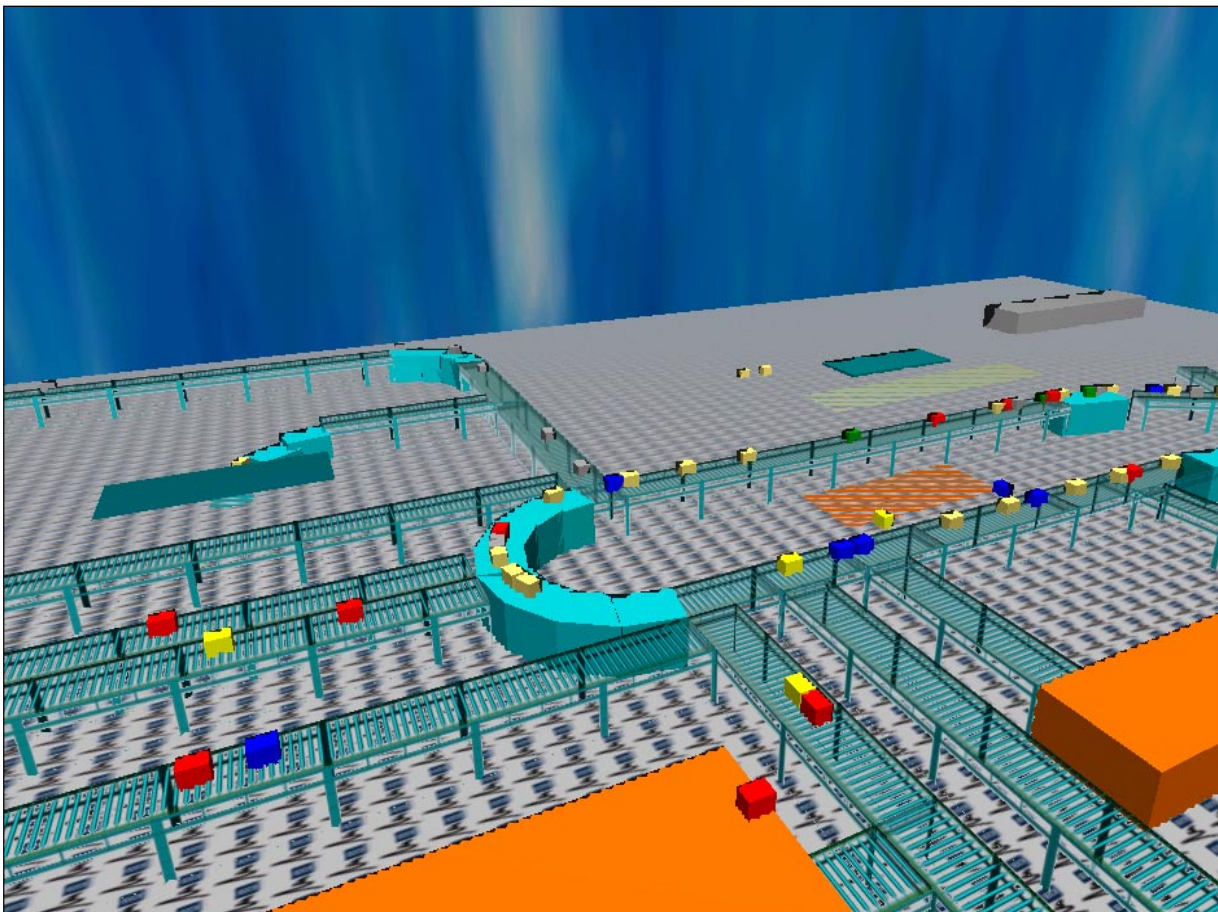




# TUTORIEL

## ED 6



## PREAMBULE

---

Pour pouvoir conduire une voiture, vous devez légalement être en possession d'un permis de conduire valable. Ce permis atteste que le conducteur a passé un examen avec succès et que, non seulement il maîtrise le véhicule mais connaît également les règles d'application à une conduite en toute sécurité en présence d'autres usagers de la route. Il ne faut pas se leurrer : lire le manuel livré avec le véhicule et qui se trouve dans la boîte à gants du tableau de bord ne suffit pas pour conduire une voiture.

Pour un logiciel de simulation, doté de fonctionnalités étendues, il n'existe pas de permis de conduire. Cependant, dans ce cas-ci également, une formation portant sur la maîtrise du logiciel et une utilisation raisonnée en cas de problèmes de simulation s'impose. En outre, par analogie avec le manuel fourni avec une nouvelle voiture, se contenter de feuilleter le manuel est rarement suffisant.

Enterprise Dynamics (ED), mis sur pied par Incontrol Enterprise Dynamics, est un logiciel de simulation (discrète). Il est fourni avec un manuel rédigé en anglais et comprenant plusieurs parties. Néanmoins, les utilisateurs débutants – et plus particulièrement les enseignants – étaient désireux de disposer d'instructions plus didactiques qui permettraient à ce groupe d'utilisateurs d'apprendre, rapidement et seuls, les principes de base du logiciel ED.

Ce désir a débouché sur ce Tutoriel qui constitue la première étape permettant de satisfaire à cette demande. Le tutoriel est un composant important de l'Educational Suite, c'est-à-dire de l'ensemble composé du logiciel et du matériel d'enseignement moderne dont l'objectif est présenter des défis que les étudiants doivent relever et de proposer aux enseignants un programme d'enseignement flexible et varié.

Cette Educational Suite comportent également différents cas d'étude (problèmes, développement selon une méthode de simulation, modèles ED correspondants) et une version étudiants du logiciel ED.

A l'avenir, ce tutoriel sera régulièrement adapté et développé, ce qui est déjà nécessaire uniquement pour les nouvelles versions du logiciel ED.

Toutes les remarques relatives à ce tutoriel ou au logiciel, les suggestions en vue d'améliorations, etc. sont les bienvenues. Vous pouvez les adresser à [andre.gijsberts@incontrol.nl](mailto:andre.gijsberts@incontrol.nl). Cette adresse e-mail ne s'applique pas aux questions relatives au contenu du logiciel ED : la personne la mieux indiquée à ce propos est l'enseignant ! Ensuite, l'enseignant peut (si nécessaire) faire appel au service d'assistance d'Enterprise Dynamics.

André Gijsberts, Manager Training & Education

Maarssen, mars 2004

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>Conception du tutoriel.....</b>	<b>4</b>
1.1	Fondements didactiques .....	4
1.2	Remarque.....	4
1.3	Conception du tutoriel.....	5
1.4	L'apprentissage de la simulation .....	5
<b>2</b>	<b>Les fondements d'ED .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Première prise de contact avec ED.....</b>	<b>8</b>
3.1	Démarrage d'Enterprise Dynamics.....	8
3.2	Explication des différentes parties de l'écran.....	9
3.3	La structure du menu .....	10
3.4	La structure de la bibliothèque et du modèle .....	10
<b>4</b>	<b>Bases pour la construction d'un modèle.....</b>	<b>12</b>
4.1	Faire glisser des atomes dans le modèle .....	12
4.2	Les canaux .....	16
<b>5</b>	<b>Analyse des résultats.....</b>	<b>22</b>
5.1	Méthodes de mesure des résultats .....	24
5.2	Le mesurage des résultats.....	25
<b>6</b>	<b>Jouer avec des stratégies .....</b>	<b>34</b>
6.1	Adaptation de la stratégie d'input.....	35
6.2	Adaptation de la Queue Discipline .....	36
6.3	Adaptation du message Send to .....	37
<b>7</b>	<b>Plus d'atomes : d'assembler à unpack.....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Enterprise Dynamics et Excel.....</b>	<b>44</b>
8.1	La Banque.....	44
8.2	La liaison avec Excel.....	46
8.3	Transfert de données vers Excel .....	47
8.4	Emmagasinage de données contenues dans Excel.....	48
8.5	Troubleshooting .....	49
8.6	To pool or not to pool ?.....	50
<b>Annexe 1</b>	<b>La structure du menu</b>	
<b>Annexe 2</b>	<b>Description des principaux atomes</b>	
<b>Annexe 3</b>	<b>A first guide to 4DScript</b>	

# 1 CONCEPTION DU TUTORIEL

---

## 1.1 Fondements didactiques

Ce tutoriel apprend à un utilisateur débutant les principes de base du logiciel de simulation qu'est Enterprise Dynamics, abrégé ci-dessous en ED.

Le point de départ du chapitre 3 est simplement l'écran de démarrage d'ED. A partir de cet écran, l'utilisateur découvre ED pas à pas. Généralement, cette démarche est basée sur des cas d'étude (succincts), c'est-à-dire des problèmes mineurs rencontrés dans un contexte déterminé. En créant un modèle étape par étape ou en expérimentant avec un modèle correspondant, les fonctionnalités d'ED sont clairement définies en fonction de l'application.

Cette approche présente divers avantages :

1. l'utilisateur découvre ED en modélisant un problème de simulation, ce qui correspond aux raisons pour lesquelles on utilise le logiciel dans la pratique
2. l'utilisateur retient mieux les fonctionnalités d'un programme si celles-ci sont associées à différentes applications
3. l'utilisateur peut se référer à différentes solutions proposées dans des exemples lorsqu'il est confronté à un problème similaire.

Bref, ce tutoriel ne vise pas uniquement à expliquer *ce que* fait un composant du logiciel mais également *comment* et *quand* on l'utilise. Certaines parties, notamment les aperçus présentés dans les annexes servent également d'ouvrage de référence.

Afin d'éviter tout malentendu, veuillez remarquer que ces instructions ne rendent pas le manuel (rédigé en anglais) – que vous trouverez dans la fonction d'aide – superflu. Les utilisateurs qui souhaitent aller plus loin dans la construction de modèles de simulation consulteront fréquemment ce manuel car il présente toutes les fonctionnalités du logiciel.

## 1.2 Remarque

Dans ces instructions, certains termes anglais ont été traduits. Souvent, nous avons choisi l'option de ne pas les traduire pour deux raisons. D'une part, il arrive qu'il n'y ait pas d'équivalent français adéquat et, de l'autre, les traductions rendraient l'apprentissage d'ED plus difficile (surtout dans le cas d'articles de menu en anglais).

Lorsqu'il est fait référence à un sous-menu, nous utilisons le symbole |. Par exemple, File | Preferences fait référence au sous-menu Preferences (dans lequel on trouve certains réglages par défaut) que l'on trouve dans le menu File. Pour mettre l'accent sur des éléments importants, nous utilisons des caractères **gras** ou en *italiques*. Les cas d'étude et questions correspondantes sont présentés dans cette police-ci. Lorsque, dans un texte, le code 4DScript est repris, nous utilisons cette police-ci.

Un avertissement est précédé de : *Attention !* Une indication importante, qui peut également s'utiliser dans de nombreux autres cas, est indiquée par : *Conseil*.

### 1.3 Conception du tutoriel

Après une brève introduction générale du programme ED au chapitre 2, au chapitre 3, nous vous présentons le logiciel en soi sous forme d'un aperçu de la structure du menu et des différentes parties de l'écran de démarrage d'ED.

Les fondements du logiciel sont exposés au chapitre 4 sur la base d'un simple problème de file d'attente avec un seul guichet. Ensuite, nous ajoutons deux autres guichets pour expliquer le concept de ce que l'on appelle les canaux. Les atomes utilisés sont la Source, la Queue, le Server et le Sink.

Au chapitre 5, les différentes façons de consulter les résultats d'une étude occupent une position centrale. Nous nous basons sur un cas d'étude dans une charpenterie qui explique notamment clairement la façon de travailler avec des batches. L'utilisateur découvre également les nouveaux composants que sont le Monitor, le Summary Report, divers graphiques et l'Experiment Wizard. Ensuite, nous faisons des exercices élémentaires sur les différentes étapes d'une étude de simulation, de la construction du modèle, en passant par la validation et la mise sur pied de l'experiment (expérience) jusqu'à l'analyse des résultats.

Au chapitre 6, l'accent est mis sur la consultation des possibilités préprogrammées permettant aux produits d'avoir accès à un atome suivant (stratégie de l'input), de la façon dont ils sont placés dans une file d'attente (discipline de la file) ou dont ils sont renvoyés après avoir servi (send to).

Le chapitre 7 introduit huit nouveaux atomes, notamment l'Assembler et le Conveyor, tandis que le chapitre 8 est consacré aux liens entre ED et Excel. Ce chapitre est également une introduction au langage 4DScript, notamment via les principales labels.

Les annexes jouent un rôle important en tant qu'ouvrage de référence. A l'annexe 1, vous trouverez une brève explication de la structure du menu tandis que, à l'annexe 2, les principaux atomes sont décrits de façon exhaustive. L'annexe 3, intitulée A first guide in 4DScript (premier guide du langage 4DScript), est rédigée en anglais et constitue le point de départ pour le langage de programmation sous-jacent dans ED.

### 1.4 L'apprentissage de la simulation

La simulation n'est pas une technique aisée : pour utiliser un programme de simulation de façon judicieuse, l'utilisateur doit connaître les fondements théoriques d'une simulation (discrète) et notamment les distributions des probabilités et le processus de construction d'un modèle, les techniques de validation ou de mise sur pied des expériences. Bien que le tutoriel apporte également une certaine aide en la matière, il ne s'agit nullement d'un manuel de simulation. A cet effet, nous vous conseillons de consulter les livres et manuels relatifs à la simulation discrète.

Le développement du sens de la simulation et la construction de modèles (de simulation) en particulier nécessitent des exercices intensifs. Vous pouvez télécharger la Version étudiant 6.0 – adaptée à l'enregistrement de modèles jusqu'à 30 atomes – sur le site Internet [www.enterprisedynamics.com](http://www.enterprisedynamics.com). Il est impossible de construire ou d'emmagasiner de plus grands modèles.

Nous conseillons quiconque possède un ordinateur conforme aux spécifications mentionnées sur le site d'installer cette version à domicile. Remarquez toutefois que l'utilisation à des fins commerciales ou dans le cadre d'un institut d'enseignement sans disposer d'une licence scolaire n'est pas autorisée.

Consultez régulièrement le site pour les mises à jour. Sous peu, vous pourrez télécharger la première partie de ce tutoriel dans différentes langues.

Les modèles proposés à titre d'exemples et figurant dans ce tutoriel sont également fournis avec la version étudiant. Utilisez-les en cas de doute quant à l'exactitude de vos propres modèles !

## 2 LES FONDEMENTS D'ED

---

Enterprise Dynamics est un logiciel orienté objet pour le modelage, la simulation et la visualisation de processus dynamiques. Des bibliothèques par défaut, les utilisateurs peuvent extraire différents composants – appelés atomes – pour la construction de leur modèle. ED est basé sur l'idée que les atomes constituent les blocs constitutifs de tout modèle.

Les atomes peuvent représenter une machine, un guichet ou un produit mais ils peuvent également revêtir un caractère non-physique et se présenter, par exemple, sous forme de graphiques. Eu égard à la diversité des types d'atomes, nous parlerons *d'atomes de base* (cinq atomes fréquemment utilisés : product, source, sink, server et queue), *d'atomes de transport* (associés au transport), *d'atomes d'expérience*, etc.

Grâce à la structure ouverte d'ED, l'utilisateur (confirmé) peut construire et utiliser ses propres atomes avec l'Atom Editor. Pensez, par exemple, à une machine aux propriétés très spécifiques. Pour le moment, ED contient quelques 100 atomes par défaut mais ce nombre ne cesse d'augmenter. Pour ses applications, l'utilisateur débutant pourra se contenter de quelque 30 atomes fréquemment utilisés.

Les atomes sont, par conséquent, des blocs constitutifs prédéfinis permettant de créer rapidement des modèles et d'effectuer une étude. En outre, ED comprend également un langage de programmation propre, appelé 4Dscript, qui permet d'intégrer des éléments spécifiques issus de la réalité dans le modèle. Actuellement, ce langage se compose d'environ 1100 mots. Ce tutoriel aborde ce langage sommairement.

Eu égard au caractère ouvert d'ED, l'utilisateur peut étendre le logiciel lui-même ou choisir sa propre conception. Incontrol fournit également certaines Suites :

- La Logistic Suite destinée à la production, à la manutention des matériaux et à la distribution
- L'Airport Suite destinée aux aéroports
- L'Educational Suite destinée à l'enseignement

Ce tutoriel peut également s'utiliser pour la Logistics Suite et, en tant que produit, il fait partie de l'Educational Suite.

Incontrol Enterprise Dynamics est, en tant qu'entreprise, un Simulation Solution Provider : outre la construction, le développement et la vente du logiciel Enterprise Dynamics, elle fournit également des services étendus dans le domaine de la simulation et, par exemple, des formations et des services de consultance. La consultance porte à la fois sur la réalisation d'études de simulation et la construction d'applications.

## 3 PREMIERE PRISE DE CONTACT AVEC ED

### 3.1 Démarrage d'Enterprise Dynamics

Enterprise Dynamics peut être démarré au moyen du menu de démarrage. Lors du démarrage, la page d'accueil s'affiche en premier lieu (figure 3-1). Ensuite, le programme vous demande quelle application doit être lancée (figure 3-2). Vous devez sélectionner un fichier .app.

