

Avant-propos

Il existe de nombreux ouvrages sur la logistique, la recherche opérationnelle, l'aide à la décision, la théorie des graphes, la programmation dynamique... mais peu d'entre eux rassemblent tous ces domaines en proposant une vision synthétique par laquelle on s'affranchit, sans les négliger, des aspects mathématiques purs et durs tout en offrant de nombreux exercices pratiques.

Le livre que vous tenez entre vos mains est constitué de 3 volumes. Le premier aborde les aspects théoriques avec pour chaque chapitre des exercices corrigés et se termine par une présentation des principaux logiciels dédiés à la RO et la simulation logistique. Le second et le troisième sont réservés à la pratique et aux applications logicielles spécialisées.

La plupart des travaux proposés ici sont réalisables à l'aide d'une simple calculatrice, d'une feuille et d'un stylo ou bien avec l'aide d'un tableur de type Microsoft Excel, Apache OpenCalc, Apple Numbers, etc.

Les techniques présentées et leurs domaines d'utilisation sont multiples mais je suis sûr qu'un étudiant, un logisticien, un développeur, un technicien, un ingénieur, un informaticien, un décideur... et vous-même, lecteur, leur trouveront des applications pratiques insoupçonnées dans votre vie professionnelle, voire même personnelle.

Public visé

Cet ouvrage est destiné à tous ceux qui rencontrent des problèmes logistiques liés à la gestion des flux, l'aide à la décision, l'optimisation de trajets ou de tournées, la recherche d'un objectif face à de multiples contraintes, la création de tableaux de bord et de simulations pertinentes, etc.

Les travaux présentés requièrent un minimum de connaissances mathématiques ; un étudiant de niveau bac+2, scientifique ou économique, ne devrait pas rencontrer de difficultés majeures. J'ai essayé de rester simple et d'aller droit au but dans l'approche théorique sans m'embarrasser de grandes démonstrations qui ne me paraissaient pas nécessaires.

En ce qui concerne les exercices pratiques, sur micro-ordinateur, abordés dans les volumes 2 et 3, une bonne connaissance du système d'exploitation (chemin, dossier et répertoires, fichiers, noms, extensions, copie, déplacement, etc.) sera essentielle.

Certains travaux utilisent un tableur, il vous faudra donc maîtriser les fonctionnalités de base de ce type de logiciel. Il sera aussi bienvenu de connaître l'usage primaire d'outils de manipulation de données de type TCD (tableaux croisés dynamiques).

Si vous êtes un adepte du langage VBA (*Visual Basic Application*) ou d'un de ses équivalents, vous pourrez pleinement comprendre, améliorer, enrichir et créer de nouvelles solutions pour certains problèmes.

Enfin, si vous possédez quelques prémisses sur les systèmes de gestion de base de données et l'algèbre relationnelle, alors vous serez pleinement à l'aise dans tous les domaines abordés.

Organisation et contenus du livre

Cet ouvrage est composé de trois volumes :

- 1) *Théorie et fondamentaux* ;
- 2) *Tableaux de bord, planification et gestion de trafic* ;
- 3) *Flux discrets et continus en 2D/3D*.

Le volume 1 présente successivement une introduction suivie par 10 chapitres et une conclusion :

- approche de la logistique ;
- une vue d'ensemble de la recherche opérationnelle ;
- les bases de la théorie des graphes ;
- le calcul des chemins optimaux ;
- la programmation dynamique ;
- la planification et l'ordonnancement avec PERT et MPM ;

- les calculs de flots dans un réseau ;
- les arbres couvrants et les tournées ;
- la programmation linéaire ;
- modélisation du trafic routier ;
- divers logiciels pour la RO et la simulation des flux logistiques.

C'est ici que vous trouverez les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension du second volume. De nombreux exemples accompagnent la théorie et chaque chapitre se termine par une série d'exercices avec leurs solutions.

La conclusion, comme son nom l'indique, essaie d'établir un bilan sur l'état actuel de la logistique théorique et son développement futur.

Les annexes 1 et 2 apportent quelques éléments supplémentaires. Vous y trouverez dans cet ordre :

- la table de la loi normale centrée réduite ;
- une présentation et un mini-manuel consacré au logiciel de calcul GeoGebra.

