

Table des matières

| | |
|--|----|
| Présentation des auteurs | 1 |
| Avant-propos | 5 |
| Marianne SARAZIN | |
| Partie 1. Grandir avec l'intelligence artificielle | 7 |
| Introduction de la partie 1. | 9 |
| Marianne SARAZIN | |
| Chapitre 1. De l'intelligence humaine à l'intelligence artificielle | 11 |
| Bruno SALGUES | |
| 1.1. Les différentes formes d'intelligence. | 11 |
| 1.1.1. Typologies de l'intelligence humaine | 11 |
| 1.1.2. Intelligence artificielle (IA) et intelligence humaine | 11 |
| 1.1.3. L'intelligence des objets et l'aide aux hommes | 11 |
| 1.2. Historique de l'intelligence dite « artificielle » | 13 |
| 1.2.1. Les formes mécaniques | 13 |
| 1.2.2. La volonté de modéliser les neurones et la cybernétique | 14 |
| 1.2.3. L'arrivée de l'ordinateur. | 15 |
| 1.2.3.1. Les systèmes-experts et la renaissance des années 1980. | 17 |
| 1.2.3.2. La relance à partir de 2010 | 18 |
| 1.2.4. Différents usages de l'intelligence artificielle en santé | 18 |
| 1.2.4.1. Les réseaux de neurones. | 18 |

| | |
|---|----|
| 1.2.4.2. Les agents intelligents | 19 |
| 1.2.4.3. L'extraction de Knol | 19 |
| 1.2.4.4. Ontologies autoconstruites | 19 |
| 1.2.4.5. Heuristique autodéfinissante | 20 |
| 1.2.4.6. Épistémologies | 21 |
| 1.2.5. Rubriques automatisées ou réponses scorées | 22 |
| 1.2.6. Les systèmes experts | 23 |
| 1.2.7. Différenciation vectorielle ou forêt de vecteurs | 24 |
| 1.2.8. Matrice de convolution | 25 |
| 1.2.9. Systèmes multicaméraux ou démocratiques | 26 |
| 1.2.10. La dynamique des systèmes | 26 |
| 1.2.11. <i>Machine learning</i> ou apprentissage automatique | 28 |
| 1.2.12. <i>Deep learning</i> | 30 |
| 1.2.13. Les clés de l'adoption de l'intelligence artificielle en santé | 30 |
| 1.2.14. Les traitements des organes par l'intelligence artificielle | 32 |
| 1.2.15. Les actes médicaux aidés par l'intelligence artificielle : le dosage des médicaments | 33 |
| 1.2.15.1. L'exemple des immunosuppresseurs, adaptation du dosage | 33 |
| 1.2.15.2. La recherche de médicaments candidats | 34 |
| 1.2.15.3. L'iatrogénie et l'action des médicaments | 35 |

Chapitre 2. Le point de vue du philosophe : les enjeux de l'IA pour notre humanité 37

