

100 **Questions** POUR COMPRENDRE ET AGIR

Sous la coordination de
Vincent Guigue et Laure Soulier

Comprendre l'intelligence artificielle

Concepts, usages et enjeux

Comprendre l'intelligence artificielle

Concepts, usages et enjeux

100 **Questions** POUR COMPRENDRE ET AGIR

Sous la coordination de
Vincent Guigue et Laure Soulier

Comprendre l'intelligence artificielle

Concepts, usages et enjeux

afnor
ÉDITIONS



AFNOR, en tant que titulaire des droits d'auteur ou distributeur autorisé, s'oppose expressément à toute intégration, transmission ou absorption totale ou partielle du présent document par des moteurs ou algorithmes d'Intelligence Artificielle (IA). AFNOR s'oppose également à toute fouille de textes et de données ou création dérivée produite par une IA et basée sur le présent document.



Vous voulez nous faire partager
une remarque ou une suggestion ?
Contactez-nous :
fabrication-editions@afnor.org

© AFNOR 2025

ISBN 978-2-12-465919-7

Édition : Léonore Mule

Secrétaire d'édition : Jeanne Labourel

Création de maquette : Gilda Masset

Mise en page : Corinne Cadieu

Fabrication : Philippe Malbec



Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5, et Code pénal art. 425).

AFNOR – 11, rue Francis de Pressensé, 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex

Tél. : +33 (0) 1 41 62 80 00 – boutique.afnor.org/livres



Les auteurs

Laure Soulier est maître de conférences à Sorbonne Université au sein de l'équipe MLIA de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR). Ses travaux s'intéressent à la formalisation et à l'adaptation de modèles de langue pour le traitement automatique du langage naturel et la recherche d'information, avec une application principale depuis 2018 au développement des moteurs de recherche conversationnels.

Vincent Guigue est professeur en intelligence artificielle au sein d'AgroParisTech (Paris-Saclay). Ses travaux, centrés sur les architectures d'apprentissage automatique, se structurent en trois axes : l'analyse de séries temporelles ; le traitement automatique de la langue naturelle et les tâches d'extraction d'information ; l'apprentissage de profils et les systèmes de recommandation.

Nicolas Baskiotis est maître de conférences à Sorbonne Université au sein de l'équipe MLIA de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR). Ses travaux portent principalement, d'une part, sur la classification extrême, d'autre part, sur l'apprentissage profond pour les séries spatio-temporelles et pour la modélisation de phénomènes physiques complexes.

Marion Ho-Dac est professeure de droit privé à l'université d'Artois et membre du Centre Droit Éthique et Procédures (CDEP) UR 2471. Ses travaux portent sur le droit des relations privées internationales et le droit de l'Union européenne, avec une attention particulière donnée à l'influence des technologies numériques et de l'intelligence artificielle dans ces domaines.

Arnaud Latil est maître de conférences en droit privé à Sorbonne Université. Il est membre du Centre d'études et de recherches en droit de l'immatériel (CERDI) de l'Université de Saclay et de Sorbonne Center for Artificial Intelligence (SCAI). Ses recherches portent sur le droit du numérique et le droit de la propriété intellectuelle.

Marie-Jeanne Lesot est professeure à Sorbonne Université au laboratoire d'informatique LIP6. Ses travaux de recherche actuels se placent principalement dans le domaine de l'IA explicable (*eXplainable AI*, XAI) et visent à enrichir les prédictions des modèles d'IA par des informations complémentaires permettant à leurs divers utilisateurs de mieux les comprendre ou interpréter.

Nicolas Thome est professeur à Sorbonne Université au sein de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR), et membre *senior* de l'Institut universitaire de France (IUF). Ses recherches portent sur l'apprentissage statistique et ses applications en robotique. Il dirige l'équipe transverse « *Machine learning* pour la robotique » (MLR) du laboratoire. Ses axes de recherche actuels couvrent l'apprentissage multimodal, le contrôle hybride informé par la physique, et la robustesse des modèles d'apprentissage (incertitude, explicabilité, stabilité).