*Souvent, Enterprise Dynamics sélectionne lui-même le fichier application et l'utilisateur ne voit pas d'écran d'introduction de données !*

Les fichiers application comprennent les réglages destinés au programme Enterprise Dynamics en soi. Ils déterminent entre autres quels menus l'utilisateur peut voir et quels atomes sont directement disponibles. Ces fichiers application peuvent être adaptés par l'utilisateur.



Figure 3-1 : Page de garde

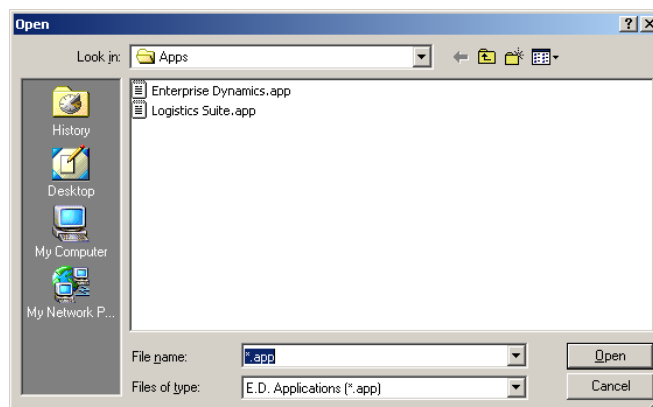


Figure 3-2 : Sélection d'une application



### 3.2 Explication des différentes parties de l'écran

Dès qu'Enterprise Dynamics est lancé, l'écran de démarrage devrait (sauf en ce qui concerne les parties encadrées) plus ou moins se présenter comme dans la figure 3-3.

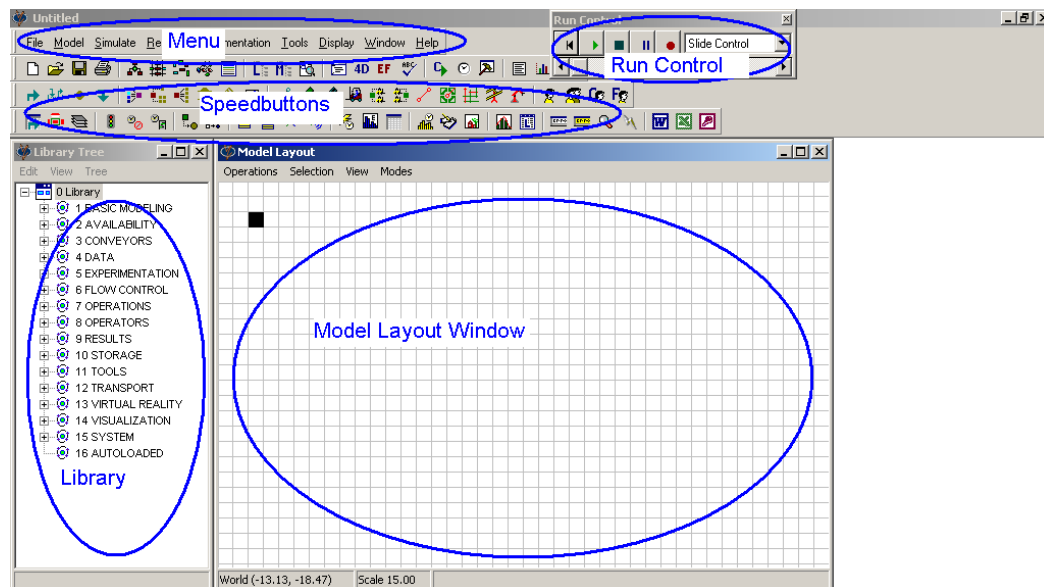


Figure 3-3 : Présentation de l'écran de démarrage d'Enterprise Dynamics

Cet écran se compose des parties suivantes :

- Une *barre de menu* : elle permet notamment d'ouvrir et enregistrer d'autres fichiers. Le paragraphe 3.3 explique la structure du menu de façon plus détaillée.
- Les *speedbuttons* : ces boutons permettent de placer rapidement des atomes déterminés dans le modèle et de donner des ordres à Enterprise Dynamics (par exemple, l'enregistrement d'un modèle). Si vous cliquez sur un speedbutton, l'atome apparaît automatiquement dans le modèle ou une action est lancée.
- La *bibliothèque* : elle peut comprendre tous les atomes qu'un utilisateur peut placer dans le modèle. Tous les atomes sont associés à une fonction déterminée. En combinant les atomes adéquats, il est possible de construire ('modeler') un processus d'exploitation dans Enterprise Dynamics.  
Le chapitre 4 traite de la construction de modèles.
- L'*écran des modèles* : les modèles sont construits dans cette partie de l'écran.
- Le *runcontrol* : cette fonction permet de démarrer la simulation du modèle conçu et de régler la vitesse de la simulation.

### 3.3 La structure du menu

Les fonctions et la présentation des menus sont identiques aux menus d'autres applications Windows, par exemple Word et Excel. Dans le tableau ci-dessous, nous vous expliquons brièvement les articles de menu les plus fréquemment utilisés.

Le menu principal se trouve dans la barre de menu. Le menu principal se compose des parties suivantes :

<b>File</b>	Pour créer, ouvrir ou enregistrer des fichiers ou pour régler les fonctionnalités par défaut telles que l'impression ou le catalogue des fichiers
<b>Model</b>	Pour créer et afficher des modèles
<b>Simulate</b>	Pour effectuer effectivement une simulation <i>unique</i>
<b>Results</b>	Pour les rapports et graphiques relatifs à une simulation <i>unique</i>
<b>Experimentation</b>	Pour concevoir, exécuter et évaluer une expérience portant sur <i>plusieurs</i> simulations
<b>Tools</b>	Comprennent notamment des aides permettant de construire des atomes, par exemple, divers éditeurs
<b>Display</b>	Pour régler l'affichage du modèle en 2D ou en 3D
<b>Window</b>	Comprend différentes fenêtres, par exemple un aperçu du langage 4D-script ou des icônes
<b>Help</b>	Comprend le manuel complet et des informations sur l'entreprise et la version

Remarquez que les options Model, Simulate et Results suivent les étapes successives d'une étude de simulation !

Derrière chaque article du menu principal se cachent des sous-menus. L'[annexe 1](#) explique brièvement cette structure et décrit également les différents sous-menus. Les articles de menu affichés en *italiques* sont uniquement importants pour les utilisateurs confirmés et les utilisateurs débutants peuvent s'en passer. Dans l'annexe, nous avons décidé de les présenter tous car cette partie du tutoriel fait également office d'ouvrage de référence. Parcourez rapidement l'annexe 1 pour vous faire une première idée de la structure du programme. Bien connaître cette structure est pratique si vous souhaitez construire vous-même des modèles par la suite.

### 3.4 La structure de la bibliothèque et du modèle

Dans ED, nous utilisons une structure en arborescence pour la visualisation de l'ordonnance des atomes. Nous indiquons quels atomes contiennent d'autres atomes

déterminés. Ainsi, le ‘main tree’ donne-t-il un aperçu complet de l’application, de la bibliothèque et du modèle ouvert.

Deux autres structures en arborescence importantes sont les suivantes :

- Le Library Tree (voir figure 3-4) qui comprend tous les atomes que l’utilisateur peut placer dans le modèle. Les atomes sont subdivisés en groupes. Ainsi trouve-t-on, par exemple, un groupe avec les convoyeurs (convoyeurs) et un groupe avec les operators (opérateurs). En sélectionnant un atome et en le glissant vers l’écran des modèles (le ‘Model Layout’), l’atome est placé dans le modèle.
- Le Model Tree qui comprend tous les atomes ayant été placés dans le modèle.

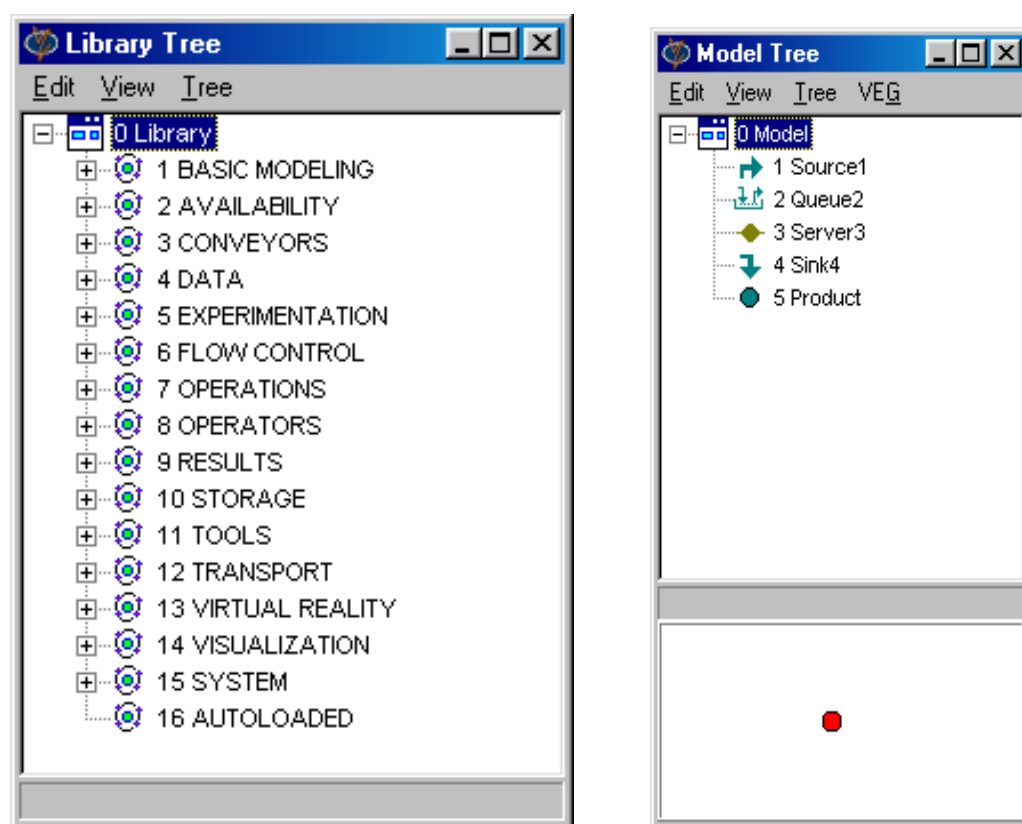


Figure 3-4 : Le Library Tree général et le Model Tree du cas d’étude 1

L’utilisateur peut passer d’une partie à l’autre de la bibliothèque en sélectionnant, dans le menu Model l’article de menu Library Tree ou Model Tree. Il peut également utiliser les Speedbuttons. La figure 3-5 présente les boutons devant être utilisés.



Figure 3-5 : Speedbuttons pour le Library Tree et le Model Tree

## 4 BASES POUR LA CONSTRUCTION D'UN MODELE

---

Alors que, dans le chapitre précédent, nous avons uniquement abordé la théorie relative à Enterprise Dynamics, dans ce chapitre, nous commençons à construire un modèle simple dans Enterprise Dynamics. D'autre part, l'accent est mis sur l'apprentissage d'ED et non sur l'exécution entièrement justifiable d'une étude de simulation. A la fin de ce chapitre, l'utilisateur doit être en mesure de développer un modèle dans lequel plusieurs machines sont utilisées en parallèle.

### 4.1 Faire glisser des atomes dans le modèle

La première étape lors de la construction d'un modèle consiste à placer les atomes adéquats dans le modèle. Dans ce paragraphe, nous commençons par construire un modèle simple qui se compose des quatre composants suivants (voir figure 4-1) :

- Source : cet atome fait en sorte que les produits entrent dans le modèle
- Queue : cet atome est une file d'attente pour les clients ou les produits
- Server : cet atome sert de machine ou de guichet. Ici, les atomes sont modifiés et séjournent pendant une période déterminée (la durée du traitement) dans cet atome.
- Sink : cet atome permet aux clients ou produits de quitter de nouveau le modèle.

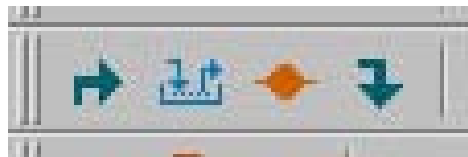


Figure 4-1 : Speed Buttons : source, queue, Server et sink

#### *Cas d'étude 1*

Un bureau de poste d'Amsterdam accueille en moyenne 20 clients l'heure et le collaborateur du bureau de poste consacre en moyenne deux minutes à chaque client. Bien entendu, à certaines heures le bureau est plus ou moins fréquenté. Les deux minutes dont le collaborateur du bureau de poste a besoin peuvent également varier. Un client qui souhaite uniquement acheter des timbres a évidemment besoin de moins de temps qu'un client qui veut ouvrir un nouveau compte. Les clients sont servis en fonction de l'ordre d'arrivée.

Certains clients se sont plaints des files d'attente. Comme le directeur du bureau de poste estime que le service à la clientèle est primordial, il veut examiner le problème.

#### *Questions et tâches*

1. Quelle est la charge de travail collaborateur ? Qu'est-ce que cela signifie ?
2. Sur la base de ces informations, est-il possible d'estimer le file d'attente moyenne?
3. Quels résultats d'une étude pourraient intéresser le directeur ?

Une simulation permet de mieux analyser la file d'attente moyenne. Comme il s'agit du premier modèle que nous allons construire, le modèle est expliqué étape par étape. Pour ce faire, nous utiliserons les 4 atomes présentés au début de cette section et les

placerons dans notre modèle dans l'ordre décrit ci-dessus. Premièrement, nous placerons la Source, ensuite la Queue, le Server et, pour terminer, le Sink. Pour placer les atomes, il suffit de cliquer sur les Speed Buttons (voir figure 4-1) ou de faire glisser les atomes cités de la Library.

A la fin de cette première étape, nous obtenons la figure 4-2 :



**Figure 4-2 : Le premier modèle**

En cas d'erreurs, il suffit de cliquer sur un atome et de supprimer ensuite cet atome au moyen de la touche Delete.

Pour contrôler si les clients sont dans le bon ordre dans le modèle, nous allons lancer la simulation. Nous le faisons au moyen de l'écran Run Control. Si cet écran n'est pas encore ouvert, nous devrons préalablement l'ouvrir via l'option Simulate dans le menu principal. Veillez à ce que, dans l'écran Run Control, l'option Slide Control ait été sélectionnée (voir figure 4-3). Au moyen de la barre de défilement située dans la partie inférieure de l'écran Run Control, il est possible d'adapter la vitesse de la simulation.



**Figure 4-3 : sélectionner Slide Control**

Avant de pouvoir démarrer la simulation, vous devez préalablement appuyer sur le bouton de Reset. C'est le bouton situé à l'extrême gauche de l'écran Run Control. Lorsque vous avez appuyé sur le bouton de Reset, une petite boule bleue apparaît à côté de l'atome Source. Il s'agit d'un atome produit. En appuyant sur le bouton de démarrage (triangle vert), les produits, dans ce cas-ci, les clients, se déplaceront au travers des autres atomes, dans ce cas-ci, le bureau de poste. Si nécessaire, adaptez la vitesse !

En règle générale, dans cet exemple, aucune file d'attente n'apparaîtra devant le guichet (Server). Par conséquent, la petite boule bleue est uniquement visible dans le guichet (Server). En outre, dans le Server, un pourcentage s'affiche. Ce pourcentage indique le taux d'occupation du Server. Si le pourcentage n'est pas visible, il se peut qu'il soit nécessaire d'agrandir ou de rétrécir l'affichage. Vous pouvez le faire en cliquant simultanément sur le bouton gauche et droit de la souris et en déplaçant la souris vers l'avant ou vers l'arrière. Les mouvements de l'atome produit sont plus faciles à suivre si vous activez 2D Visual Trace – un sous-menu de l'option Display.

Maintenant, nous avons placé les atomes dans le bon ordre mais nous n'avons pas encore complété le nombre de clients qui entrent par heure et de combien de temps le collaborateur a besoin pour servir un client. Avant de pouvoir encoder ces temps dans Enterprise Dynamics, nous devons tenir compte du fait que, dans Enterprise Dynamics, tous les temps sont notés en secondes. Par conséquent, si le collaborateur a besoin de deux minutes pour servir un client, dans Enterprise Dynamics, nous encodons 120 secondes. En outre, il est uniquement possible d'indiquer le laps de temps entre l'arrivée de deux clients, ce que l'on appelle les temps d'arrivée intermédiaires (t.a.i.).

Premièrement, nous devons modifier les réglages de la Source, afin que, par heure, vingt nouveaux clients en moyenne entrent dans le bureau de poste. En double-cliquant sur l'atome Source, un écran d'introduction de données s'affiche (voir figure 4-4). Dans le champ Inter-arrival time, vous pouvez indiquer le temps d'arrivée intermédiaire. L'incertitude en ce qui concerne le processus d'arrivée peut être compensée en utilisant une distribution des probabilités. Dans cet exemple, nous utilisons la distribution exponentielle, une distribution des probabilités que l'on utilise fréquemment dans le cas de processus d'arrivée et de service chaotiques. Dans Enterprise Dynamics, vous devez utiliser le code 4DScript suivant : `negexp(e1)` dans lequel e1 représente la valeur moyenne ou l'attente en ce qui concerne la distribution exponentielle. Ensuite, indiquez 180 comme temps d'arrivée intermédiaire et confirmez en appuyant sur Ok :

**Figure 4-4 : Ecran d'introduction de données Source**

**Important :**

A droite des champs d'introduction de données, on trouve souvent un triangle orienté vers le bas. Si vous double-cliquez dessus, vous obtenez une liste des options disponibles et prédéfinies. Regardez d'abord si la liste vous propose une option utilisable pour votre problème ! Pour des explications à propos de ces options : voir annexe 2. Cet annexe décrit entièrement les principaux atomes et leurs champs

d'introduction de données. Le texte 4DS signifie que, ici, des commandes 4Dscript, le langage de programmation d'ED, peuvent être complétées.