François-Xavier CLÉMENT

| | |
|---|----|
| 2.1. Introduction | 37 |
| 2.2. Les prémices de l'IA | 38 |
| 2.3. L'homme : maître ou esclave de l'IA. Exemples d'approches comportementales | 41 |
| 2.3.1. L'adolescent et son téléphone | 41 |
| 2.3.2. Le comportement du consommateur et l'IA | 42 |
| 2.3.3. L'utilisation de la mémoire et l'IA | 43 |
| 2.3.4. L'intelligence humaine <i>versus</i> l'IA | 44 |
| 2.3.5. Maître du jeu : l'homme ou IA ? | 45 |
| 2.4. Et l'humanité dans tout ça ? | 47 |
| 2.4.1. Nouveau langage | 47 |
| 2.4.2. Nouvelle pensée | 48 |
| 2.4.3. Nouvelle morale | 49 |
| 2.5. L'IA dans les études : évolution des modes d'apprentissage chez les étudiants de 2020 | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.1. Générations et technologie | 52 |
| 2.5.2. Comportement des étudiants | 53 |
| 2.6. Quelques mots de conclusion | 54 |
| | |
| Partie 2. Travailler avec l'intelligence artificielle | 57 |
| | |
| Introduction de la partie 2 | 59 |
| Marianne SARAZIN | |
| | |
| Chapitre 3. Pour un « pilotage » stratégique et responsable des projets en innovation ouverte liés à l'IA | 61 |
| Aline COURIE-LEMEUR | |
| 3.1. Introduction. | 61 |
| 3.2. Le développement de l'innovation et le modèle « innovation ouverte » : enjeux et risques. | 63 |
| 3.2.1. Définition de l'innovation ouverte | 63 |
| 3.2.2. Dangers de l'innovation ouverte | 65 |
| 3.2.2.1. Danger structurel | 65 |
| 3.2.2.2. Danger financier | 65 |
| 3.2.2.3. Danger stratégique | 66 |
| 3.3. Le pilotage des projets menés en « innovation ouverte » dans le cadre du développement des techniques d'intelligence artificielle | 67 |
| 3.3.1. Pilotage stratégique et responsable. | 68 |
| 3.3.2. Les attributs d'un pilotage stratégique et responsable. | 70 |
| 3.3.2.1. Capacité à mobiliser des stratégies des liens. | 70 |
| 3.3.2.2. Capacité à construire un climat de confiance | 71 |
| 3.3.2.3. Capacité à communiquer et à convaincre. | 72 |
| 3.4. En résumé. | 73 |
| 3.5. Conclusion | 76 |
| | |
| Chapitre 4. Le management et l'IA : mythes et réalités | 77 |
| Gilles ROUET | |
| 4.1. Introduction. | 77 |
| 4.1.1. Changement de paradigme du monde des affaires. | 77 |
| 4.1.2. Nouveau modèle de management | 78 |
| 4.1.3. Mélange des genres : intrusion des technologies du quotidien et dans le monde de l'entreprise | 78 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2. Le management dans notre environnement numérique | 79 |
| 4.2.1. Apport du numérique dans l'entreprise | 80 |
| 4.2.2. L'intelligence artificielle. | 82 |
| 4.2.3. Concepts d'analyse à l'usage des grandes bases de données. | 83 |
| 4.2.3.1. L'apprentissage sur les données | 83 |
| 4.2.3.2. Introduction de l'expérience « client » et « collaborateur » dans les modèles d'apprentissage | 85 |
| 4.2.3.3. Introduction à la collaboration homme-outil d'intelligence artificielle | 86 |
| 4.3. Des humains et des machines | 87 |
| 4.3.1. L'optimisation d'outils basés sur l'IA au sein des entreprises. | 87 |
| 4.3.2. L'humain à privilégier par rapport à l'IA au sein des entreprises | 88 |
| 4.3.3. Évolution des compétences indispensables. | 89 |
| 4.3.4. Et après... | 90 |
| 4.4. Conclusion | 91 |
| | |
| Partie 3. Gérer la santé avec l'intelligence artificielle | 93 |
| | |
| Introduction de la partie 3. | 95 |
| Marianne SARAZIN | |
| | |
| Chapitre 5. Comment faire sortir le monde médical de l'ère prénumérique ? | 97 |
| Marc SOLER | |
| 5.1. Introduction. | 97 |
| 5.2. La relation des professionnels de santé avec le numérique | 98 |
| 5.2.1. Niveau de formation des professionnels de santé | 98 |
| 5.2.2. La technologie et les professionnels de santé. | 100 |
| 5.2.2.1. Le dossier médical partagé (DMP) | 101 |
| 5.2.2.2. Cryptage des données de santé : indispensable pour un échange sécurisé | 102 |
| 5.3. Création d'un dossier médical universel : utopie ? | 103 |
| 5.4. L'« intelligence artificielle » au service de la médecine : positionnement de l'état français | 106 |
| 5.5. Approche des fournisseurs de la technologie ? | 107 |
| 5.6. Le système Watson d'IBM : son histoire et application à la médecine. | 109 |
| 5.6.1. Concept. | 109 |

| | |
|---|------------|
| 5.6.2. Utilisation en cancérologie | 109 |
| 5.6.3. Constat d'un échec | 110 |
| 5.6.4. Le point de vue du médecin clinicien | 111 |
| 5.6.5. Exemples illustratifs | 113 |
| 5.6.5.1. Expérience taiwanaise | 113 |
| 5.6.5.2. Expérience en Mongolie | 113 |
| 5.6.5.3. Expérience coréenne | 114 |
| 5.6.5.4. Expérience indienne | 114 |
| 5.6.6. Importance des données sources | 115 |
| 5.6.7. Conclusion | 117 |
| 5.7. Le rôle des start-up | 118 |
| 5.7.1. Quelques exemples | 118 |
| 5.7.2. Cas particulier de la société BenevolentAI | 120 |
| 5.8. Conclusion | 122 |
| | |
| Chapitre 6. La qualité des données : enjeu majeur de l'IA en santé | 125 |
| Marysa GERMAIN | |
| 6.1. Introduction. | 125 |
| 6.2. De la donnée patient à l'IA. | 126 |
| 6.2.1. Le cadre légal du traitement de la donnée médicale. | 126 |
| 6.2.2. Le cadre technologique | 129 |
| 6.2.3. Le département gestionnaire de ces bases de données à l'hôpital : le DIM. | 130 |
| 6.2.4. Perception des soignants face à la numérisation de l'information médicale | 132 |
| 6.3. Qualité de la donnée et consolidation | 133 |
| 6.3.1. Les données médicales. | 133 |
| 6.3.2. Mise en place d'un processus d'amélioration continue de la qualité | 135 |
| 6.3.2.1. Conception d'un outil de contrôle de séjours et d'optimisation | 135 |
| 6.3.2.2. L'IA pour le contrôle qualité | 140 |
| 6.3.2.3. Besoin de <i>reporting</i> | 143 |
| | |
| Partie 4. Vieillir avec l'intelligence artificielle | 147 |
| | |
| Introduction de la partie 4. | 149 |
| Marianne SARAZIN | |