Le volume 2 débute par une introduction complétée par 4 chapitres mettant en œuvre des outils logiciels sur des cas d'applications pratiques pour se terminer par une conclusion :

- les différents outils utilisés dans ce volume ;
- la recherche opérationnelle avec un tableur ;
- les tableaux de bord avec un tableur et les tableaux croisés dynamiques ;
- l'ordonnancement et la planification avec un gestionnaire de projets ;
- la simulation de trafic routier.

La conclusion présente les nouvelles fonctionnalités qui devraient voir le jour sur les tableurs et les gestionnaires de projet ainsi que les évolutions et les convergences entre les simulateurs de trafic et les nouvelles infrastructures qui voient le jour sur les réseaux routiers.

L'annexe 1 est consacrée à l'installation du solveur au sein de Microsoft Excel.

L'annexe 2 est dédiée à l'installation du kit de développement Java.

Le volume 3 commence par une introduction à laquelle viennent s'ajouter 4 chapitres dédiés à la modélisation et la simulation de flux dans un environnement en 2 ou 3 dimensions (2D ou 3D). Ils traitent différents cas extraits de situations rencontrées sur le terrain. Une conclusion vient clore ce troisième ouvrage :

- les différents logiciels utilisés dans ce 3^e volume ;
- la simulation de flux informatisés discrets ;
- la simulation de flux mixtes ;
- les flux en 3D et la simulation d'évacuation ;
- les flux en 3D pour le convoyage et l'entreposage.

La conclusion aborde les évolutions futures des logiciels et leur intégration au sein de la société.

A la fin de chaque volume, vous trouverez une bibliographie et une liste de liens Internet.

Un glossaire est aussi présent, il viendra expliciter certains sigles ou acronymes et certaines terminologies très spécifiques de la logistique et de la recherche opérationnelle.

Conventions

Cet ouvrage utilise les conventions typographiques suivantes :

– *italique* : il est réservé à des termes importants utilisés pour la première fois dans le texte et que l'on retrouve généralement dans le glossaire en fin d'ouvrage : des termes mathématiques, des commentaires, des équations, des expressions ou des variables présents dans les chapitres théoriques et pratiques au sein des exemples et des exercices ;

– (*italique*) : ce sont des termes en langue anglaise ou étrangère ;

– MAJUSCULE : elles sont réservées à des noms de fenêtres, d'icônes, de boutons, de dossiers ou répertoires, de menus ou de sous-menus. Ce peut être aussi des éléments, des options ou des commandes présents dans la fenêtre d'un programme ;

– courrier : cette police est utilisée pour les lignes de code VBA (*Visual Basic Application*). Ces lignes peuvent se terminer par le symbole `'`, ce qui implique un retour à la ligne obligatoire lors de la saisie.

Les remarques sont signalées par la présence du mot-clé : REMARQUE. Elles viennent compléter les explications déjà fournies.

Les théorèmes sont précédés du mot-clé : THÉOREME.

Les figures et les tableaux possèdent tous une légende qui est souvent utile à la compréhension.

Vocabulaire et définition

Comme pour toutes les techniques, les outils d'optimisation logistiques possèdent leur propre vocabulaire. Des mots, des acronymes, des abréviations, des sigles et des noms propres pas toujours familiers, c'est le rôle du glossaire déjà cité.

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier l'équipe de ISTE Editions et mon éditrice Chantal Ménascé qui ont su me faire confiance, Jacqueline Gélénier de la société 1point2, distributeur des logiciels ExtendSim et Pathfinder, Clair Augsburguer de FlexSim France, sans oublier mon très cher ami, Pascal Mauny, directeur de l'IUT de Chalon-en-Saône et maître de conférence à l'Université de Bourgogne, pour le temps, l'attention et l'écoute qu'il a su m'accorder et pour la rédaction de la préface de cet ouvrage.

Enfin, je souhaite remercier mon épouse, Vanna, qui m'a soutenu tout au long de l'écriture de ce livre.

Introduction

Logistique, système d'informations et logiciels

Le dernier chapitre du volume 2 de cet ouvrage s'est terminé par la présentation de différents exemples liés au trafic routier que nous avons modélisés et simulés avec différents logiciels.

Dans ce troisième volume, nous allons aborder des problèmes de simulation manipulant des flux divers, de formats discrets, continus ou mixtes comme des skieurs, des piétons, des caisses, des cartons, des palettes, des liquides, des bouteilles, etc.