Ensuite, nous indiquons également le temps dont un collaborateur a besoin pour servir 1 client. Ici également, nous utilisons la distribution exponentielle. Double-cliquez sur l'atome Server afin de pouvoir adapter le temps de traitement (voir figure 4-5). Adaptez le Cycletime de façon telle à ce que le collaborateur ait besoin de deux minutes en moyenne pour servir un client.

Server3

Atom Name: Server3

Icon: [Icon]

3D Icon: CNC Mill

Main color: [Orange]

Second color: [Brown]

Setup Time: 0

Cycletime: 4DS negexp (9)

Send to: 1

Input strategy: Any inputchannel

Batch (B): 4DS 1

Batch Rule: B in, 1 out (the first)

Trigger on entry: 4DS 0

Trigger on exit: 4DS 0

Busy time? ☐

MTTF (seconds): 4DS 0

MTTR: 4DS 0

MCBF (cycles): 4DS 0

MTTR for cycles: 4DS 0

Ok Cancel Apply

**Figure 4-5 : Ecran d'introduction de données Server**

Faites un Reset et démarrez de nouveau la simulation au moyen de Run Control. Comme nous avons allongé le temps entre deux arrivées, il est judicieux d'augmenter la vitesse de la simulation. La vitesse de la simulation peut être augmentée en désactivant 2D Visual Trace. Si vous zoomez suffisamment vers l'arrière, vous pouvez voir combien de clients se trouvent dans la file d'attente.

Il est possible de remplacer la petite boule bleue symbolisant un client par une autre illustration. Pour ce faire, double-cliquez sur la petite boule bleue à gauche de la source. Dans le champ d'introduction de données 2D Icon, double-cliquez une nouvelle fois sur la petite boule bleue. Le Resource Manager apparaît avec les icônes que l'utilisateur peut sélectionner. Cliquez sur la nouvelle icône souhaitée et sur OK dans le Resource Manager : la petite boule bleue de l'écran Product a été remplacée par cette nouvelle icône.

L'icône qu'Enterprise Dynamics utilise dans l'affichage en 3D peut également être adaptée. Pour ce faire, utilisez l'option 3D icon et, dans la liste, sélectionnez Person. Consultez le modèle en 2D et en 3D. Pour ouvrir l'affichage en 3D : sélectionnez l'article du menu principal Display et, ensuite, une des possibilités d'affichage en 3D. En déplaçant la souris et en cliquant sur les boutons de la souris, vous pouvez naviguer dans le modèle en 3D.

*Conseil* : De nombreuses autres icônes sont disponibles. Essayez via File|Import d'ajouter une icône existante à la liste par défaut !

Dans cette étude de simulation, la sélection d'une autre icône sert uniquement à obtenir une simulation plus esthétique. Cependant, si vous devez faire la distinction entre deux types de clients, l'utilisation de plusieurs icônes permet une clarté supérieure. Un groupe de clients peut, par exemple, recevoir une icône verte et l'autre une icône bleue.

Maintenant, le modèle peut être enregistré. En guise de contrôle, le modèle de ce bureau de poste figure dans les modèles du tutoriel sous le nom de Postoffice1.mod.

## **4.2 Les canaux**

### *Cas d'étude 1 (suite)*

Dans les quartiers avoisinants, 2 bureaux de poste sont fermés. Le directeur espère que son bureau de poste pourra accueillir de nombreux nouveaux clients et compte même doubler sa clientèle. Par conséquent, 40 clients par heure entreront dans son bureau de poste. Pour savoir si son bureau de poste sera en mesure de faire face à cet afflux de clients avec le seul guichet dont il dispose, il décide de nouveau de faire réaliser une étude de simulation.

4. Est-il judicieux, dans pareille situation, d'effectuer une simulation ? Pour répondre à cette question, basez-vous sur le taux d'occupation prévu et contrôlez vos prévisions en adaptant le modèle postoffice1.mod à la nouvelle situation et en effectuant une simulation.

### *Cas d'étude 1 (suite)*

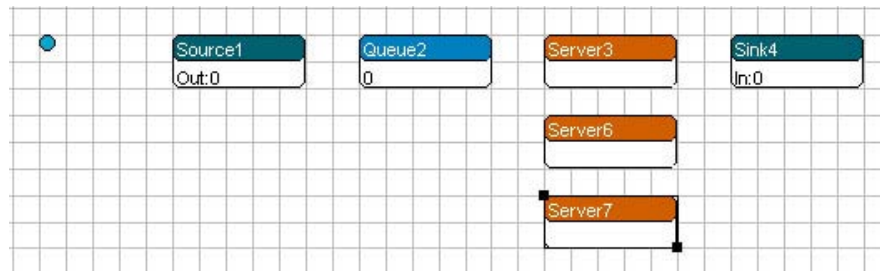
Il s'avère qu'un seul guichet sera insuffisant pour faire face à l'afflux de clients. A toutes fins utiles, le directeur voudrait même ouvrir trois guichets. Il voudrait une fois de plus en connaître les conséquences sur la file d'attente.

Pour commencer, nous plaçons les deux guichets sous le guichet existant (choisissez l'atome adéquat pour modeler un guichet). Ensuite, les réglages du Cycletime des guichets doivent être modifiés afin qu'ils correspondent au premier guichet. Pour ce faire, référez-vous éventuellement au paragraphe 4.1. Le modèle devrait se présenter comme dans la figure 4-6.



*Conseil* : Les atomes peuvent facilement – lorsque tous les champs ont été complétés et que tous les réglages ont été effectués – être copiés ! Pour ce faire, cliquez sur l’atome à copier et, ensuite, sur la touche F6. Pour copier plusieurs atomes, sélectionnez, en cliquant sur le bouton droit de la souris, un domaine et, appuyez ensuite de nouveau sur la touche F6 ou sur Ctrl-V. Attention : avec Ctrl-V, la copie se trouvera juste en dessous de l’original. Par conséquent, déplacez l’original ou la copie !

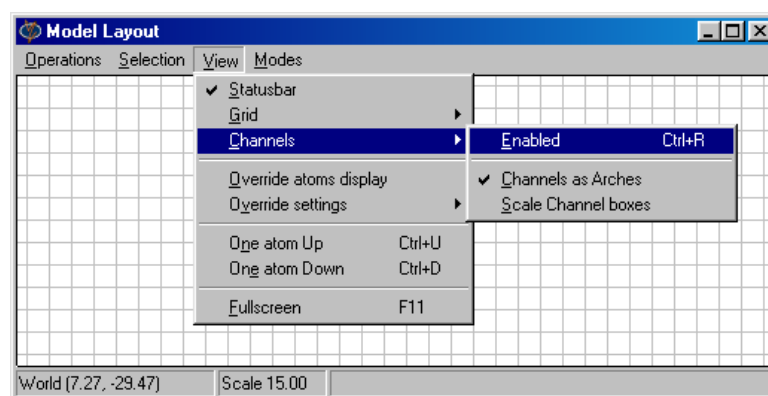
Les procédures visées ci-dessus, en combinaison avec les touches de navigation, sont pratiques pour déplacer plusieurs atomes en même temps.



**Figure 4-6 : Bureau de poste avec trois guichets**

Lorsque la simulation démarre, les clients se déplacent cependant toujours vers le guichet supérieur. Pour adapter cela, il faut regarder la façon dont Enterprise Dynamics renvoie les clients.

Dans le menu View de l’écran Model Layout, sélectionnez l’option Channels | Enabled (voir figure 4-7). Ce faisant, ce que l’on appelle les canaux (Channels) des atomes deviennent visibles. Dans ED, ces canaux servent au routage des produits et à la transmission des flux d’information. C’est la raison pour laquelle nous les analysons en détail ici.



**Figure 4-7 : Activation des canaux**

Si les lignes entre deux canaux ne se présentent pas sous la forme d’arcs mais de lignes en angle droit, il est judicieux d’activer l’option Channels as Arches dans le menu View | Channels (voir de nouveau figure 4-7).

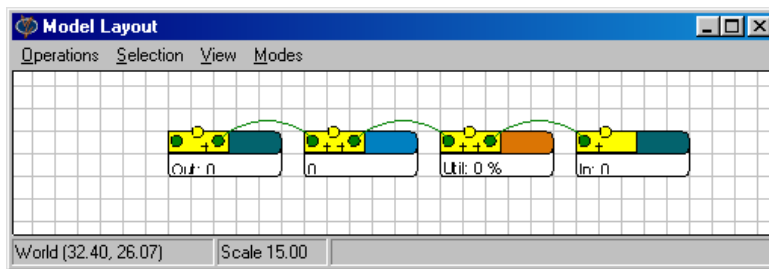


Figure 4-8 : Le modèle bureau de poste avec les canaux activés

Dès que les canaux sont activés, un petit bloc est ajouté à tous les atomes. Sur ce bloc, les canaux d'entrée et de sortie de l'atome sont indiqués (voir figure 4-8).

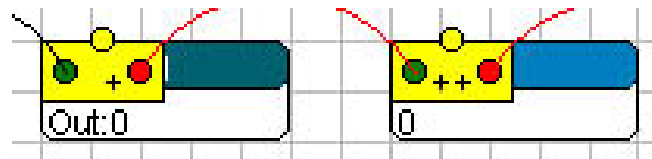


Figure 4-9 : Canaux reliés

Dans le bloc, vous pouvez voir un certain nombre de boules. La boule de gauche représente un canal d'entrée et celle de droite un canal de sortie. Un canal peut être *ouvert* (dans ce cas, il est indiqué en vert) ou *fermé* (indiqué en rouge). Lorsque le canal d'entrée et le canal de sortie sont tous deux ouverts, la liaison entre le canal d'entrée et de sortie est *prête* (indiquée en vert), sinon, la liaison n'est *pas prête* (indiquée en rouge).

La boule du milieu (au-dessus du bloc jaune) sert à envoyer et à recevoir des informations. Dans ce tutoriel, nous appellerons ce canal le canal central ('central channel'). Ce canal central s'utilise pour enregistrer des informations relatives à un atome.

Sur un atome, il y a toujours un seul canal central. Cependant, il est possible de relier plusieurs atomes au moyen du même canal central.

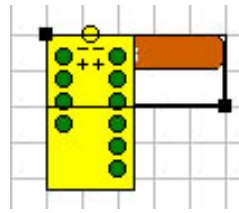
Les produits arrivent dans un atome via un canal d'entrée et quittent un atome via un canal de sortie. Un canal d'entrée doit toujours être relié à un canal de sortie ou à un canal central. Un canal de sortie doit toujours être relié à un canal d'entrée ou à un canal central.

Chaque canal d'entrée ou de sortie ne peut être relié qu'à un seul autre canal.

En cliquant sur le symbole + à côté d'une boule, il est possible d'augmenter le nombre de canaux d'entrée ou de sortie. En cliquant avec le bouton droit de la souris sur un canal, on obtient un aperçu de toutes les liaisons de l'atome en question.

**Important :** bien que les canaux permettent de régler énormément de choses, l'essence même des canaux consiste à indiquer, sur un atome (lisez : file d'attente, guichet) toutes les localisations suivantes éventuelles des produits se trouvant dans cet atome. Ainsi, les canaux fournissent-ils un routage (brut) des produits au travers du modèle !

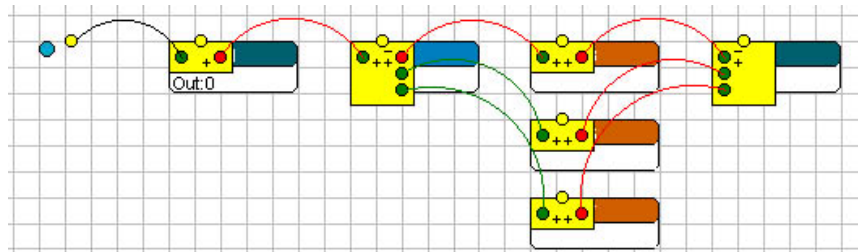
Dans la figure 4-10, vous pouvez voir un atome avec 4 canaux d'entrée, 6 canaux de sortie et le canal central.



**Figure 4-10 : Atome avec 4 canaux d'entrée et 6 canaux de sortie**

En tirant une ligne au moyen du curseur de la souris entre un canal de sortie et un canal d'entrée, deux atomes sont reliés l'un à l'autre. En tirant une ligne entre un canal d'entrée ou de sortie et le canal central du même atome, la liaison est interrompue.

Dans le modèle d'Enterprise Dynamics, reliez les canaux de façon telle que les clients se dirigent vers un des trois guichets et qu'ils passent ensuite d'un guichet à la sortie. Le résultat devrait se présenter comme dans la figure 4-11.

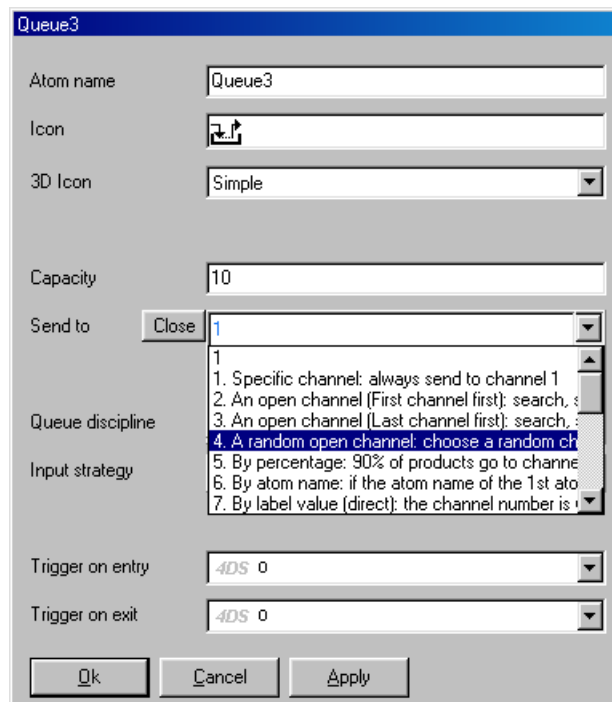


**Figure 4-11 : Bureau de poste avec canaux reliés**

Démarrez de nouveau la simulation (n'oubliez pas de faire un reset !) et contrôlez si les clients se dirigent bel et bien vers les guichets appropriés.

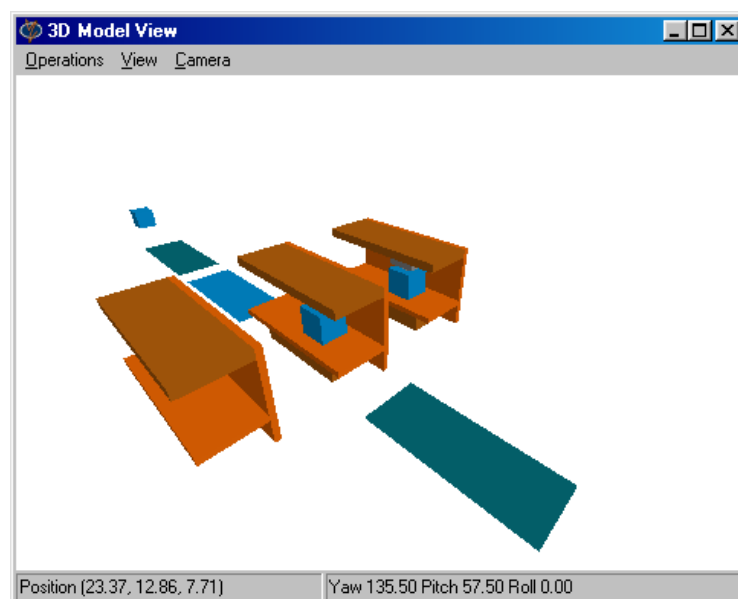
La raison pour laquelle les clients choisissent encore et toujours uniquement le guichet supérieur réside dans le fait que, dans Enterprise Dynamics, il est encore indiqué que les clients (atomes) doivent être renvoyés par défaut via le canal de sortie 1. Dans l'écran d'introduction de données, qui s'affiche en double-cliquant sur un atome, il est possible de régler par quel canal les produits doivent quitter la file d'attente. En double-cliquant sur la Queue, nous pouvons corriger les réglages pour notre modèle. Pour ce faire, nous devons adapter la valeur dans le champ Send To (voir figure 4-12) : si nous voulons que tous les canaux ouverts puissent être sélectionnés, les options 2, 3 et 4 sont pertinentes.

Réfléchissez sur la raison pour laquelle, dans l'option 2 et 3, le premier et le dernier serveur auront respectivement le taux d'occupation le plus élevé tandis que les taux d'occupation des serveurs seront tous plus ou moins identiques dans le cas de l'option 4!