Sommaire

Les auteurs	V
Avant-propos	XV
Concepts clés	XVII

Partie 1 **Introduction**

1	D'où vient l'intelligence artificielle ?	2
2	Quel est le périmètre de l'IA ?	3
3	Qu'est-ce que l'apprentissage automatique ?	4
4	Qu'est-ce que l'intelligence en IA ?	6
5	Qu'est-ce qu'un test de Turing ?	7
6	Quelles sont les définitions juridiques des systèmes d'IA ?	8
7	Quelle est la place des acteurs industriels en IA ?	9
8	Quels sont les succès marquants en IA ?	10
9	Quels sont les principaux échecs de l'IA ?	12
10	Quelles évolutions dans le matériel utilisé ?	13
11	Quelle évolution dans la manière de faire de la recherche ?	14
12	Quel est le coût des algorithmes d'IA ?	15

13	Qu'est-ce que la souveraineté numérique ?	16
14	Qu'est-ce que l'IA générative ?	17
15	Bonne ou mauvaise, comment évaluer une IA ?	18

Partie 2 Éthique et risques

16	Quels sont les risques liés aux usages de l'IA ?	20
17	Comment sont classés les niveaux de risque ?	21
18	Quels sont les grands principes de l'éthique de l'IA ?	22
19	Quelles sont les relations entre l'éthique et la réglementation juridique de l'IA ?	22

Partie 3 Conception et cas d'usage

Chaîne de traitement des données	29
20 <i>Big Data</i> ou IA ?	30
21 Quelle est la chaîne de traitement des données en IA ? Pour quels métiers ? Quelle est la place de l'expert métier en IA ?	32
22 Quelle est la place des statistiques en analyse de données ?	33
23 Quelles sont les grandes approches d'apprentissage ?	34
24 Quelles sont les principales problématiques de l'apprentissage supervisé ?	35
25 Comment obtenir de la supervision ?	37
26 Quelles sont les familles de modèles en apprentissage non supervisé ?	38
27 Comment traiter les décisions séquentielles ?	39
28 Quelle est l'importance de la représentation des données en apprentissage automatique ?	40

IA et accès à l'information : traiter les données textuelles	41
29 Quelles sont les grandes applications liées aux données textuelles ?	42
30 Quelle évolution dans l'accès à l'information sur trois décennies ?	43
31 Une IA générative est-elle un moteur de recherche ?	44
32 Quelle est la place des systèmes de recommandation dans l'accès à l'information ?	45
IA et perception : traiter les images, les vidéos et l'audio	47
33 Qu'est-ce que la perception ?	48
34 Quels sont les défis de la tâche de perception pour les machines ?	49
35 Quelles ont été les clés du succès de l'IA pour la perception ?	50
36 Comment l'IA a-t-elle impacté le domaine de la perception et de la vision ?	51
IA et robotique-automatisation	53
37 Quelles sont les grandes applications en robotique ?	54
38 Comment commande-t-on un robot ?	55
39 Comment apprendre à commander un robot ?	56
40 Qu'est-ce qui distingue un robot d'usine d'un véhicule autonome ?	57
41 Qu'est-ce que le <i>reality gap</i> ?	58
IA et gestion des compétences	59
42 L'IA nous mettra-t-elle au chômage ?	60
43 IA générative et développement informatique : pour qui et pour quoi ?	61
44 Pourquoi et comment modéliser les compétences en ressources humaines ?	62
45 Quelles sont les perspectives pédagogiques de l'IA ?	63

Réglementation des usages et normalisation	65
46 Quels sont les avantages des approches sectorielles pour la cartographie des risques ?	66
47 Qu'est-ce que la loi européenne sur l'IA (ou AI Act) adoptée par l'Union européenne ?	67
48 Tous les usages de l'IA sont-ils réglementés de la même manière ?	68
49 Quelle est la place de la gestion des risques et de la qualité en matière de réglementation de l'IA ?	69
50 Quelle est la place des normes techniques en matière d'IA ?	70
51 Comment s'articulent la normalisation des systèmes d'IA et la réglementation législative ?	72
52 Quelle est l'approche européenne de la normalisation de l'IA ?	73
53 Comment le droit de l'IA protège-t-il les droits fondamentaux des individus, les principes démocratiques et de l'État de droit ?	74
54 Quelle est la responsabilité juridique des opérateurs dans la chaîne de valeurs de l'IA ?	76
55 Quels sont les contours de l'exigence de contrôle humain en matière d'IA ?	78

Partie 4
Modélisation et entraînement
des modèles neuronaux d'IA

Architectures neuronales	81
56 Qu'est-ce que le <i>deep learning</i> ?	82
57 Comment entraîner un réseau de neurones profond ?	84
58 Les réseaux de neurones : une architecture universelle ?	85
59 Qu'est-ce qu'un réseau de neurones convolutif ?	86
60 Qu'est-ce qu'un réseau de neurones récurrent ?	87
61 Qu'est-ce qu'un <i>transformer</i> ?	88