Comparativement à ce que j'ai déjà présenté précédemment, nous allons appréhender de nouvelles notions et de nouveaux concepts tout en mettant en œuvre certaines des théories présentées dans le volume 1.

Là encore, la plupart des problèmes traités sont issus de cas pratiques que j'ai pu rencontrer sur le terrain, pour lesquels j'ai quelquefois allégé le contenu du cahier des charges afin de faciliter leur modélisation et les rendre plus accessibles à l'utilisateur. Mon but est de lui fournir les bases et les clés qui lui permettront d'envisager le traitement de cas plus complexes.

Nous travaillerons successivement avec les simulateurs de flux ExtendSim, Pathfinder, et FlexSim,

Dans un premier chapitre, nous commencerons par créer un modèle simulant le domaine skiable d'une station de sports d'hiver avec ses remontées mécaniques, ses pistes et ses skieurs. Cet exemple montrera qu'il est possible de créer un modèle

associé à des flux discrets dans un environnement très éloigné de l'industrie mais où la simulation peut apporter son concours pour, par exemple, définir l'implantation d'une future remontée mécanique. Les coûts de construction d'un tel ensemble étant très élevés, les décideurs n'ont pas droit à l'erreur, un modèle virtuel leur permettra d'essayer plusieurs scénarios en correspondance avec le cahier des charges afin de définir la ou les meilleures solutions.

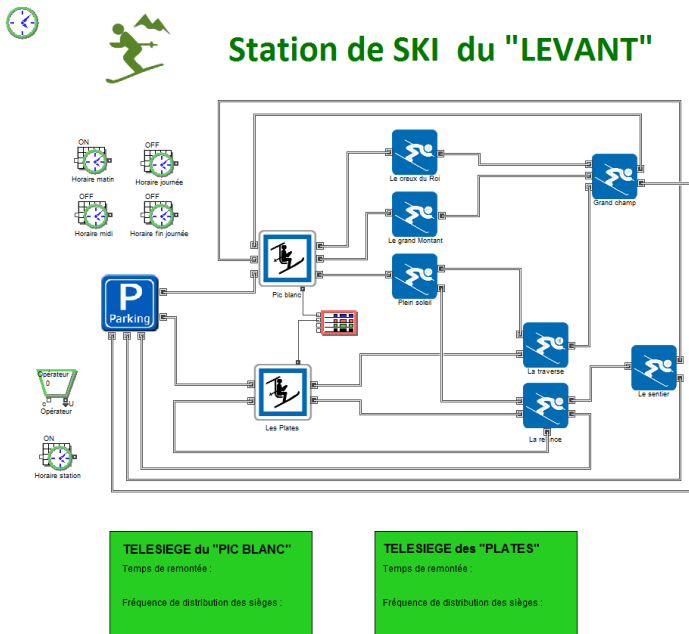


Figure I.1. Le modèle de la station de ski

Au sein de l'industrie, les flux logistiques sont souvent mixtes, ce qui nous amènera à traiter dans un second chapitre un exemple de chaîne de fabrication et de conditionnement de boissons gazeuses utilisant plusieurs sous-systèmes de contrôle de débit, de mélange, de convoyage, d'embouteillage, d'entreposage et de stockage. Le modèle combinera des liquides, de type continu, avec des bouteilles, palettes et caisses de type discrets.

Dans un troisième chapitre nous aborderons la simulation des flux en 3D en développant un modèle simulant l'évacuation du personnel d'un bâtiment. Nous verrons comment importer et intégrer un plan d'une construction, puis comment placer les différents acteurs (piétons) tout en gérant leurs comportements.

