

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. La simulation	3
1.1. Introduction	3
1.2. Avantages de la simulation	5
1.2.1. Expérimentation en temps comprimé	5
1.2.2. Réduction des exigences analytiques	5
1.2.3. Modèles faciles à démontrer	5
1.3. Inconvénients de la simulation	6
1.4. Notions relatives à la simulation	6
1.4.1. Notion de système	6
1.4.2. Modèle et modélisation	7
1.5. Composants d'un modèle de simulation	9
1.5.1. Entités	9
1.5.2. Attributs	9
1.5.3. Variables	10
1.5.4. Ressources	10
1.5.5. Files d'attente	11
1.5.6. Accumulateurs statistiques et mesures de performance	13
1.5.7. Évènement, activité et processus	15
1.6. Principes de base de la représentation de système	16
1.6.1. Symboles standard des organigrammes	16
1.6.2. Exemple de diagramme de flux	18
1.7. Simulation manuelle	19
1.7.1. Calcul du temps moyen de séjour	22
1.7.2. Calcul du temps moyen d'attente	22
1.7.3. Calcul de l'utilisation moyenne des ressources	23

Chapitre 2. Projet de simulation	25
2.1. Les étapes d'un projet de simulation	25
2.2. Formulation du problème.	26
2.3. Fixation des objectifs	26
2.4. Construction du modèle conceptuel	26
2.5. Collecte et analyse des données	27
2.6. Codage sur logiciel	27
2.7. Vérification	27
2.8. Validation	28
2.8.1. Analyse de sensibilité	28
2.8.2. Test des conditions extrêmes	29
2.8.3. Validation par test d'hypothèse	29
2.8.4. Validation par intervalle de confiance	29
2.9. Conception d'un cadre d'expérimentation.	30
2.10. Exécution de la simulation et analyse des résultats.	30
Chapitre 3. Traitement des données	33
3.1. Introduction.	33
3.2. Collecte des données d'entrée	34
3.2.1. Mode et unités de collecte du temps	34
3.2.2. Données déterministes et probabilistes	34
3.2.3. Données discrètes et continues	36
3.3. Ajustement d'une distribution de probabilité à la variable	37
3.3.1. Choix d'une distribution	37
3.3.2. Estimation des paramètres de la distribution choisie	37
3.3.3. Test d'adéquation de la distribution choisie aux données	46
Chapitre 4. Analyse des résultats	51
4.1. Introduction.	51
4.2. Détermination du nombre de répliques pour un système terminant	52
4.2.1. Précision absolue	53
4.2.2. Précision relative	53
4.2.3. Exemple	53
4.3. Détermination du nombre de répliques pour un système non terminant	55
4.3.1. Détermination de l'état stationnaire	55
4.3.2. Longue simulation	57
4.4. Analyse statistique des résultats.	58
4.4.1. Comparaison simple entre deux modèles de simulation	58
4.4.2. Comparaison de trois ou plusieurs modèles de simulation	62

Chapitre 5. Présentation du logiciel Arena	75
5.1. Introduction.	75
5.2. Interface utilisateur du logiciel Arena	76
5.3. Le panneau « basic process »	77
5.3.1. Modules de diagramme de flux « flowchart »	77
5.3.2. Modules de données « data modules »	84
5.4. Le panneau « advanced process ».	86
5.4.1. Les modules du diagramme de flux « Flowchart modules ».	86
5.4.2. Les modules des données « data modules »	91
5.5. Le panneau « advanced transfer ».	93
5.5.1. Les modules généraux du diagramme de flux	93
5.5.2. Les modules des convoyeurs de flux.	95
5.5.3. Les modules de transport de flux	97
5.5.4. Les modules des données « data modules »	102
Chapitre 6. Applications de la modélisation de simulation.	105
6.1. Introduction à l'utilisation du logiciel Arena	105
6.1.1. Énoncés.	105
6.1.2. Simulation à la main	106
6.1.3. Simulation avec le logiciel Arena	107
6.1.4. Comparaison entre résultats.	109
6.2. Méthodes de collecte et analyse des résultats (période transitoire)	110
6.2.1. Énoncés.	110
6.2.2. Modèle de simulation	112
6.2.3. Élimination de la période transitoire.	114
6.3. Panne de ressources	122
6.3.1. Énoncés.	122
6.3.2. Modèle de simulation	123
6.3.3. Réplication.	123
6.3.4. Courbes.	126
6.3.5. Panne	126
6.4. Choix de transfert (<i>PickStation</i>).	128
6.4.1. Énoncé	128
6.4.2. Modèle de simulation	129
6.4.3. Choix d'opération (formatage)	131
6.4.4. Nouveau produit.	132
6.5. File d'attente (<i>Hold, Batch, Match</i>).	136
6.5.1. Énoncé	136
6.5.2. Modèle de simulation (<i>Hold</i>)	137
6.5.3. Contrôle qualité et emballage (<i>Batch</i>).	139
6.5.4. Emballage et cartons (<i>Match</i>).	142