62	Comment traiter les données texte et images en entrée de ces réseaux ?	90
63	Quel est le lien entre <i>deep learning</i> , apprentissage de représentation et sémantique ?	91
64	Les modèles sont-ils capables de gérer de nouvelles données ?	92
	Évolution du paradigme vers l'IA générative	93
65	Modèles de langage : <i>quèsaco</i> ?	94
66	Des modèles de langage à l'IA générative : quelle est l'évolution de ces dix dernières années ?	96
67	Qu'est-ce qu'un <i>prompt</i> ?	98
68	Pourquoi les LLM sont-ils capables de répondre à des <i>prompts</i> complexes ?	99
69	Qu'est-ce que le RLHF ?	100
70	Finalement, qu'apprend-on lors de l'entraînement d'un LLM ?	102
71	Génération d'image ou génération de texte, même principe ?	103
72	Comment et pourquoi développer des LLM multimodaux ?	104
73	Quelles sont les caractéristiques des données utilisées pour l'entraînement des LLM ?	106
74	Quelle est la place de la qualité des données pour entraîner les LLM ?	107
75	Les LLM sont-ils des modèles universels ?	108
76	Comment adapter les LLM sans apprentissage ?	109
77	Comment affiner les LLM pour les adapter à de nouvelles tâches ?	110
78	Comment fonctionne le RAG ?	111
79	Quel est le lien entre performance et taille des modèles ?	113
80	Quels sont les nouveaux enjeux éthiques et juridiques de l'IA générative ?	114

Le modèle ChatGPT	117
81 ChatGPT : révolution ou continuité de l'existant ?	118
82 Que sait-on des spécificités liées à l'entraînement de ChatGPT ?	119
83 ChatGPT est-il à la page ?	120
84 ChatGPT, une IA générale ?	121
85 Quels sont les enjeux de confidentialité autour des modèles d'IA générative ?	122

Partie 5

Évaluation des modèles d'IA

86 Comment évaluer les modèles d'IA ?	124
87 Évaluer l'IA générative : mêmes métriques et mêmes paradigmes ?	125
88 Comment évaluer les systèmes critiques ?	126
89 Un modèle d'IA est-il capable de s'autoévaluer ?	127
90 Pourquoi les algorithmes ont-ils des biais ?	128
91 En quoi la résolution des biais pose-t-elle de nouveaux défis éthiques ?	129
92 Quelle est la stabilité des modèles d'IA ? Peut-on <i>hacker</i> ces modèles ?	130
93 Comment détecter les produits de l'IA générative ?	131

Partie 6

Déploiement, exploitation et explicabilité des modèles d'IA

94 Comment déployer et assurer le suivi des algorithmes d'IA ?	134
95 Quel est le degré de transparence des modèles d'IA ? Sont-ils des boîtes noires ?	135
96 Comment agir sur l'interprétabilité du modèle ?	136

97	Que peut faire le droit pour renforcer l'explicabilité et la transparence des algorithmes ?	137
98	En quoi la confiance et la sûreté sont-elles des enjeux majeurs de l'IA ?	138
99	L'hybridation des systèmes est-elle l'avenir des systèmes d'IA ?	139
100	Quel est le modèle économique des applications en IA ?	140



Avant-propos

L'intelligence artificielle est bien plus qu'une technologie parmi d'autres : c'est un phénomène scientifique et sociétal qui redessine notre époque à une vitesse sans précédent. Jamais dans l'histoire des sciences une discipline n'a évolué si rapidement, avec un impact si massif sur la société. Que ce soit à travers les *chatbots*, en imagerie médicale, en robotique avancée, en agriculture de précision ou encore dans l'optimisation des systèmes de transport et d'énergie, l'IA transforme en profondeur notre manière de vivre, de travailler et de penser.

Toutefois, chaque révolution a son revers. L'IA suscite également des préoccupations croissantes : désinformation amplifiée, manipulation de l'opinion publique, surveillance de masse ou encore classification sociale. Ces impacts correspondent à des choix de développements, d'usages et de régulation, des choix individuels, collectifs ou politiques qui façonnent notre société.

La rupture moderne de l'IA des années 2010 repose sur les réseaux de neurones. Toutefois, l'unicité du terme englobe des architectures protéiformes, inspirées de 70 ans de recherches foisonnantes. Du côté industriel, la rupture s'est aujourd'hui structurée en différents métiers spécifiques. Ainsi, appréhender le domaine de l'IA impose une réflexion sur un périmètre large incluant des dimensions techniques, éthiques et législatives.