**Figure 4-12 : Send to dans la Queue**

Dans le champ d'introduction de données Send To, vous pouvez compléter un nombre et, avec 4Dscript, vous pouvez même écrire un morceau de code programme, ce qui fournit le numéro de sortie. Vous pouvez également utiliser le code prédéfini. Cette dernière possibilité est certainement la méthode la plus facile pour les utilisateurs débutants. En cliquant, dans le champ d'introduction de données, sur le triangle orienté vers le bas, une liste de possibilités apparaît parmi lesquelles l'utilisateur peut choisir. Dès qu'il a sélectionné une règle déterminée, le texte qui s'affiche en bleu peut être adapté. Bien entendu, cette possibilité est uniquement disponible si des adaptations sont possibles.



**Figure 4-13 : Le modèle 3D avec trois guichets modélisés en tant que machines**

Maintenant, choisissez une stratégie selon laquelle le taux d'occupation des trois guichets sera plus ou moins identique. Si les taux d'occupation des guichets ne sont pas directement visibles, vous devez zoomer vers l'arrière ou vers l'avant (utilisez les deux boutons de la souris).

#### 5. L'agencement avec trois guichets suffit-il ?

Maintenant, le modèle peut être enregistré. En guise de contrôle, le modèle de ce bureau de poste figure dans les modèles du tutoriel sous le nom de Postoffice2.mod.

## 5 ANALYSE DES RESULTATS

---

Dans le chapitre précédent, sur la base d'un plan à étapes détaillé, nous avons simulé le cas d'un bureau de poste. Nous avons appris comment les atomes sont placés dans le modèle et comment les canaux peuvent être reliés. En outre, on vous a expliqué comment vous pouvez faire en sorte que les atomes entrent au moment opportun dans le modèle et qu'ils séjournent la durée adéquate dans les machines (ou guichets). Par conséquent, l'ensemble des principes de base en vue de la construction d'un modèle ont été traités.

Dans ce chapitre-ci, nous construisons un modèle plus complexe et nous nous penchons surtout sur les façons de contrôler et de mesurer les résultats de l'étude de simulation. Premièrement, nous vous proposons de nouveau un cas d'étude (simple) et, ensuite (après avoir construit un modèle correspondant), nous expliquons les différentes façons de mesurer les résultats. Ensuite, nous faisons un exercice pratique dans le modèle.

### *Cas d'étude 2      La charpenterie*

#### *Contexte général :*

*Généralement, une charpenterie possède son propre département conception. La gestion est assez complexe. En effet, chaque commande représente un projet distinct et la durée des différentes étapes de production doit être estimée de façon optimale. Un tel environnement requiert souvent d'importants stocks intermédiaires, implique des temps de rotation assez longs et des étranglements qui varient.*

La direction d'une charpenterie, qui fabrique essentiellement des fenêtres et châssis, voudrait avoir une meilleure idée des pierres d'achoppement, des quantités produites et des temps de rotation. C'est pourquoi elle a décidé de faire réaliser une étude de simulation. A des fins de simplicité, dans ce cas-ci, nous analysons uniquement la production de fenêtres.

Le processus de production de fenêtres se compose de différentes étapes. Premièrement, de longues poutres arrivent dans l'usine. Elles sont ensuite découpées sur une scie circulaire qui les réduit en petites planches. Chaque longue poutre est découpée en dix petites planches. Ces petites planches sont ensuite formées selon le schéma souhaité sur deux bancs de fraisage. Lorsque les planches ont été fraisées, elles sont acheminées vers le banc d'assemblage où 4 planches sont placées dans un cadre et ensuite collées rapidement. Il existe deux exemplaires identiques du banc de fraisage et du banc d'assemblage. Ils sont agencés en parallèle dans le processus de production. Par conséquent, les planches sont fraisées et collées une seule fois. Entre toutes les étapes de production, se trouvent toujours des zones de stockage suffisamment vastes. Les longues poutres sont en nombre suffisant pour permettre à la scie circulaire de produire en permanence. Pour contrôler le stock de bois dans le système, la règle est que, avant toute transformation, les stocks intermédiaires ne peuvent pas contenir plus de 100 planches par étape de transformation.

La découpe d'une poutre sur la scie circulaire est uniforme et dure de deux à trois minutes. Le temps de transformation d'une planche sur la fraiseuse dure en moyenne 36 secondes, avec une déviation standard de 2 secondes. Il faut exactement deux

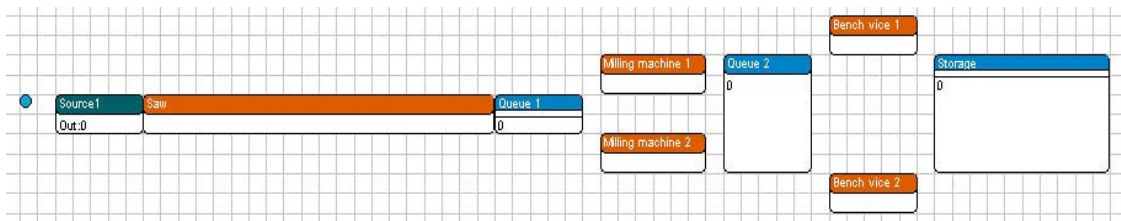
minutes au banc d'assemblage pour coller une fenêtre. La production a lieu sans interruption de 9 à 17 heures. Les produits qui ne sont pas prêts à la fin de la journée restent sur place jusqu'au lendemain.

### Analyse préliminaire

1. Esquissez le processus et déterminez, pour chaque processus partiel, la capacité à l'heure en poutres, planches ou fenêtres.
2. Combien de fenêtres quittent normalement l'usine par jour ?

Maintenant, construisez le modèle dans Enterprise Dynamics. Vous trouverez la distribution des probabilités dans le menu déroulant des Cycletimes ; remarquez que, pour la distribution normale, nous utilisons l'expression  $\max(0, \text{normal}(, ))$  pour éviter d'avoir des temps de traitement négatifs. Utilisez la Batch Rule sur le Server pour la transformation 1:10 des poutres en planches et la transformation 4:1 des planches en fenêtres. Modifiez le nom des Servers afin que le modèle soit plus facile à lire.

Si tout s'est passé correctement, vous obtenez un modèle conforme à celui présenté dans la figure 5-1.



**Figure 5-1 : Lay-out de la charpenterie**

L'atome Produit (la petite boule bleue) doit être modifié en 'planche' brune : double-cliquez sur le produit et modifiez l'écran d'introduction de données comme ci-dessous.

**Figure 5-2 : Ecran d'introduction des données Product**

Confirmez les modifications par rapport à l'écran d'introduction de données d'origine. Que s'est-il passé ?

L'icône 2D Icon avec la boule bleue s'y trouve toujours. Mais, si vous décochez *Show 2D Icon*, seule la couleur de fond brune est visible. Elle présente une longueur de 0,2 m et une largeur d'1 mètre comme s'il s'agissait d'une poutre debout. En 3D, la hauteur (size Z) de 0,2 mètre joue encore un rôle. Remarquez que l'icône produit peut varier en 2D et en 3D. En 3D, choisissez par exemple 'Pallet' ou une autre icône !

La grille qui est toujours visible derrière les atomes fait office de surface de coordonnées. Chaque case mesure 1 mètre sur 1. La case noire visible correspond aux coordonnées (0,0). Pour ce modèle abstrait d'une charpenterie, l'espace physique ne joue aucun rôle. Par contre dans d'autres applications, par exemple dans des entrepôts où certaines distances doivent être parcourues à pied et où des chariots élévateurs sont utilisés, il joue un rôle évident !

Enregistrez le modèle. En cas de doute quant à votre modèle personnel, vous pouvez également vous référer aux paragraphes suivants présentant le modèle fourni sous le nom de timber1.modèle

## 5.1 Méthodes de mesure des résultats

Maintenant que nous disposons d'un modèle opérationnel, nous pouvons commencer à mesurer les résultats. Enterprise Dynamics vous propose différents façons de mesurer ces résultats.

1. Information illustrées sur les atomes. Sur chaque Queue, vous pouvez voir combien de produits se trouvent dans la file d'attente. Le serveur indique le taux d'occupation et la Source ou le Sink indique combien de produits ont atteint le modèle ou l'ont quitté. Ces informations s'utilisent surtout pour analyser, pendant une simulation, si le modèle fonctionne logiquement.
2. Un monitor. Ce monitor fournit des informations graphiques sur un atome déterminé. L'utilisateur peut régler les informations devant être affichées. Ces informations sont également surtout utiles pour analyser, pendant une simulation, si le modèle fonctionne logiquement.
3. Rapports et graphiques provenant du menu Results. Ils présentent les résultats (intermédiaires) d'une simulation en cours. Cette méthode est surtout pratique pour se faire rapidement une idée de l'état du système et permet un contrôle rapide des réglages des paramètres.
4. Une experiment. Cette méthode diffère essentiellement des trois précédentes et s'utilise pour l'étude proprement dite. On règle préalablement combien de temps une période de mesure dure et à quelle fréquence cette période doit être simulée, par exemple 10 fois tous les semestres. Lors d'une experiment, il faut également indiquer ce qui doit être mesuré. Le résultat d'une experiment s'affiche sous la forme d'un intervalle de fiabilité.



## 5.2 Le mesurage des résultats

Au paragraphe 5.1, nous avons abordé quatre façons différentes permettant d’afficher les résultats d’une étude de simulation. Dans ce paragraphe, nous allons appliquer ces quatre méthodes à la charpenterie. Veillez à ce que le modèle de la charpenterie soit ouvert dans Enterprise Dynamics.

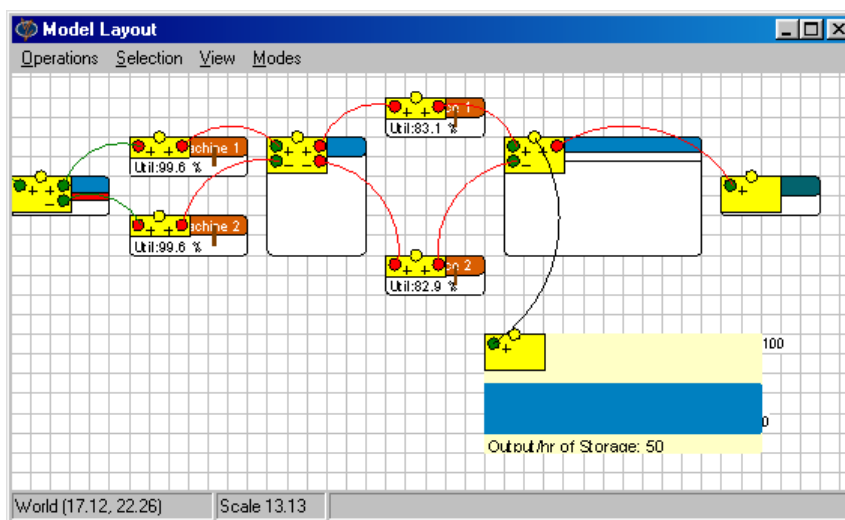
### Point 1. Informations illustrées sur l’atome

Veillez à ce que l’horloge d’Enterprise Dynamics soit visible à l’écran (sous-menu de Simulate). Ensuite, démarrez la simulation et regardez combien de produits quittent l’usine en huit heures. En utilisant l’option *Simulate|Set Stop Time* et, ensuite, *Simulate|Reset + Run until Stoptime*, Enterprise Dynamics peut être réglé de façon telle à ce que la simulation s’arrête exactement après 8 heures.

3. Effectuez cela à plusieurs reprises avec *Simulate|Reset+ Run until stoptime* et notez le nombre de fenêtres fabriquées. Est-ce que cela correspond à l’analyse effectuée préalablement ? Quelle est la pierre d’achoppement dans ce processus ?

### Point 2. Un monitor

L’utilisation d’un monitor est relativement simple. Veillez à ce que le Library Tree soit ouvert (et non le Model Tree) et recherchez l’atome Monitor dans le groupe Results. Faites glisser l’atome Monitor dans le modèle. Lorsque les canaux sont visibles, l’atome devrait se présenter comme dans la figure 5-3.

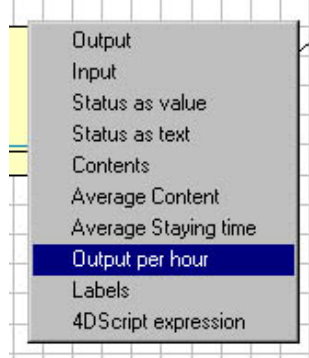


**Figure 5-3 : Partie du modèle avec un atome Monitor (déjà relié)**

La première étape consiste à relier le Monitor avec l’atome que l’on va analyser. Dans ce cas d’étude, nous aimerions savoir combien de fenêtres quittent l’usine par heure. Reliez le canal d’entrée du Monitor avec le canal central (le canal d’information !) de la dernière Queue. Il est également possible de double-cliquer sur le Monitor et de sélectionner ensuite l’atome que l’on va analyser.

Deuxièmement, indiquez ce qu’il va falloir analyser. Pour ce faire, double-cliquez une fois de plus sur l’atome Monitor et sélectionnez l’option Monitor Variable. Si tout se passe bien, une liste comme celle de la figure 5-4 s’affiche.

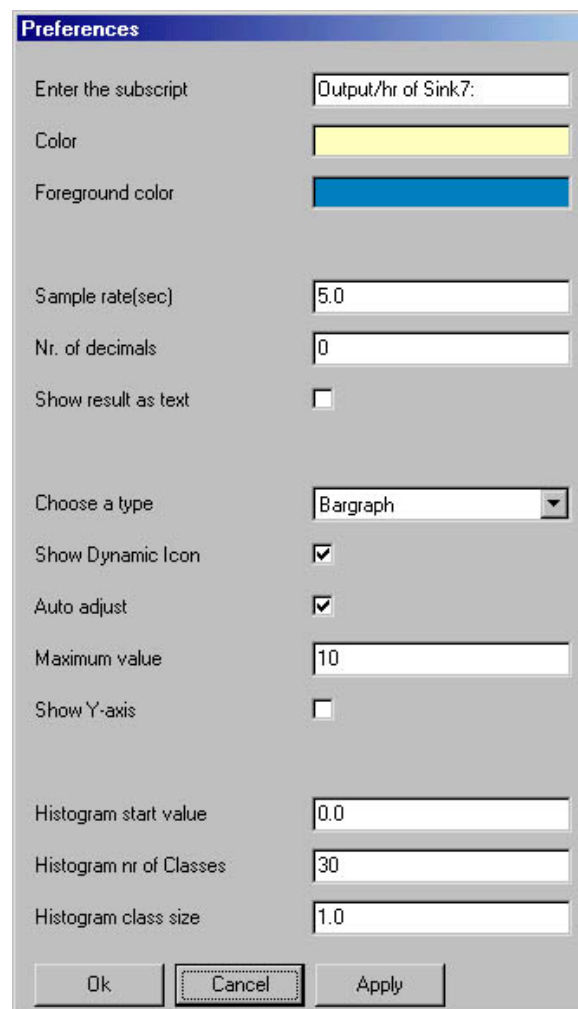
Dans ce cas-ci, nous avons besoin de l'option "Output per hour".



**Figure 5-4 : Monitor Variable**

Si la variable de mesure demandée ne figure pas dans la liste, vous devez programmer vous-même un code 4Dscript. Pour ce faire, utilisez l'option 4Dscript expression, ce qui n'est cependant pas conseillé aux utilisateurs débutants.

La troisième étape consiste à adapter certains réglages pour le Monitor. Après avoir double-cliqué sur Monitor, sélectionnez l'option Set Preferences. L'écran présenté dans la figure 5-5 s'affiche :



**Figure 5-5 : Monitor preferences**

La *Sample rate* par défaut est réglé sur 5 secondes. Réglez-le sur 60 : le mesurage a lieu toutes les minutes. Testez *Auto Adjust*, *Maximum value* et *Show Y-as* pour vous faire une idée des différents réglages ! Démarrez la simulation.

4. Combien de fenêtres quittent en moyenne l'usine par heure ?

### Point 3. Rapports et graphiques

Une troisième méthode permettant de mesurer les résultats consiste à utiliser l'option rapports et graphiques du menu results.

En premier lieu, nous allons analyser l'option Rapports. Nous aurons ainsi un aperçu de l'état du modèle. A cet effet, nous établissons une distinction entre les parties suivantes :

- Current content : le nombre de produits présents dans un atome au moment où le rapport est créé.
- Average content : le nombre moyen de produits présents dans l'atome.
- Input : le nombre de produits entrés dans l'atome.
- Output : le nombre de produits ayant quitté l'atome.
- Average staytime : le temps de séjour moyen des produits dans l'atome.

Dans le menu Results, si vous sélectionnez l'option Rapport, un rapport comme celui illustré dans la figure 5-6 s'affiche à l'écran.

name	content		throughput		staytime
	current	average	input	output	average
Source1	1	0.941	211	210	160.945
Saw	1	1.121	2091	2090	19.263
Queue 1	96	85.714	2090	1994	1503.665
Milling machine 1	1	0.996	995	994	36.038
Milling machine 2	1	0.996	999	998	35.892
Queue 2	0	0.555	1992	1992	10.037
Bench vice 1	4	3.736	996	248	541.497
Bench vice 2	4	3.743	996	248	541.440
Storage	0	0.000	496	496	0.000
Product	0	0.000	0	0	0.000
Monitor11	0	0.000	0	0	0.000
Sink12	0	0.000	496	0	0.000

Model start time: Friday, February 20 2004 10:31:27  
Model end time: Friday, February 20 2004 20:31:27

Figure 5-6 : Summary report

Sur l'écran illustré dans la figure 5-6, vous pouvez lire qu'un produit est présent en moyenne 36,038 secondes dans le banc d'assemblage un, que le banc d'assemblage deux a produit 248 produits et que 4 produits sont encore présents.