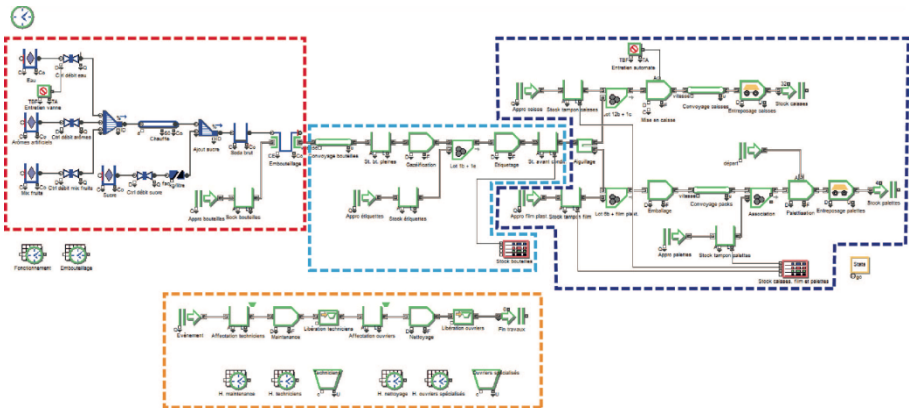


Figure I.2. Le modèle de fabrication de boissons gazeuses

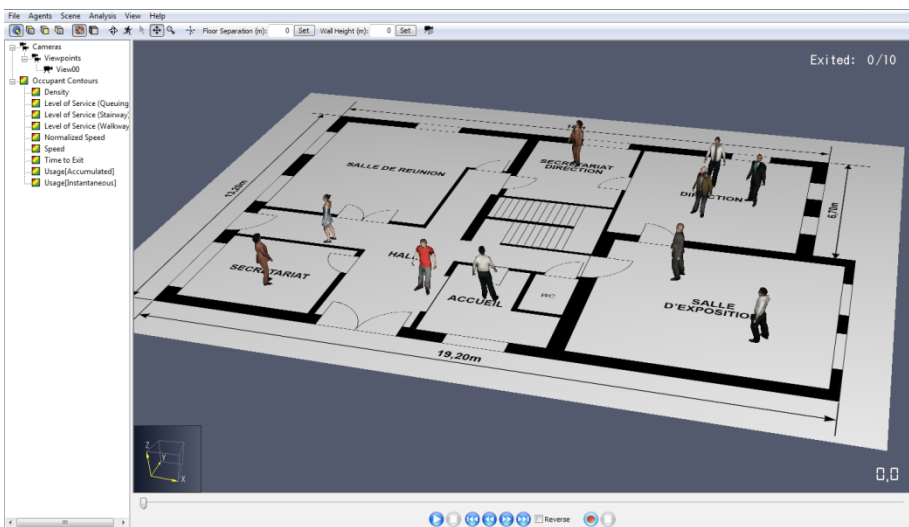


Figure I.3. Le plan du rez-de-chaussée avec ses différents occupants prêts pour une évacuation

Nous incorporerons mobilier, escalier et ascenseur pour avoir une simulation encore plus proche de la réalité.

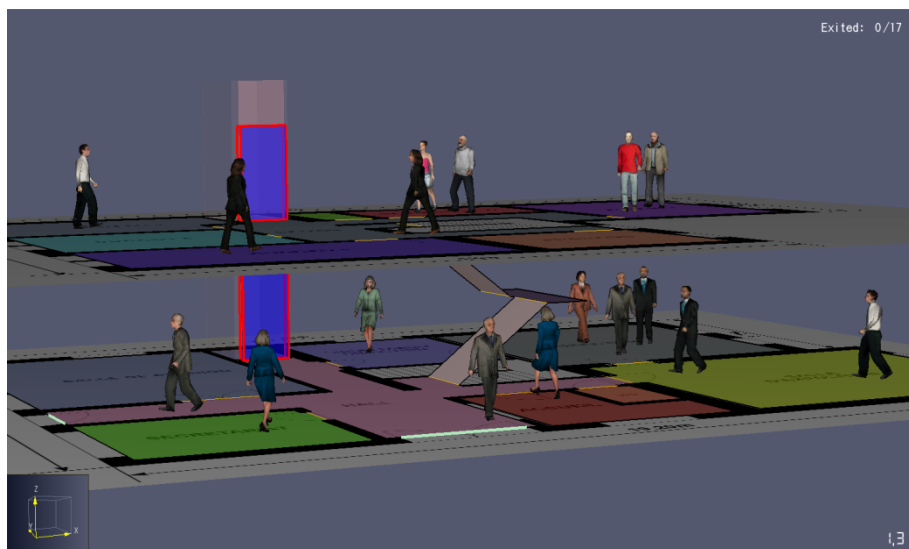


Figure I.4. Une simulation d'évacuation en cours au sein du bâtiment de notre exemple

En finalité nous générerons différents graphiques associés à des tableaux de résultats textuels résumant l'ensemble des paramètres du scénario exécuté.

Un domaine très présent au sein de la simulation des flux logistiques est le convoyage et l'entreposage de marchandises. Nous traiterons ces aspects dans un dernier chapitre avec un exemple de plateforme semi-automatisée depuis le déchargement des marchandises, en passant par des zones de dépalettisation, de réétiquetage, de transport, de convoyage et de stockage.