6.6. Groupe de ressources, calendrier et enregistrement de résultats (<i>Set, Schedule, Record</i>)	144
6.6.1. Énoncé	144
6.6.2. Modèle de simulation	145
6.6.3. Augmentation de ressources (<i>Set</i>)	147
6.7. Chaîne logistique (<i>Request, Transport, Free</i>).	151
6.7.1. Énoncé	151
6.7.2. Modèle de simulation	152
6.7.3. Chacun son camion	156
Chapitre 7. La simulation dans le domaine manufacturier	159
7.1. Étude d'une ligne d'assemblage de téléviseurs	159
7.1.1. Objectif	160
7.1.2. Configuration de la chaîne d'assemblage des téléviseurs.	160
7.1.3. Collecte des données	161
7.1.4. Modèle de simulation	171
7.1.5. Vérification du modèle de simulation	175
7.1.6. Validation du modèle de simulation	176
7.1.7. Expérimentation et analyse des résultats	180
7.1.8. Conclusion	185
7.2. Optimisation basée sur la simulation d'un système manufacturier flexible.	186
7.2.1. Objectif	186
7.2.2. Le SMF étudié.	186
7.2.3. Modèles de simulation	189
7.2.4. Vérification du modèle de simulation	201
7.2.5. Validation du modèle de simulation	201
7.2.6. Expérimentation et analyse des résultats	204
7.2.7. Conclusion	207
Chapitre 8. La simulation dans le domaine de la santé : étude d'un centre de vaccination Covid-19	209
8.1. Introduction.	209
8.2. Objectif	210
8.3. Descriptif du centre de vaccination	210
8.4. Modèles conceptuels du centre de vaccination	212
8.4.1. Modèle réel	212
8.4.2. Modèle proposé	213
8.5. Collecte des données et analyse des temps de service	214
8.6. Taux d'arrivée des citoyens au centre	215

8.7. Codage du modèle de simulation	216
8.7.1. Modèle réel	216
8.7.2. Centre de vaccination proposé	219
8.8. Vérification des modèles de simulation	221
8.9. Validation du modèle de simulation du centre réel.	221
8.9.1. Longueur de réplication de simulation	221
8.9.2. Calcul du nombre de réplifications de simulation	222
8.9.3. Validation	223
8.10. Expérimentation et analyse des résultats	226
8.10.1. Mesures de performance	226
8.10.2. Analyse des résultats de simulation	226
8.11. Discussion et conclusion	242
8.11.1. Réponse du centre à la variabilité des arrivées	242
8.11.2. Comparaison des résultats des deux modèles du centre de vaccination.	242
8.11.3. Conclusion	243

Chapitre 9. La simulation dans la chaîne logistique : optimisation des émissions CO₂ d'une chaîne logistique mutualisée 245

9.1. Introduction.	245
9.2. Stratégie de mutualisation	246
9.2.1. Stratégie de mutualisation <i>multi-pick</i> (tournée de ramassage). . .	246
9.2.2. Stratégie de mutualisation <i>multi-drop</i> (tournée de distribution) . .	247
9.2.3. Stratégie de mutualisation avec <i>hub</i> partagé	247
9.3. Objectif	248
9.4. Descriptif de la chaîne étudiée.	248
9.5. Formulation de l'indicateur d'émissions de CO ₂	250
9.6. Modèles conceptuels	251
9.6.1. Chaîne logistique non mutualisée	251
9.6.2. Chaîne logistique mutualisée avec stratégie <i>multi-pick</i>	251
9.6.3. Chaîne logistique mutualisée avec stratégie <i>multi-drop</i>	253
9.6.4. Chaîne logistique mutualisée avec <i>hub</i>	253
9.7. Modèles de simulation	254
9.7.1. Modèle de chaîne logistique non mutualisée.	254
9.7.2. Modèle de chaîne logistique mutualisée avec stratégie <i>multi-pick</i>	259
9.7.3. Modèle de chaîne logistique mutualisée avec stratégie <i>multi-drop</i>	263
9.7.4. Modèle de chaîne logistique mutualisée avec <i>hub</i>	265
9.8. Vérification et validation des modèles de simulation	268
9.9. Résultats et discussion	271
9.10. Conclusion	273

Annexe 1. Table de χ^2	275
Annexe 2. Table de F pour $\alpha = 0,05$	277
Annexe 3. Table de multiplicateur de Duncan pour $\alpha = 0,05$	279
Annexe 4. UTIL (en %)	281
Bibliographie	285
Index	287