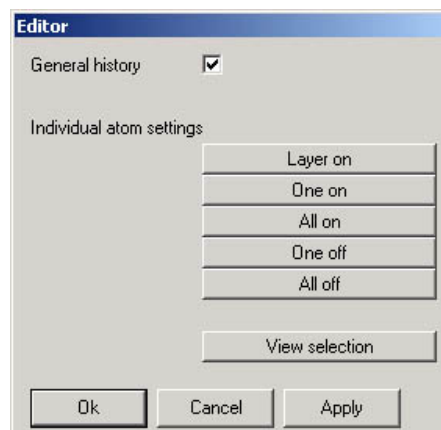
Sur la base de ce rapport, calculez que 49,6 fenêtres en moyenne ont été produites par heure !

La deuxième option Graphiques permet d'obtenir un affichage graphique d'une variable. Pour cette méthode, vous devez activer l'History pour l'atome dont il faut créer un graphique. Vous pouvez le faire en utilisant l'article de menu History dans le menu Simulation.

*Attention !* Tant l'option 'General history' (en la cochant) que les différents atomes (via l'option 'One on') doivent être sélectionnés (voir également figure 5-7).

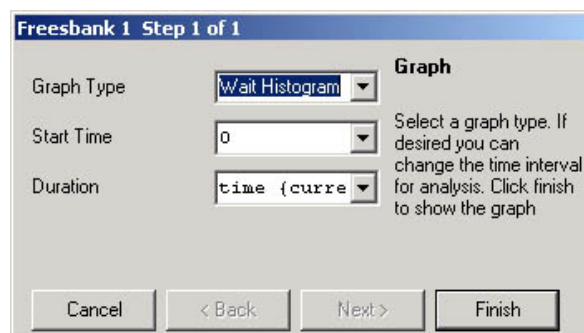
La sélection de l'option 'All on' semble être une possibilité pratique en première instance. En effet, ainsi, on conserve toujours un historique de tous les atomes. Cependant, surtout dans le cas de plus grands modèles, la simulation est inutilement ralentie.

Pour le moment, nous allons nous contenter d'analyser la possibilité de création de graphiques à l'aide de l'article de menu Graphs car l'atome T033-Graph nécessite rapidement une programmation. Pour les utilisateurs confirmés, le T033-Graph pourrait s'avérer pratique. En effet, le langage 4DScript permet d'illustrer toutes les variables possibles.



**Figure 5-7 : History**

En cliquant sur l'option Graphs dans le menu Results, un écran s'affiche. Il permet de sélectionner l'atome pour lequel un graphique doit être créé. Lorsqu'un atome a été sélectionné, l'écran illustré dans la figure 5-8 s'affiche.



**Figure 5-8 : Ecran d'introduction de données Graph**

Nous abordons en premier lieu des deux derniers champs d'introduction de données :

- Start time  
Ici, nous pouvons indiquer le moment où le graphique commence. Si vous voyez un 0, le graphique commence lors du premier mesurage. Si la valeur 10 est indiquée, les mesurages des 10 premières secondes ne sont pas repris dans le graphique.
- Duration  
Ici, vous devez compléter la longueur de l'échelle de temps du graphique. Si la valeur 3600 est indiquée, la première heure après l'heure de démarrage du graphique s'affiche.

Dans le premier champ d'introduction de données intitulé Graph Type, vous pouvez sélectionner le type de graphique parmi les 5 possibilités suivantes :

1. Queue Graph.

Cette option permet de créer un graphique du nombre de produits dans un atome. Dans le cas d'un atome Server, le nombre de produits ne sera en règle générale jamais supérieur à 1. Par contre, dans le cas d'un atome Queue, la file d'attente s'affiche dans le graphique. La figure 5-9 présente un graphique du premier tampon dans le cas d'étude de la charpenterie.

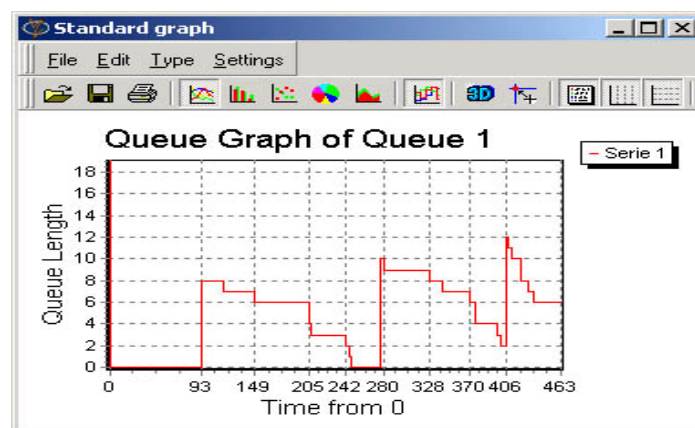


Figure 5-9 : Queue graph

2. Queue Histogram : cette option permet d'afficher le pourcentage de chaque 'hauteur de stock'. Voir figure 5-10.

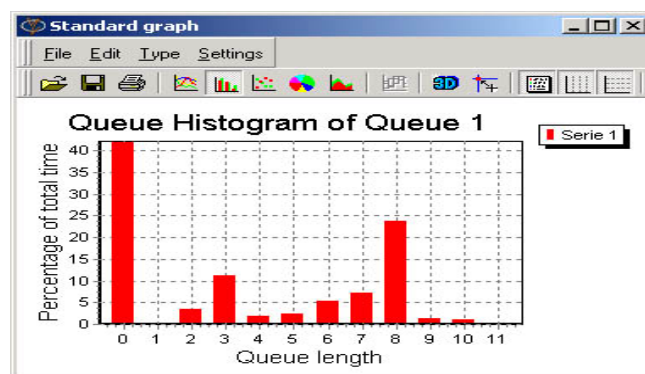


Figure 5-10 : Queue histogram

3. Status Pie. Cette option permet d'afficher le statut de l'atome dans un diagramme sectoriel. Voir également la figure 5-11 présentant un Status Pie pour le premier banc de fraiseuse du cas d'étude Charpenterie.

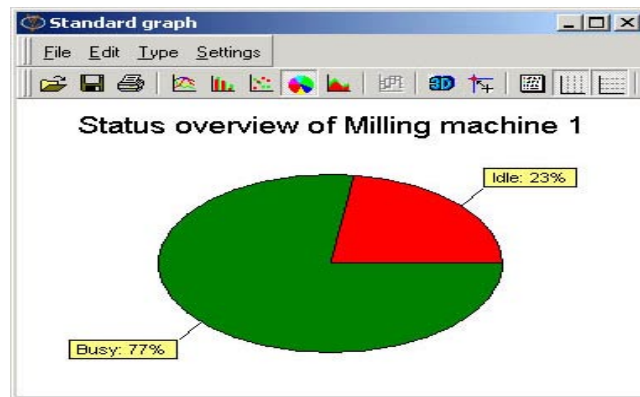


Figure 5-11 : Status Pie

4. Status Bar. L'option Status Bar permet également d'afficher le statut de l'atome mais, dans ce cas-ci, sous la forme d'un graphique à barres. Voir figure 5-12.

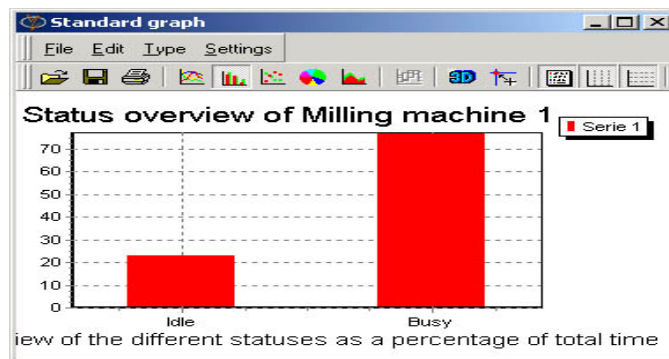


Figure 5-12 : Status Bar

5. Wait Histogram. Cet option permet de créer un histogramme du temps pendant lequel un produit séjourne dans l'atome. Voir figure 5-13.

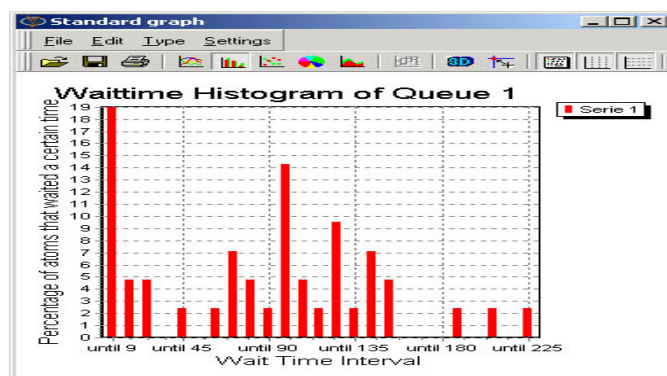


Figure 5-13 : Wait Histogram

#### *Point 4. L' experiment*

Les trois méthodes de mesure des résultats que nous avons analysées ci-dessus s'utilisent surtout pour consulter directement les résultats pendant la simulation. Pour les conclusions relatives au système, les méthodes présentées ci-dessus sont moins adaptées. Dans ce cas d'étude, l'Experiment est la méthode indiquée.

Jusqu'à la version 5, nous le faisons avec deux atomes : l'atome Experiment et un ou plusieurs atomes PFM (PFM = Performance Measure) en guise de variables d'exécution. Par contre, dans la version 6, nous utilisons l'option Experimentation dans le menu principal. Cette option est plus conviviale, plus puissante et, en outre elle est décrite en détail. Cette description figure dans le document [experiment.pdf](#) sous Help | Tutorials.

*Dans le cas d'un ancien modèle avec Experiment et atomes PFM, nous vous recommandons vivement de supprimer ces atomes et de construire la même experiment avec le nouveau Experiment Wizard : il ne vous faudra que quelques minutes mais cela vaut réellement la peine !*

Un élément important est la différence entre les options Simulate et Results d'une part et Experimentation de l'autre : nous utilisons les premières options dans le processus de construction et de test et pour les premiers résultats relatifs à simulation *unique*, tandis que nous utilisons Experimentation à un stade ultérieur du processus : nous nous fions plus ou moins à la validité de notre modèle et souhaitons maintenant des résultats pour *plusieurs* simulations, étant donné que nous ne voulons pas baser nos conclusions sur les résultats d'une seule simulation.

#### *Tâche en ce qui concerne le cas d'étude (suite)*

5. Concevez un Experiment moyennant une période d'échauffement de deux jours et une période de mesure d'une semaine permettant de déterminer avec une fiabilité de 95% la production moyenne de fenêtres par unité de temps (heure ou jour ou semaine).  
Est-ce que cela correspond aux calculs que vous avez préalablement effectués et aux résultats des autres méthodes de mesure des résultats ?

Maintenant, nous vous présentons étape par étape la solution à la question 5...

L'expérimentation se compose de quatre étapes :

##### Étape1 Définition des Experiment Settings

Ici, nous définissons les réglages de l'experiment, c'est-à-dire le nombre de simulations, la durée de la période de mesure, la période d'échauffement, etc.

##### Étape 2 Définition des Performance Measures

Ici, nous définissons les variables d'exécution d'un atome ou d'un groupe d'atomes

##### Étape 3 Expérimentation

La simulation effective conformément aux réglages de l'experiment. Cette étape ne requiert aucune action de l'utilisateur !

##### Étape 4 Définition du Rapport et analyse d'exécution

Dans Experimentation, ouvrez l'Experiment Wizard : indiquez ensuite la durée demandée en ce qui concerne la période de mesure, le nombre de simulations et la période d'échauffement dans les Experiment Settings (voir figure 5-14).

The screenshot shows the 'Experiment wizard' dialog box with the 'Experiment Settings' tab selected. The settings are as follows:

- Simulation method: Separate runs (dropdown)
- Observation period (sec): 4DS hr(100)
- Number of observations: 5
- Warm-up period (sec): 4DS hr(10)
- Use terminating condition?: ☐ (unchecked)
- Terminating condition: 4DS
- On start of run: 4DS
- On end of run: 4DS
- On end of warm-up: 4DS
- Experiment description: Experimentation for Example 2

Buttons at the bottom: Cancel, < Back, Next >

Figure 5-14 : Experiment Settings

Sur le Sink, définissez une variable d'exécution (Performance Measure ou PFM) appelée 'Produced per hr' (voir figure 5-15). Ensuite, nous partageons la production sur 100 jours par 100 afin de déterminer le nombre de fenêtres par heure.

The screenshot shows the 'Selection of category' dialog box. The 'Category' section has three radio buttons: 'Atom' (selected), 'Group', and 'Atom by mother'. Below this is a 'Select Atom' button and a text field containing 'Sink12'. At the bottom, there is a table with two columns: 'Name' and 'PFM'.

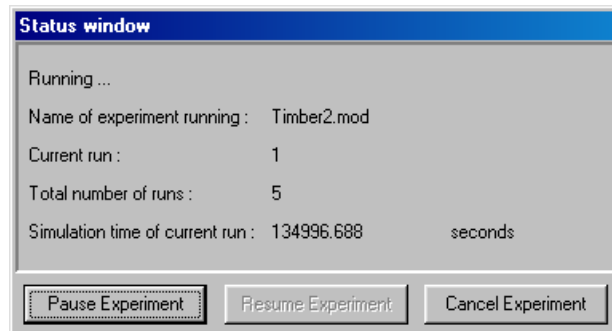
Name	PFM
Produced per hr	Input(cs)/100

Buttons on the right: Add New, Edit, Delete. Buttons at the bottom: OK, Cancel.

Figure 5-15 : Les PFM demandées avec nom et définition



La simulation effective a lieu – après démarrage de l’experiment – à l’étape 3 (voir figure 5-16) et peut prendre un certain temps : dans chaque simulation de 100 heures, il faut produire 500 fenêtres à partir de 2000 planches et de 200 poutres !



**Figure 5-16 : Le statut de l’experiment pendant la simulation**

Après exécution de l’experiment, il est possible de créer très simplement un rapport. Voir figure 5-17 pour un rapport dans un tableau. Les résultats peuvent être exportés de ce tableau dans Excel appuyez sur **save Table as .csv** et, ensuite, importez dans Excel) ou présentés de façon plus nette via QuickReport (voir Report Preview).

Results Table					
Observation period :	360000				
Warmup period :	36000				
Number of observations :	5				
Simulation method :	Separate runs				
Description :	Experimentation for E				
Atom :	Sink12				
Produced per hr		Average	St.Deviation	L-bound(95%)	U-bound(95%)
		49.99	0.02	49.97	50.01
xxxxxxxx	Raw Data	xxxxxxxx			
Sink12	Produced per hr				
49.98	49.97	50	50.02	49.98	

At the bottom, there are three buttons: 'Report Preview', 'Save Table as .csv', and 'Close'.

**Figure 5-17 : premier résultats dans Results Table**

Nous pouvons lire que, avec une fiabilité de 95%, la production moyenne inconnue par heure sera de l’ordre de 49,99 et 50,01 fenêtres, réponse que nous avons déjà obtenue de différentes façons.

Pour de plus amples informations sur l’expérimentation, notamment sur la terminologie et la définition précise de nos variables d’exécution par défaut, voir notre tutoriel distinct experiment.pdf sous Help| Tutorials.

Ce modèle est fourni sous le nom de timber2.mod.

## 6 JOUER AVEC DES STRATEGIES

Dans ce chapitre, nous vous présentons les stratégies (prédéfinies) grâce auxquelles les produits ont accès à un atome suivant (stratégie d'input), sont sélectionnés dans une file d'attente (discipline de la file d'attente) et sont renvoyés au niveau central (send to) après utilisation.

Pour expliquer cela, nous avons construit un modèle simple composé de trois Sources, de cinq Servers, de quatre Queues et d'un interrupteur (un atome que nous avons construit nous-mêmes : Enterprise Dynamics est suffisamment flexible pour le permettre) permettant d'activer et de désactiver les serveurs. Il n'y a pas de Sink. Par conséquent, tous les produits restent dans la dernière queue (voir également figure 6-1).

Le modèle est fourni sous le nom de strategy.mod.

*Attention* : dans l'annexe 3, nous décrivons en détail les principaux atomes et leurs fonctionnalités et notamment ces stratégies. Consultez cette annexe avec cette illustration et en guise d'ouvrage de référence lors de la construction de vos modèles personnels !