Pour effectuer ces tâches nous utiliserons des moyens classiques comme des caristes et des opérateurs en terme de ressources humaines et des éléments automatisés avec des convoyeurs à rouleaux et des *ASRS* (*Automated Storage and Retrieval System* – système de stockage et de récupération automatique) associés à des racks à palettes ou cartons multi-niveaux disposés en travées.

La construction et la simulation se feront en 3D en respectant des contraintes conceptuelles et organisationnelles, précises et imposées, que nous pourrons éventuellement faire varier afin d'augmenter l'efficacité de la plateforme.

Pour visualiser et mesurer les variables fondamentales liées au fonctionnement de notre modèle, nous concevrons des tableaux de bord et des rapports permettant de visualiser les résultats engrangés par les différentes simulations.

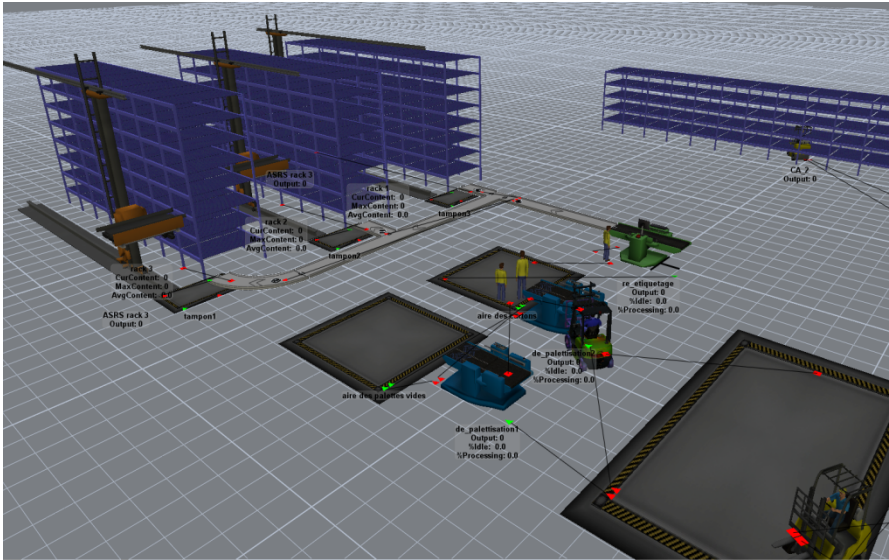


Figure I.5. La plateforme d'entrepôt. On peut voir les caristes avec leurs chariots élévateurs, les opérateurs en jaune et, au fond à gauche, les racks de stockage avec leurs ASRS

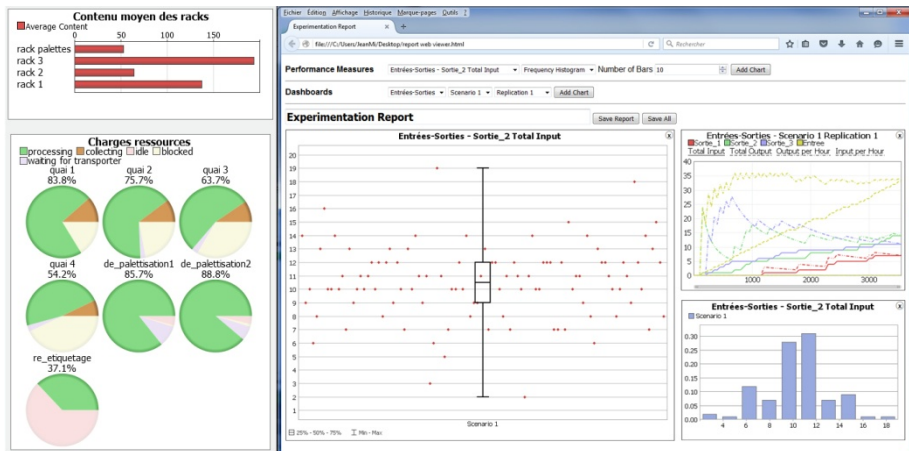


Figure I.6. Tableaux de bord et rapport de simulation

Pour terminer, nous évoquerons quelques cas particuliers et nous verrons les solutions appropriées qu'il est possible de mettre en œuvre pour les satisfaire.

