Table des matières

Avant-propos	1
Introduction	3
Chapitre 1. Impacts et enjeux de l'industrie 4.0	9
1.1. Emploi et formation	10
1.2. La transition numérique industrielle	13
1.3. La recherche scientifique	17
1.4. Une stratégie globale	21
1.5. Modèles économiques	23
1.6. Les données et leur transformation	25
Chapitre 2. Nouvelles fonctionnalités	29
2.1. Catégorie « préparation »	30
2.1.1. Opérations	31
2.1.2. Simulation	32
2.2. Catégorie « pilotage »	33
2.2.1. Flexibilité	35
2.2.2. Contrôle	36
2.2.3. Personnalisation	37
2.2.4. Réactivité	38
2.2.5. Portabilité	39
2.2.6. Qualité	40

2.3. Catégorie « transversale »	41
2.3.1. Prédiction.	41
2.3.2. Cybersécurité	42
2.3.3. Environnement	43
2.3.4. Dimension humaine	44
2.3.5. Données	45
2.3.6. Évolutif	46
Chapitre 3. Notions fondamentales	49
3.1. Lac de données.	49
3.2. Système de fabrication cyberphysique	52
3.3. L’Internet industriel des objets	54
3.4. Système industriel cyberphysique.	57
3.5. Pilotage dynamique	58
3.6. Calculs intelligents	60
Chapitre 4. Concepts, modèles et architectures	65
4.1. Concepts généraux	67
4.1.1. Concept de Lina <i>et al.</i>	67
4.1.2. Concept de Gorecky et Weyer	68
4.1.3. Concept de Benfriha <i>et al.</i>	70
4.1.4. Conclusion	71
4.2. Modèle de référence.	72
4.3. Architecture générique	74
4.4. Approches de transition.	76
4.4.1. Intégration horizontale et verticale	77
4.4.2. Approche hybride.	79
Chapitre 5. Plateforme 4.0.	85
5.1. Conception et développement	86
5.1.1. Défis scientifiques	88
5.1.2. Nouvelle approche de conception	92
5.1.3. Couche organique.	96
5.1.4. Couche logicielle et commande.	99
5.1.5. Couche IoT.	100
5.2. Architecture de communication	102

5.2.1. Architecture de connexion	103
5.2.2. Protocoles de communication	107
5.3. Les données générées	110
5.3.1. Classification des données	110
5.3.2. Exemples	110
5.4. Cas d'étude	113
5.4.1. Introduction à la qualité 4.0	113
5.4.2. Technologie utilisée	115
5.4.3. Démarche générale	115
5.4.3.1. Étape 1 – définition des objectifs	116
5.4.3.2. Étape 2 – définition des phases opérationnelles	116
5.4.3.3. Étape 3 – installation physique du scanner	118
5.4.3.4. Étape 4 – architecture de communication	118
5.4.3.5. Étape 5 – architecture fonctionnelle	119
5.4.4. Expérimentation	121
5.5. Conclusion	123
Chapitre 6. Pilotage des opérations	125
6.1. Architecture fonctionnelle	126
6.1.1. Continuité numérique	126
6.1.2. Flux métiers	127
6.2. Systèmes de pilotage	130
6.2.1. Planification	132
6.2.2. Modularité	133
6.2.3. Plan de production	134
6.2.4. Pilotage	136
Chapitre 7. Jumeaux numériques	147
7.1. Principes	148
7.1.1. Niveaux de maturité	149
7.1.2. Catégorisation	149
7.1.3. Modes de fonctionnement	151
7.2. Démarche de conception	152
7.3. Phase d'identification des besoins	153
7.3.1. Identification des objectifs industriels	153
7.3.2. Identification des critères d'évaluation	154
7.3.3. Identification des données nécessaires	155
7.3.4. Rédaction du cahier des charges	155

7.4. Phase de conception du jumeau numérique	156
7.4.1. Modification du système physique	157
7.4.2. Conception du module numérique	157
7.4.3. Développement du module de communication.	158
7.4.4. Intégration des fonctionnalités	159
7.4.5. Conception du module de prise de décisions	160
7.4.6. Synthèse	160
7.5. Phase de déploiement et de vérification	162
7.5.1. Plateforme d'expérimentation.	162
7.5.2. Cahier des charges	163
7.5.2.1. Objectifs et fonctionnalités	163
7.5.2.2. Définition des critères d'évaluation	164
7.5.2.3. Identification des données nécessaires	164
7.5.3. Conception du jumeau numérique	165
7.5.3.1. Adaptation de la plateforme 4.0	165
7.5.3.2. Conception du module numérique.	165
7.5.3.3. Développement du module de communication	167
7.5.3.4. Intégration des fonctionnalités	169
7.5.3.5. Module de prise de décisions.	172
7.5.4. Validation	173

Chapitre 8. Clouds pour l'industrie. 177

8.1. Principaux Clouds pour l'industrie	178
8.1.1. Cloud manufacturing	178
8.1.2. Cloud outsourcing	179
8.1.3. Cloud computing	181
8.1.4. Méthodologies et <i>frameworks</i>	181
8.2. Méthodologie d'intégration	185
8.2.1. Identification des besoins industriels	186
8.2.2. Adaptation de l'infrastructure IT de l'atelier	187
8.2.3. Classification et catégorisation des données	188
8.2.3.1. Classification alignée sur les objectifs industriels.	189
8.2.3.2. Classification alignée sur les architectures et ressources Cloud.	190
8.2.4. Agrégation des données et construction du <i>Data Lake</i>	191
8.2.5. Analyse dans le Cloud et création de processus spécifiques	194
8.2.6. Déploiement de la méthodologie	195
8.3. <i>Framework</i> de déploiement	197
8.4. Synthèse.	199

Chapitre 9. Optimisation digitale	201
9.1. Introduction de la problématique	202
9.1.1. Évolution de l'optimisation industrielle	202
9.1.2. Caractérisation du problème.	203
9.2. Phases d'optimisation.	204
9.2.1. Modélisation	205
9.2.2. Données et infrastructure IT.	207
9.2.3. Algorithme d'analyse des données dans le Cloud	208
9.2.4. Résultats et interprétation	210
9.3. Conclusion	215
Conclusion	217
Bibliographie	221
Index	225