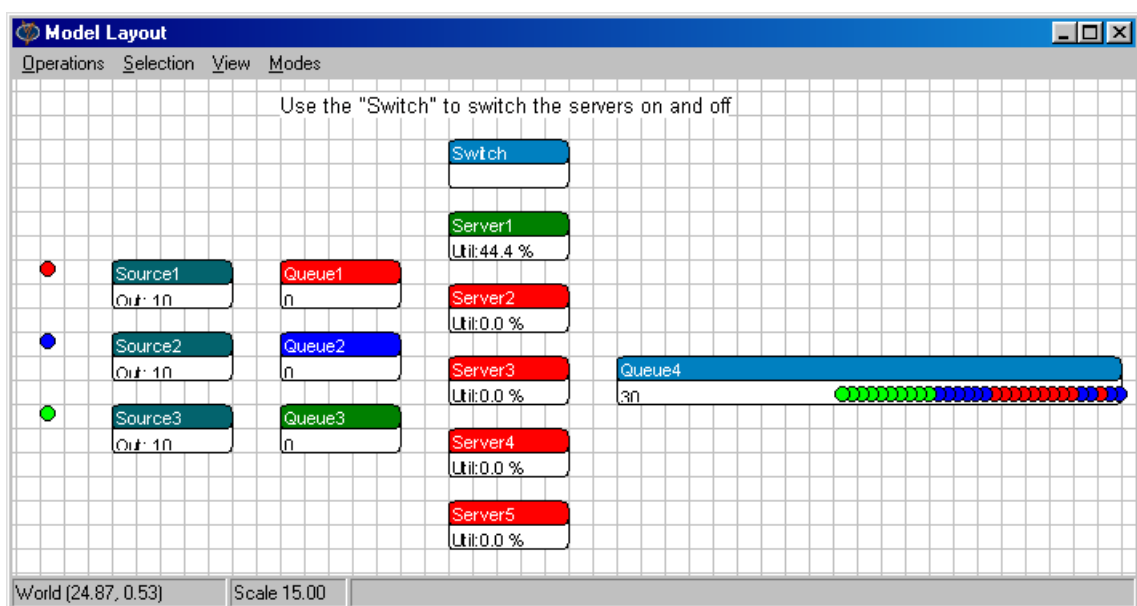


Figure 6-1 : Le lay-out de strategy.mod

*Attention* : comme le code source de l'atome de la dernière file a été modifié et que l'on utilise un nouvel atome, pour les utilisateurs débutants, il n'est pas possible de construire ce modèle.

Les utilisateurs confirmés peuvent quant à eux construire le modèle. Ils utilisent les atomes par défaut et adaptent, pour la dernière queue, le code du On 2D Draw Eventhandler de façon telle que 100 produits soient rendus visibles dans la Queue. Comme l'interrupteur que l'on utilise dans ce cas-ci n'est pas un atome par défaut, les

utilisateurs confirmés doivent activer et désactiver les serveurs manuellement. Ils peuvent notamment le faire au moyen des atomes Availability Control.

A partir des trois sources, trois types de clients sont refoulés vers les files situées derrière. L'afflux est réglé de façon telle que les trois files de gauche seront rapidement complètes et que maximum 10 clients peuvent être générés par Source. A partir de la file, les clients sont servis par un Server pour se retrouver ensuite dans la dernière file. L'*interrupteur* sert à activer et à désactiver les serveurs.

A partir des trois files d'attente, en principe, il est possible d'atteindre tous les serveurs. Le premier serveur peut toujours être atteint via le canal 1, le deuxième via le canal 2, etc. Cependant, selon les réglages d'origine de *strategy.mod* (via l'interrupteur), seul le serveur 1 est activé. Vous le remarquez du fait que le premier serveur s'allume en vert lors d'une simulation alors que les autres s'allument en rouge. En outre, la plupart des réglages par défaut sont conservés, c'est-à-dire que :

1. toutes les stratégies d'input sont encore sur *Any inputchannel*
  2. toutes les disciplines de file sont encore sur *First in first out*
  3. Les messages *send to* sur les Queues sur 4. *A random open channel: choose a random channel from all the open output channels.*
- Cela signifie que le système recherche les Servers verts, c'est-à-dire ceux qui sont activés et le Server inoccupé.

Les produits et leurs icônes sont visibles dans la dernière Queue. Par conséquent, on voit avec précision dans quel ordre les produits sont entrés dans la queue (à condition que la discipline de queue soit réglée sur FIFO).

Comme les produits se voient attribuer ce que l'on appelle un *label* au moment où ils quittent la source, ils peuvent être triés en fonction de ce label dans la dernière queue. Soit dit en passant, ces labels font généralement office d'étiquettes suspendues aux produits. Ils peuvent représenter un coloris, un poids, les dimensions, etc. Ils sont définis dans 4D-Script, le langage de programmation d'Enterprise Dynamics, et jouent un rôle important dans la plupart des modèles. Au chapitre 7, nous abordons plus en détail l'utilisation des labels.

Consultez vous-même les autres réglages de *strategy.mod* et développez cette notion en effectuant différentes simulations.

Maintenant, nous sommes prêts pour expérimenter effectivement les stratégies...

## 6.1 Adaptation de la stratégie d'input

Cette option permet de régler l'accès à un atome à partir des atomes précédents (au moyen de canaux de sortie vers cet atome en question). Grâce à la stratégie d'input, une ou plusieurs entrées sont libérées et l'on analyse également, en fonction d'un ordre déterminé, par quel canal les produits peuvent être reçus en premier lieu.

La stratégie d'input peut parfaitement se comparer à la stratégie de réglage d'une installation de régulation du trafic où, indépendamment du trafic, les feux passent du Rouge au Vert pour une ou plusieurs voies d'accès et dans lequel, en outre, la priorité des voies d'accès est déterminée. Les trois premières stratégies d'input ouvrent tous les canaux d'entrée et les deux dernières ouvrent toujours un seul canal d'entrée.

En guise d'exercice, nous analysons maintenant (sur la base du modèle initial qui n'a pas été modifié) les conséquences de la modification de la stratégie d'input sur le serveur 1. Modifiez toujours la stratégie d'input de la façon décrite ci-dessous et regardez ce qui se passe lorsque vous effectuez une simulation (à plusieurs reprises).

1. *Any inputchannel*

Si cette option est activée, cette stratégie ouvre tous les canaux d'entrée d'un atome. Si plusieurs des atomes - reliés par le canal d'entrée -, veulent et peuvent envoyer, l'atome dont le numéro de canal d'entrée est le plus petit a priorité. Par conséquent, tant que des produits continuent à rentrer par le premier canal, les autres canaux n'entrent pas en ligne de compte !

2. *Largest queue*

Si cette option est activée, cette stratégie ouvre tous les canaux d'entrée d'un atome. Si plusieurs des atomes - reliés par le canal d'entrée -, veulent et peuvent envoyer, l'atome possédant la plus grande file ou le plus grand contenu a priorité. Remarquez que, si l'on a plusieurs files d'attente d'une longueur identique, on choisit le canal d'entrée dont le numéro est le plus petit.

3. *Longest waiting*

Si cette option est activée, cette stratégie ouvre tous les canaux d'entrée d'un atome. Si plusieurs des atomes - reliés par le canal d'entrée - veulent et peuvent envoyer, l'atome dont le temps d'attente moyen est le plus élevé a priorité. Lorsque l'on a plusieurs atomes dont le temps d'attente moyen est identique, le canal d'entrée dont le numéro est le plus petit est toujours sélectionné. Remarquez que cela ne signifie pas par définition que les files d'attente sont environ aussi longues en nombres, comme c'était le cas pour l'option précédente.

4. *Round robin*

Ouvrez tout d'abord le premier canal d'entrée et attendez l'envoi d'un produit via ce canal d'entrée. Lors du prochain cycle, ce sera au tour du deuxième canal d'entrée, etc. Après le dernier canal d'entrée, la procédure recommence au premier canal d'entrée.

*Attention !* Pour le premier produit qui rentre, cette règle ne s'applique pas encore et, dans notre exemple, l'ordre des produits sera x,2,3, 1,2,3, ... , x pouvant représenter n'importe quel produit !

5. *Channel 1.*

Ici, on indique un canal d'entrée fixe qui doit être utilisé. Dans ce cas-ci, par conséquent, les produits peuvent uniquement rentrer par le canal d'entrée 1. Remarquez que, pour le premier produit qui rentre, cette règle ne s'applique pas encore et que tous les canaux sont ouverts.

## 6.2 Adaptation de la Queue Discipline

Dans cette partie-ci, l'objectif consiste à adapter la Queue Discipline de la dernière queue et de regarder ce qui se passe.

Réglez la stratégie d'input du premier serveur sur Largest Queue afin que les produits entrent le plus possible mélangés dans le serveur (et le quittent par conséquent également). Pour le reste, veillez à ce que les quatre autres serveurs soient désactivés. En effet, si les cinq serveurs sont activés, on voit moins clairement comment les atomes

se déplacent. Ci-dessous, nous vous présentons les six réglages possibles (voir également annexe 2 : l'atome Queue).

1. *First in first out*  
Ici, les atomes sont placés dans la queue dans l'ordre d'arrivée.
2. *Last in first out*  
Ici, les produits entrants sont placés à l'avant de la file d'attente. Par conséquent, les produits quittent la queue dans l'ordre inverse par rapport à l'ordre d'arrivée.
3. *Random*  
Cette discipline de file place les produits à un endroit aléatoire dans la file d'attente.
4. *Sort by **Label** Ascending*  
Ici, les produits dont la valeur est la plus faible pour un label déterminé sont placés à l'avant de la file d'attente. Testez cela en triant en fonction du label 'Product' qui, dans ce cas-ci, est présent sur tous les atomes produit.  
*Attention* : si les produits ne sont pas bien triés, cela est probablement dû au fait qu'il y a un espace avant ou après le nom du label.
5. *Sort by **Label** Descending*  
Ici, les produits dont la valeur est la plus élevée pour un label déterminé sont placés à l'avant de la file d'attente.
6. *User defined*  
Ici, les produits sont placés dans la file d'attente en fonction de la position indiquée pour l'utilisateur. Essayez ceci pour la valeur 5.

### 6.3 Adaptation du message Send to

Dans cette troisième partie du cas d'étude, nous analysons différentes instructions 'Send to' pour les trois files d'attente vers les serveurs. L'instruction 'Send to' nous permet d'indiquer le canal de sortie vers lequel nous envoyons les produits. L'utilisateur peut encoder un chiffre ou choisir parmi une des 21 (!) options prédéfinies. Pour une description complète de l'atome Source, voir annexe 2.

En premier lieu, nous activons les cinq serveurs, sinon nous n'avons pas suffisamment de produits à renvoyer. Les serveurs s'allument en vert et autorisent les produits. Maintenant, expérimentez les files d'attente conformément aux méthodes suivantes :

1. *Specific channel: always send to channel 1.*  
Ici, l'Atome Product sera toujours envoyé vers un canal de sortie fixe. Choisissez, par exemple, le canal 3.
2. *An open channel (First channel first): search, starting from the first channel, and send to the first open channel found.*  
Ici, l'Atome Product est envoyé vers le premier canal ouvert qu'Enterprise Dynamics trouve. Le système cherche à partir du premier canal de sortie (canal numéro 1).
3. *An open channel (Last channel first): search, starting from the last channel, and send to the first open channel found.*  
Le système cherche à partir du dernier canal et le produit est envoyé vers le premier canal ouvert qu'Enterprise Dynamics trouve.

4. *A random open channel: choose a random channel from all the open output channels.*  
Enterprise Dynamics choisit un canal ouvert aléatoire. En cas de simulations longues, cela engendre des taux d'occupation identiques, par exemple, en ce qui concerne un groupe de serveurs vers lequel les produits sont envoyés.
5. *By percentage: 90% of products go to channel 1, the remaining percentage go to channel 2.*  
Ici, un pourcentage déterminé de produits est envoyé vers un canal et le reste vers un autre canal. L'utilisateur peut indiquer les canaux et le pourcentage. Essayez d'envoyer 75% vers le serveur 1 et le reste vers le serveur 5.
6. *By user: enter your own 4DScript expression resulting in a value between 1 and the number of channels: 1. You can press the small button for the 4DScript editor.*  
Code 4DScript écrit par l'utilisateur qui indique le canal de sortie. En appuyant sur le petit bouton carré situé à côté du texte, l'éditeur 4DScript s'affiche. Complétez, par exemple, 2.

Ici, se termine l'exemple relatif aux stratégies. Bien entendu, les possibilités de renvoi sont nettement plus nombreuses. Cependant, elles devront être programmées par le constructeur du modèle en 4D-script, le langage de programmation d'ED.

## 7 PLUS D'ATOMES : D'ASSEMBLER A UNPACK

---

Dans les chapitres précédents, nous avons parlé des atomes de base. Ensuite, nous nous sommes exercés à construire et à expérimenter des modèles simples. Dans ce chapitre, nous vous présentons huit nouveaux atomes. Ces nouveaux atomes permettent également de modéliser des situations plus complexes. En outre, nous nous attachons également plus en détail aux possibilités de visualisation dans ED.

Les atomes que nous analysons dans ce chapitre sont les suivants :

- *Assembler*  
Cet atome s'utilise lorsque plusieurs atomes sont regroupés dans un nouvel atome. Ici, les anciens atomes peuvent être conservés (emballage) ou être supprimés (assemblage).
- *Unpack*  
Cet atome permet de scinder des atomes ayant été regroupés. Lorsque, par exemple, une boîte a été remplie au moyen d'un Assembler, l'atome Unpack permet de la déballer de nouveau.
- *Container*  
Le container est un atome permettant d'y placer ou d'y emballer des produits, par exemple une boîte ou une palette.
- *Accumulating conveyor*  
L'Accumulating conveyor est une bande transporteuse qui fait également office de tampon. Lorsque les produits ne peuvent plus quitter la bande transporteuse, la bande continue à tourner. De ce fait, les produits situés sur la bande transporteuse sont poussés les uns contre les autres. L'Accumulating conveyor s'utilise pour modéliser des convoyeurs à rouleaux.
- *Non-Accumulating conveyor*  
Le Non-Accumulating conveyor ressemble très fort à l'Accumulating conveyor, mais il s'arrête de tourner dès que les produits ne peuvent plus quitter la bande transporteuse. Par conséquent, la distance entre les produits reste toujours identique. Le Non-Accumulating conveyor s'utilise pour modéliser des convoyeurs à chaîne.
- *MultiService*  
L'atome MultiService fait office de groupe de Servers parallèles : il comprend les fonctionnalités de base de l'atome Server et peut en outre traiter plusieurs produits simultanément ou indépendamment les uns des autres.
- *Lock*  
L'atome Lock laisse seulement passer un nombre prédéfini de produits. Tous les produits suivants sont bloqués.
- *Unlock*  
Dès qu'un produit quitte l'atome Unlock, l'atome Lock peut de nouveau laisser passer un nouveau produit. De ce fait, il est possible de maîtriser le stock de travail en cours ou la quantité de moyens de transport dans le modèle.

Tous ces atomes entrent en ligne de compte dans le cas d'étude suivant. Pour une description complète de ces atomes, voir annexe 2.

Au département expédition d'une usine, les produits sont empilés sur une palette. Les produits et palettes arrivent par deux bandes transporteuses distinctes au niveau de l'empileur ou du robot palettiseur. Ce robot peut empiler les produits, en fonction de leurs dimensions, les uns sur les autres ou les uns à côté des autres.

A partir du robot, la palette empilée contenant les produits est acheminée par la bande transporteuse suivante vers ce que l'on appelle un bobineur où les produits sont entourés d'un film plastique. Sur le bobineur, les produits de plusieurs palettes peuvent être bobinés simultanément ou indépendamment les uns des autres.

Le système se compose des parties suivantes :

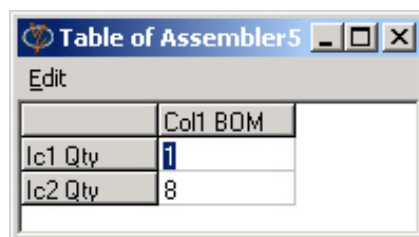
- Toutes les 5 secondes, un produit est acheminé vers l'empileur par un convoyeur à rouleaux
- Toutes les 40 secondes, conformément à la distribution exponentielle négative, une palette est acheminée vers l'empileur par un deuxième convoyeur à rouleaux.
- Le robot empileur place toujours 8 produits sur la palette. Par palette, si tous les produits sont présents, il lui faut exactement 20 secondes.
- Les palettes pleines sont acheminées vers le bobineur par un convoyeur à chaîne
- Le bobineur peut emballer maximum 4 palettes en même temps dans une feuille plastique. Par palette, il faut en moyenne 120 secondes (distribution exponentielle négative) pour emballer les produits de la palette dans du plastique.
- La longueur des différentes bandes transporteuses n'a pas vraiment d'importance dans ce cas-ci : choisissez une bande de l'ordre de 10 mètres. La vitesse est toujours de 1 m/s. les produits présentent une longueur, une largeur et une hauteur de 50 cm et les palettes ont 1 mètre de longueur et de largeur.

Nous souhaitons modéliser ce système dans Enterprise Dynamics :

Pour le convoyeur à rouleaux, nous utilisons l'Accumulating Conveyor et, pour le convoyeur à chaîne, un Non-Accumulating Conveyor. En outre, pour l'empileur, nous utilisons un Assembler, pour le bobineur, un atome Multiservice et pour la palette, le Container. Mais... calculez préalablement si ce système est en mesure de traiter l'afflux de produits !

La plupart des atomes peuvent être placés sans problème dans le modèle, étant donné qu'ils sont reliés de façon standard avec d'autres atomes.