| | |
|--|------------|
| Chapitre 7. Proposition de méthode pour l'élaboration d'un score de vieillissement | 151 |
| Marianne SARAZIN | |
| 7.1. Introduction | 151 |
| 7.2. Focus sur les déterminants de l'apparition d'une fragilité liée au vieillissement | 152 |
| 7.3. Choix des variables marqueurs pour déterminer l'âge. | 153 |
| 7.3.1. Sélection rationnelle des marqueurs basée sur l'expertise : approche opérationnelle basée sur une revue de la littérature | 154 |
| 7.3.2. Sélection des marqueurs utilisant des variables ayant des valeurs comprises dans des limites de normalité | 155 |
| 7.3.2.1. Base de données | 155 |
| 7.3.2.2. Méthode | 156 |
| 7.3.2.3. Résultats | 157 |
| 7.3.3. Conclusion | 158 |
| 7.4. Choix de la population témoin vieillissant normalement | 159 |
| 7.4.1. Hypothèses de départ définissant le choix de la population témoin et la construction du score | 159 |
| 7.4.1.1. Hypothèse de linéarité du vieillissement | 159 |
| 7.4.1.2. Hypothèse de standardisation universelle des variables | 160 |
| 7.4.2. Première approche : sélection rationnelle de la population témoin basée sur la littérature | 160 |
| 7.4.3. Seconde approche : sélection de la population témoin par classification selon la méthode des nuées dynamiques | 161 |
| 7.4.3.1. Classification selon la méthode des nuées dynamiques | 162 |
| 7.4.3.2. Critères fondant la classification. | 162 |
| 7.4.3.3. Analyse des données. | 162 |
| 7.4.4. Résultats | 163 |
| 7.4.5. Conclusion | 165 |
| 7.5. Modélisation mathématique du score de vieillissement | 166 |
| 7.5.1. Concept initial | 166 |
| 7.5.2. Calcul de l'âge biologique à partir d'un échantillon de population témoin. | 167 |
| 7.5.2.1. Population source. | 167 |
| 7.5.2.2. Résultats | 167 |
| 7.5.3. Conclusions | 174 |
| 7.6. Calcul de l'âge biologique : modélisation de la dépendance entre les variables marqueurs à partir d'une copule gaussienne. | 175 |
| 7.6.1. Méthode | 175 |
| 7.6.2. Population source | 178 |

| | |
|--|-----|
| 7.6.3. Résultats | 178 |
| 7.6.3.1. Tests sur les résidus | 181 |
| 7.6.4. Conclusions | 182 |
| 7.7. Calcul de l'âge biologique pour une population quelconque (avec utilisation d'une copule gaussienne) | 182 |
| 7.7.1. Méthode | 182 |
| 7.7.1.1. Estimation des lois marginales | 182 |
| 7.7.1.2. p-valeur associée au calcul de l'âge biologique | 184 |
| 7.7.2. Population source | 185 |
| 7.7.3. Résultats | 185 |
| 7.7.3.1. Description des excès pour chaque variable | 185 |
| 7.7.3.2. Calcul de l'âge biologique pour la population témoin (<i>cluster</i> 1) et la population non témoin (<i>cluster</i> 2) | 186 |
| 7.7.3.3. Validation du modèle sur deux groupes de population. | 189 |
| 7.7.4. Conclusions | 191 |
| 7.8. Perspectives de ce travail. | 192 |
| 7.8.1. Avantages et limites de ce travail | 192 |
| 7.8.1.1. Intégration des scores en tant qu'outil de travail en médecine générale | 192 |
| 7.8.1.2. Choix des hypothèses de départ | 193 |
| 7.8.1.3. Choix de la population et des marqueurs | 193 |
| 7.8.1.4. Choix du modèle mathématique | 194 |
| 7.8.2. Perspectives | 194 |
| 7.8.2.1. Construction d'une population témoin idéale | 194 |
| 7.8.2.2. Validation du score par une étude de morbi-mortalité | 194 |

Chapitre 8. Détection automatique de changements de comportement dans un habitat intelligent. 195

Cyriak AZEFAC

| | |
|--|-----|
| 8.1. Introduction. | 195 |
| 8.2. Définitions | 198 |
| 8.3. Méthodologie. | 199 |
| 8.3.1. Extraction d'attributs | 201 |
| 8.3.2. Classification non supervisée | 203 |
| 8.3.3. Auto-encodeur. | 203 |
| 8.3.4. Partitionnement | 204 |
| 8.4. Cas d'étude : ARUBA | 205 |
| 8.5. Conclusion | 206 |

Conclusion 207
Marianne SARAZIN

Bibliographie 209

Liste des auteurs 217

Index 219