En ce qui concerne l'Assembler, les palettes doivent entrer dans l'atome par le premier canal (visualisé par un petit carré) et les produits par le deuxième canal. Double-cliquez sur Assembler pour le nombre de produits par palette. Un tableau s'affiche (voir figure 7-1) qui, par canal d'entrée, indique combien d'atomes doivent être regroupés. Voir annexe 2 pour une description complète de tous les atomes utilisés, dont l'Assembler!



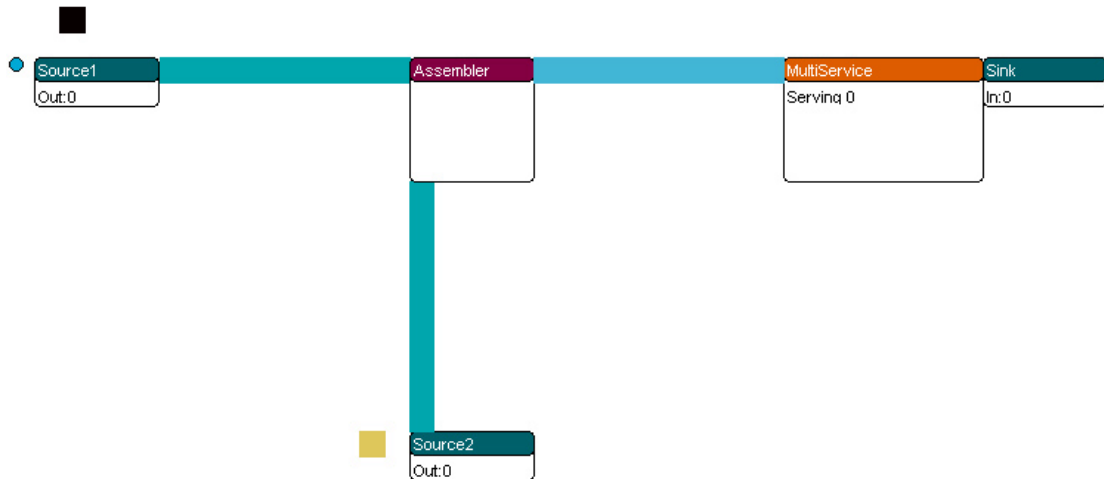
	Col1 BOM
Ic1 Qty	1
Ic2 Qty	8

Figure 7-1 : Bill of Material de l'Assembler



Les produits sont empilés automatiquement sur la palette par l'Assembleur. L'espace réservé pour les différents produits est réglé dans l'atome Container. Pour éviter que tous les produits ne soient empilés les uns sur les autres dans une colonne de taille élevée, les dimensions du produit doivent être adaptées sur l'atome produit. Pour ce faire, voir le développement du cas d'étude 2 !

Lorsque tous les atomes sont dans le modèle, le lay-out du modèle se présente comme dans la figure 7-2.



**Figure 7-2 : lay-out du système convoyeur**

Enregistrez votre modèle. En cas d'incertitude quant à votre modèle, pour les paragraphes qui suivent, vous pouvez également utiliser le modèle fourni sous le nom de conveyor1.mod

Laissez tourner le système pendant un certain temps et contrôlez le fonctionnement en 3D. Jouez un rien avec les dimensions des produits ou du container et regardez ce qui se passe ! Faites de même avec les vitesses des bandes transporteuses et/ou les temps de traitement : un temps de traitement nettement supérieur sur le MultiService engendre des bourrages au niveau du bobineur et explicite le fonctionnement du Non-Accumulating Conveyor.

- 1 Pour pouvoir maîtriser la charge de travail, nous ne voulons pas plus de cinq palettes simultanément dans ce système. Adaptez le modèle en fonction de cette exigence.

Vous pouvez le faire en plaçant un atome Lock et Unlock dans le modèle. Les atomes Lock et Unlock sont insérés dans le processus de production : l'atome Lock à l'endroit où la restriction commence et l'atome Unlock où elle finit. L'atome Lock se ferme automatiquement après qu'un nombre prédéfini d'atomes soit passé. L'atome Unlock supprime ce blocage.

En plaçant uniquement un atome Lock, pas plus de cinq atomes ne peuvent, par exemple, pénétrer dans le système. En plaçant un atome Unlock, nous veillons à ce que

pas plus de cinq atomes puissent être présents simultanément dans le système. L'atome Lock est toujours placé après la Source car sinon la Source considère l'atome Lock comme un produit et l'envoie dans le système. L'atome Unlock est toujours placé à l'endroit où la restriction du nombre d'atomes doit de nouveau se terminer, par exemple, après une machine déterminée ou juste avant le Sink. Dans ce cas-ci, l'atome Unlock devra par conséquent être placé directement avant le Sink.

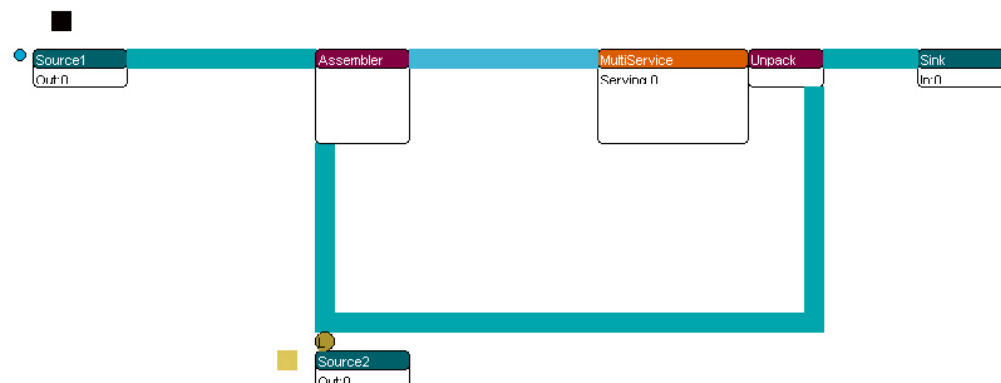
En plaçant un atome Unlock, l'atome Lock s'ouvre automatiquement lorsqu'un atome quitte l'atome Unlock. L'atome Lock et l'atome Unlock sont automatiquement reliés l'un à l'autre. Si, malgré tout, il s'avère nécessaire de les relier manuellement, vous pouvez le faire en reliant le deuxième canal de sortie de l'atome Lock au deuxième canal d'entrée de l'atome Unlock. Pour mieux visualiser le fonctionnement de l'atome Lock et de l'atome Unlock, l'atome Lock peut être temporairement réglé de façon telle qu'il se ferme déjà après 1 ou 2 palettes. Voir annexe 2 pour une description détaillée ! Maintenant, adaptez le système ou ouvrez conveyor2.mod

- 2 Maintenant, l'entreprise veut, après le bobineur, scinder les palettes des produits et les renvoyer via un système de transport complémentaire vers l'empileur. Le nombre de palettes dans le système est toujours limité à 5. Adaptez le modèle en conséquence.

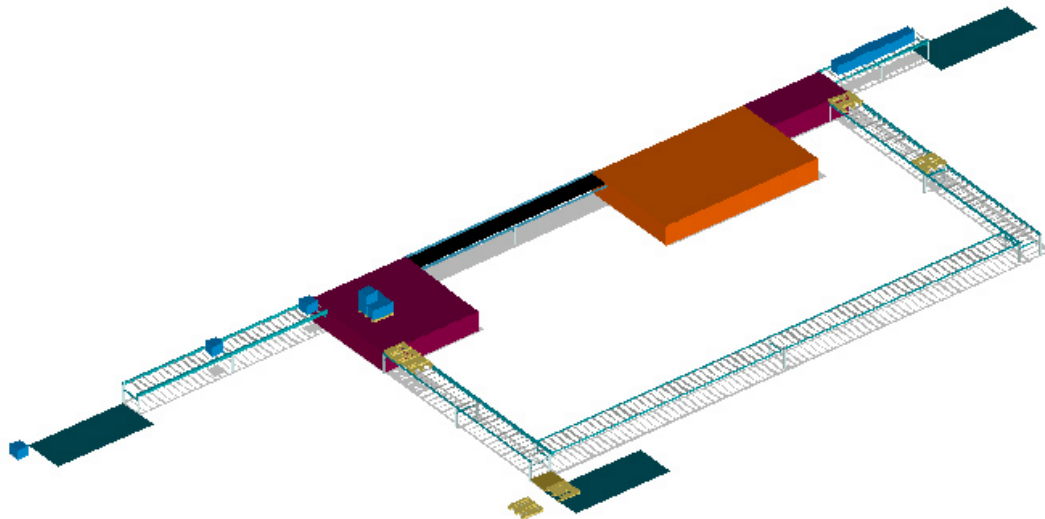
Pour permettre la réutilisation, deux grandes adaptations s'imposent. Premièrement, la séparation du produit et de la palette, deuxièmement, le transport des palettes vers l'Assembler. Pour séparer la palette et les produits, vous avez besoin de l'atome Unpack. Placé après le MultiService, il envoie les produits vers le premier canal de sortie et les palettes vers le deuxième. En raccordant un convoyeur à rouleaux à ce deuxième canal de sortie et en le reliant avec le convoyeur à rouleaux existant, les palettes peuvent être réutilisées.

Comme les palettes ne quittent plus le système, l'atome Unlock tombe. L'atome Lock peut tomber en sélectionnant le chiffre 5 dans la Source pour le Number of Products. Remarquez que les 40 secondes de temps d'arrivée intermédiaire ne jouent aucun rôle pour la génération de palettes et que le temps peut également être réglé différemment. Si les convoyeurs à rouleaux complémentaires sont repris dans le modèle, le modèle pourrait se présenter comme dans les figures 7-3 et 7-4 (conveyor3.mod).

La longueur des bandes transporteuses est réglée de façon telle que le trajet des palettes est directement clair visuellement.



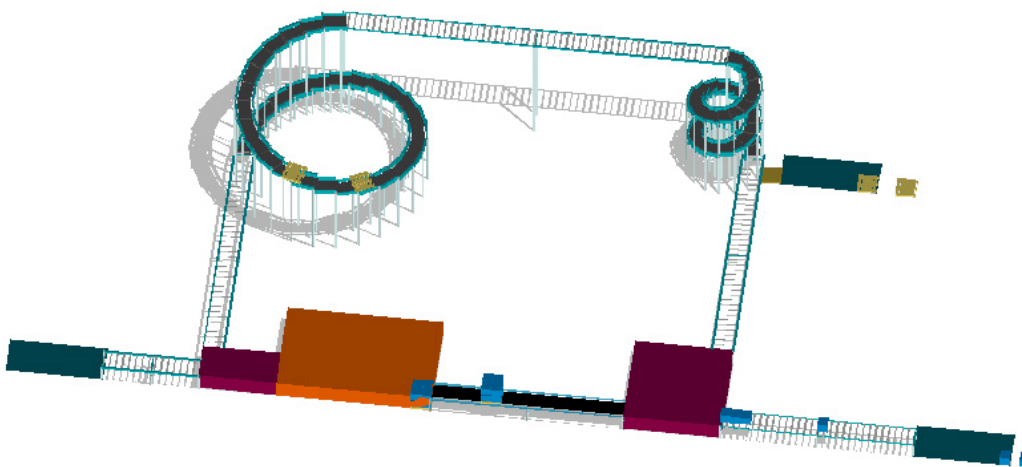
**Figure 7-3 : Réutilisation de palettes en 2D**



**Figure 7-4 : Réutilisation de palettes en 3D**

Bien entendu, au lieu de Conveyors droits, il est également possible d'utiliser des Conveyors avec une courbe. La figure 7-5 présente ce type de lay-out. Nous avons utilisé des conveyors avec courbe dont il est également possible de modifier la hauteur.

Les deux modèles figurent respectivement dans conveyor3.mod et conveyor4.mod



**Figure 7-5 : Conveyors de hauteurs différentes**

Nous terminons par quelques questions relatives au conveyor3.mod :

1. Combien de temps dure le trajet moyen d'une palette (sans les temps d'attente) ?
2. Un nombre insuffisant de palettes dans le système limite la production par heure. Par contre, à partir d'un certain moment, les palettes complémentaires n'ont pas d'impact ou très peu sur la production à l'heure. Expliquez !  
Recherchez le nombre 'optimal' de palettes dans le système en expérimentant. (Consultez, via un Monitor sur le Sink, la production moyenne par heure et modifiez la quantité de palettes autorisées au moyen de l'atome Lock ou via la Source).

## 8 ENTERPRISE DYNAMICS ET EXCEL

---

A partir d'Enterprise Dynamics, nous pouvons établir des liens avec d'autres logiciels tels que Excel, Word ou Access et ce, afin d'emmagasiner ou d'écrire des données. Dans ce chapitre, nous abordons un lien fréquemment utilisé entre ED et Excel. Nous le faisons en développant le cas d'étude précédemment analysé du bureau de poste. En outre, nous introduisons différentes commandes en 4DScript et le concept important des *labels* dans ED.

A la fin de ce chapitre, l'utilisateur pourra établir le lien avec Excel et il maîtrisera en outre les premiers principes de 4DScript.

### 8.1 La Banque

#### *Cas d'étude 4*

Une banque de Rotterdam fait objet d'entreprise test pour tester de nouveaux concepts destinés au traitement des clients. Il est question de plusieurs types de clients et de différents temps de service.

Dans ce cas-ci, nous optons – en guise d'illustration – pour une réduction à deux types de clients. La banque accueille en moyenne 50 clients à l'heure et le temps de service est de 1 minute. Ces clients sont les clients de type A. En outre, la banque accueille également en moyenne 5 clients du type B pour lesquels le temps de service est de 10 minutes.

Il y a une file d'attente commune où les deux types de clients sont servis selon l'ordre d'arrivée à un des deux guichets. Nous supposons que tous les processus d'arrivée sont distribués de façon exponentielle. Tous les temps de service sont constants.

#### *Questions et tâches*

- 1 Quel est le taux d'occupation de ce système ?
- 2 Calculez, sur la base de la théorie de la file d'attente, les temps d'attente moyens et les files d'attente si les deux types de clients ont chacun leur propre file d'attente associée à un guichet correspondant.
- 3 Pouvez-vous également calculer ces caractéristiques pour le système dans lequel la file d'attente est commune ? Pourquoi oui ou pourquoi pas ?
- 4 Dans quel système le temps d'attente moyen sera-t-il le moins long ? Argumentez !

Essayez de répondre à ces questions, intéressantes d'un point de vue théorique. Nous y reviendrons ultérieurement. Ceux qui ne connaissent pas la théorie de la file d'attente relative aux systèmes M/D/1 et M/D/2 peuvent sauter les questions 2 et 3.

Pour le moment, nous construisons d'abord le modèle avec file d'attente commune. Ensuite, nous établirons le lien avec Excel. Voir figure 8-1 pour le lay-out du modèle avec les canaux.

Pour les distinguer, les clients de type A sont représentés par une boule bleue et ceux du type B par une boule rouge.

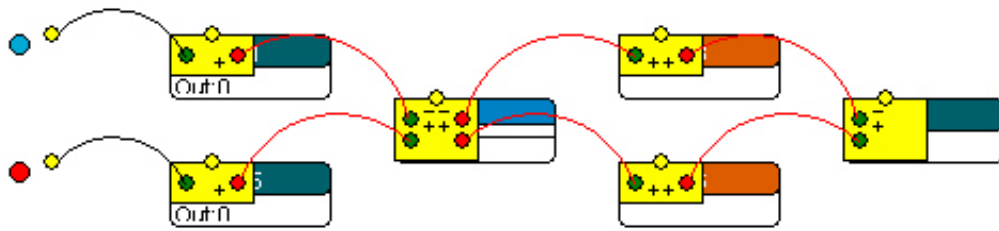


Figure 8-1 : lay-out de la banque

Sur les Servers, un temps de service doit être tiré au sort. Néanmoins, celui-ci dépend du type de client. Par conséquent, il est question d'un choix entre plusieurs formules !

Ce choix est résolu au moyen de *labels*. Les labels sont des étiquettes qui – généralement - sont suspendues aux produits. Ils peuvent représenter un coloris, un poids, un code barre ou un temps de service. Un produit peut porter plusieurs labels et le nombre de labels par produit peut également varier.

L'idée est maintenant de tirer au sort le temps de service d'un client à un stade précoce, de communiquer le résultat en tant que label et de le lire lorsque le service commence. L'avantage de cette idée est que le Server ne doit pas être considéré en fonction du type de client mais uniquement en fonction du label du client. En outre, l'idée s'applique également facilement lorsque l'on a trois types de clients ou plus !

Nous suspendons à chaque produit sur le Trigger on Exit respectivement de la première et de la deuxième Source un label, intitulé servicetime. Celui-ci présente la durée exacte du temps de service :

setlabel([servicetime],mins(1),i)	pour les clients du type A
setlabel([servicetime],mins(10),i)	pour les clients du type B

### Important !

La nécessité d'un étage complémentaire dans la structure sous-jacente d'ED et du langage de programmation 4Dscript est manifeste. A l'annexe 2, près du Server, vous trouverez des explications quant à l'utilisation et à la syntaxe des commandes Setlabel et Label.

Mais... pour mieux comprendre la syntaxe et la structure de 4Dscript, voici le moment opportun de consulter l'annexe 3 rédigée en anglais !

### Conseils !

- 1 Référez-vous régulièrement à l'annexe 3 pour mieux connaître 4Dscript. L'étape vers le manuel comprenant plus de 1000 commandes sera nettement plus facile à franchir.
- 2 Double-cliquer sur les champs où 4Dscript peut être encodé, activez l'éditeur 4Dscript. La touche F2 permet d'afficher une liste des termes utilisés dans 4Dscript et des explications succinctes par commande.

Le nom du label peut être choisi librement. Jusqu'à la version 5, les labels étaient sensibles aux majuscules : par conséquent SERVICETIME et servicetime étaient différents ! Par contre, à partir de la version 6, dans une commande, il n'y a plus de différence entre les majuscules et les minuscules ...

Pour le cycletime des Servers, le label requis est interrogé et il est utilisé comme temps de service : *label([servicetime], first(c))*. Au lieu d'encoder directement un chiffre, on utilise, par conséquent, une commande 4DScript qui fournit un chiffre.

Voir annexe 3 pour la syntaxe de la commande Label et des explications sur la signification de first(c).

Tout le model se trouve dans bank1a.mod. Ce modèle peut simplement être converti en un système de files d'attente distinctes (bank1b.mod).

- 5 Estimez les temps d'attente moyen pour les deux systèmes sur la base d'un nombre de runs de 100 heures. Les réponses correspondent-elles à votre intuition ?

## 8.2 La liaison avec Excel

Au lieu d'uniquement nous fier aux statistiques dans ED, nous importons les données brutes telles que les temps d'attente et les temps de rotation dans Excel. Ensuite, nous pouvons utiliser les possibilités d'analyse contenues dans Excel pour déterminer, par exemple, des moyennes.

### Procédure générale

1. Créez un nouveau fichier Excel dans le même répertoire que le modèle.  
Dans la plupart des cas, il s'agira de *C:\Program Files\Enterprise Dynamics\Work*.

N'oubliez pas de fermer Excel ! Dans cet exemple, le fichier s'appelle bank.xls.

2. Placez l'atome Excel dans le modèle. Cet atome se trouve dans la bibliothèque dans la catégorie Data ou dans la speedbar. Cet atome 'organise' ensuite le lien entre ED et Excel. Dans chaque modèle, un seul atome Excel est présent tout au plus et celui-ci n'est pas relié avec d'autres atomes via des canaux.
3. Double-cliquez sur l'atome Excel. L'écran suivant s'affiche :

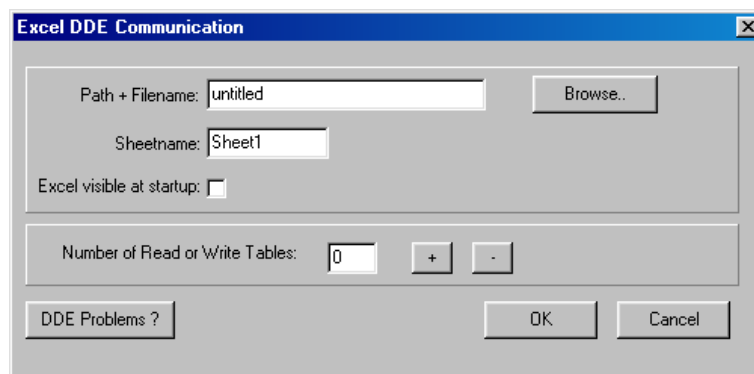


Figure 8-2 : L'écran pour le lien entre ED et Excel

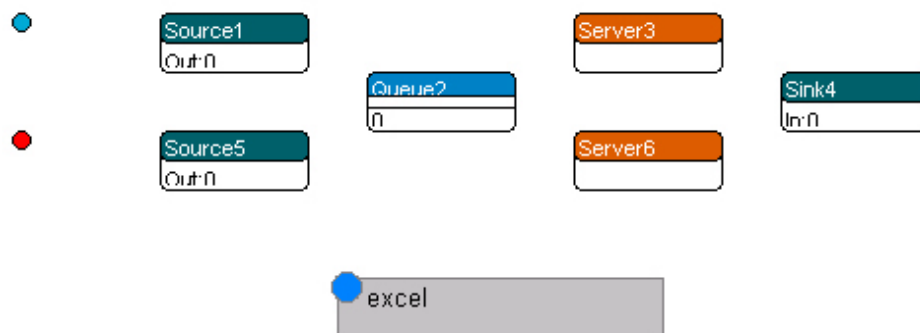
Sélectionnez, via Browse, le fichier Excel que vous venez de créer. Choisissez ensuite le classeur souhaité dans ce fichier. Le nom du classeur indiqué ici doit

correspondre avec un des classeurs du fichier Excel ! Cochez également 'Excel visible at startup' pour voir fonctionner Excel à l'arrière plan d'ED.  
Lorsque vous êtes prêt, cliquez sur OK et la liaison avec Excel est réalisée. L'icône Excel apparaît dans la partie inférieure de l'écran.

La liaison est effective et – si vous zoomez suffisamment – vous pouvez le lire sur l'atome Excel. Lorsque vous fermez le modèle, Excel se ferme également. Lorsque vous rouvrez ce modèle, la liaison suit automatiquement et les étapes 1 à 3 incluse ne doivent par conséquent plus être effectuées manuellement !

*Remarque* : cette liaison s'appelle une liaison DDE (DDE =Dynamic Data Exchange). Ici, les deux programmes entre lesquels la communication est requise doivent être ouverts. En outre, un seul fichier Excel peut être ouvert. De ce fait, il n'est pas possible de sélectionner des fichiers d'importation et d'exportation distincts. Dans ED, c'est possible via ActiveX, une méthode avancée et plus stable de relier deux programmes. Cette option n'est pas abordée ici.

Si tout se déroule comme vous le souhaitez, vous obtenez le lay-out suivant :



**Figure 8-3 : La banque avec liaison Excel**

En cas de problèmes avec la liaison, voir premier paragraphe 8.5 Troubleshooting !

### 8.3 Transfert de données vers Excel

Pour, dans ce cas-ci, voir la liaison fonctionner, nous importons le temps d'attente de chaque client dans Excel. Pour ce faire, nous utilisons la commande suivante sur le Trigger on Exit de la Queue : *excelwrite(output(c),I, age(i))*

*Excelwrite(a,b,c)* importe les résultats de l'expression c dans la cellule (a,b) du fichier Excel. La commande *age* tient à jour l'âge d'un produit depuis son arrivée dans le modèle. Ici, celui-ci est déterminé au moment où le produit quitte la Queue. Par conséquent, il est identique au temps d'attente du produit !

La commande *output* indique le nombre de produits qui quittent l'atome concerné à ce moment-là et fait office de compteur.

En résumé : le temps d'attente du client *i* est importé dans la rangée *i*, la colonne 1 du fichier Excel bank.xls.

Diminuez la vitesse de la simulation et réinitialisez la simulation. Ensuite, effectuez une simulation et passez, via la barre des tâches d'ED, dans le fichier Excel. Si tout a fonctionné normalement, il se passe quelque chose de fantastique :

*Simultanément au processus dans ED, les temps d'attente sont importés dans la première colonne de bank.xls !*

Arrêtez-vous un instant : ce qui est possible avec une seule donnée, l'est également avec beaucoup plus de données. Par conséquent, il est possible de conserver, de façon simple, de grandes quantités de données brutes et de les importer pour ensuite déclencher tout l'arsenal disponible d'opérations Excel !

Pour les personnes pour lesquelles rien n'apparaît ou qui obtiennent une grande quantité de ##### : consultez tout d'abord le chapitre Troubleshooting. Le problème relatif à la grande quantité de ##### se pose parfois lorsque la largeur de la colonne est insuffisante pour afficher l'ensemble des données dans une seule cellule. Vous pouvez résoudre ce problème en élargissant la colonne correspondante.

Pour importer les temps de rotation dans la deuxième colonne, le Trigger on Entry du Sink suffit : `excelwrite(input(c),2,age(i))`.

Attention : le temps d'attente du client 100 se trouve dans la rangée 100, colonne 1, mais le temps de rotation de ce même client 100 ne doit pas se trouver dans la rangée 100, colonne 2. Pourquoi ?

- 6 Dans Excel, déterminez le temps d'attente et le temps de rotation moyens des 1000 premiers clients

Les modèles avec liaison vers Excel se trouvent sous bank2a.mod et bank2b.mod. Le fichier Excel s'appelle bank.xls.

Pour les amateurs :

- 7 Ecrivez les temps d'attente des clients de type A dans la colonne 3 et les temps d'attente des clients de type B dans la colonne 4 et déterminez – si vous avez suffisamment de clients – le temps d'attente moyen. Les résultats correspondent-ils aux résultats précédents ?

## 8.4 Emmagasinage de données contenues dans Excel

La liaison entre ED et Excel a réussi tout comme l'importation de données, mais... il arrive souvent que l'on doive emmagasiner des données contenues dans Excel. C'est le dernier point que nous abordons.

Dans le contexte de notre exemple, les temps d'arrivée intermédiaires des clients effectivement mesurés devraient pouvoir être disponibles. Nous voulons emmagasiner ce schéma d'arrivée et l'utiliser pour une simulation dans ED.

Générez au moyen d'une formule 100 nombres (positifs !) dans la première colonne et dans la deuxième colonne de bank.xls. Bien entendu, vous pouvez également utiliser les temps d'attente obtenus...



Dans les deux cas, il est utile de supprimer les commandes excelwrite précédentes.

Maintenant, écrivez sur la Source pour le type de client A à côté de Interarrival-time :  
`excelread(output(c)+1,1)`

Pour la Queue, sur le Trigger on Exit correspondant, écrivez :  
`if(output(c)=100, closeinput(c))`

La commande excelread(a,b) emmagasine la valeur dans la cellule (a,b) d'Excel, tandis que la commande closeoutput veille à ce que, après 100 clients, la sortie de l'atome Source se ferme. Par conséquent, l'emmagasinage s'arrête. Si tel n'est pas le cas, ED continue la lecture et interprète les cellules vides comme temps d'arrivée intermédiaire de 0.

Recherchez vous-même comment les messages pour les clients de type B doivent être rédigés !

Ce modèle se trouve sous le nom de bank3.mod.

*Pour terminer* : les schémas d'arrivée sont générés au moyen d'une Source. Pour les schémas de production ou horaires fixes, dans ED, nous utilisons l'atome Arrivallist. Cet atome peut également s'utiliser pour couper et coller des schémas (de grande taille) au format adéquat à partir d'Excel. Dès ce moment-là, les données sont disponibles dans un tableau interne et, pour l'importation de données, une liaison ouverte avec Excel est superflue.

L'emmagasinage via un tableau dans ED permet de gagner beaucoup de temps et est vivement recommandé dans la majorité des situations !

## 8.5 Troubleshooting

Une liaison DDE peut déraiser de différentes façons : parfois, à cause de réglages erronés dans ED mais également à cause de réglages Windows erronés pour Excel. L'expérience apprend que, la première fois, il faut particulièrement être vigilant. Ensuite, la liaison fonctionnera sans le moindre problème.

1. Vérifiez dans quel langage votre version Excel fonctionne. Chaque langage fait, en effet, référence à une autre méthode en ce qui concerne les rangées et les colonnes et ED doit en être informé !

Il faut régler les premières lettres pour les termes de colonne et de rangée dans File | Preferences.

En anglais : (par défaut) : C et R (Column et Row), en allemand : K et R, en néerlandaise K et R, etc. (voir figure 8.4)

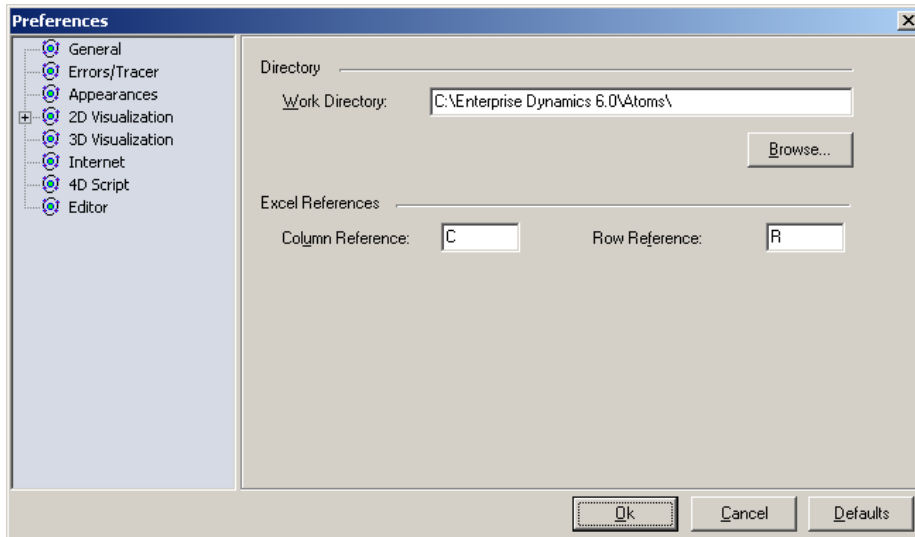


Figure 8-4 L'écran des File|Preferences

2. Contrôlez les 3 indications pour l'établissement de la liaison dans le paragraphe 8.2 :
  - a. Existe-t-il un fichier Excel dont le nom est correct dans le répertoire de travail ? (voir également figure 8.4 pour la détermination du répertoire de travail)
  - b. Avez-vous sélectionné la feuille de calcul exacte ?
  - c. A-t-on créé par inadvertance plusieurs fichiers Excel portant le même nom ?

En cas de doute : fermez tous les fichiers Excel et effectuez de nouveau les différentes étapes correctement.

3. La liaison a été établie mais résulte sur un certain désordre dans Excel : #####. Cela est dû aux différentes façons dont, dans les divers pays, on utilise les points et les virgules pour indiquer les décimales. Dans Start, sélectionnez Settings, Control Panel et Regional Settings|Numbers. Sélectionnez pour le Decimal Symbol : . (point) et pour le Digit Grouping Symbol : , (virgule). Si ces réglages sont corrects, il se peut qu'il soit également nécessaire d'adapter la largeur d'une colonne dans Excel.

## 8.6 To pool or not to pool ?

Les résultats du nouveau bureau de poste sont remarquables : pour le modèle comportant une file d'attente *commune* (bank1.mod), le temps d'attente moyen est supérieur par rapport au modèle comportant des files d'attente *distinctes* (bank2.mod) !

Nous arrivons aux résultats suivants :

Temps d'attente moyen :	File d'attente commune (en min)	Files d'attente distinctes (en min)
Clients de type A	6.18	2.45
Clients de type B	6.18	25.7
Moyenne pour tous les clients	6.18	4.56

Figure 8-5 résultats de différentes simulations

Mais comment cela est-il possible ? Ne nous apprend-on pas généralement que combiner engendre une amélioration ?

Dans le cas de files d'attente distinctes, en effet, une file de clients de type A peut se créer devant le premier guichet, tandis que pour le guichet destiné aux clients de type B, il n'y a rien à faire. L'explication se résume en un seul mot : *variation* !

Combiner engendre une diminution des temps d'attente moyens lorsqu'il est question d'un seul type de clients et non de deux comme c'est le cas ici.

Sans se plonger trop dans la théorie de la file d'attente, dans le système avec files d'attente distinctes, il est question de deux modèles M/D/1 indépendants. Il existe des formules fermées pour les principales caractéristiques de la file d'attente.

Elles donnent respectivement pour le temps d'attente moyen  $W_q$  des clients de type A et de type B :

$W_q = 2,5$  minutes et  $W_q = 25$  minutes.

Le temps d'attente moyen prévu pour tous les clients est, de ce fait de  $50/55 \times 2,5 + 5/55 \times 25 = 4,54$  minutes.

Pour le système avec une file d'attente commune, on obtient un système M/G/k avec deux types de clients. Pour pouvoir appliquer les formules de la théorie de la file d'attente, nous 'mélangeons' les clients pour n'avoir qu'un seul type de clients. 55 clients arrivent en moyenne par heure et le temps de service estimé est de  $E[S] = 50/55 \times 1 + 5/55 \times 10 = 20/11$ , soit 1,81 minute.

La variance  $Var[S]$  de ce temps de service est de 6,69 et le coefficient de variation  $C$ , défini en tant que  $Var[S]/(E[S])^2$ , est de 2,025.

Ce qui résulte approximativement – les formules ne sont pas données – sur  $W_q = 6,25$  minutes.

Les résultats de nos simulations correspondent bien à ces valeurs théoriques :

Le temps d'attente moyen en cas de files distinctes diminue de 27% !

L'explication ? Les clients irréguliers, dont le temps de service équivaut à 10 fois celui des clients réguliers, ne perturbent plus le temps d'attente des clients réguliers lorsque l'on a des files d'attente distinctes. Bien que cela implique que le temps d'attente estimé pour les clients irréguliers soit très long, le temps d'attente moyen pour tous les clients diminue considérablement.

## 8 Tâche

Adaptez le modèle des files d'attente distinctes de façon telle qu'un trop-plein unilatéral pour les clients du type A soit possible. En d'autres termes, le premier client dans la file d'attente du type A peut utiliser le guichet destiné aux clients du B, à *condition* qu'aucun client du type B n'attende. Bien entendu, vous pouvez également expérimenter avec un trop-plein bilatéral !

Qu'est-ce que cela implique pour le temps d'attente moyen des clients ?

Truc : en ajoutant des canaux et en utilisant le message 'send to' adéquat, c'est relativement simple à réaliser !