



**HAL**  
open science

# Intelligence artificielle en santé: espoirs et craintes des médecins généralistes

Benoit Moukrim

► **To cite this version:**

Benoit Moukrim. Intelligence artificielle en santé: espoirs et craintes des médecins généralistes. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02513615

**HAL Id: dumas-02513615**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02513615>**

Submitted on 20 Mar 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Faculté des sciences  
médicales et paramédicales  
Aix-Marseille Université

**Intelligence artificielle en santé :  
Espoirs et craintes des médecins généralistes.**

## **T H È S E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES ET PARAMÉDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 20 Novembre 2019**

**Par Monsieur Benoit MOUKRIM**

**Né le 15 avril 1987 à Senlis (60)**

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

**Membres du Jury de la Thèse :**

**Monsieur le Professeur GIORGI Roch**

**Président**

**Monsieur le Professeur GERBEAUX Patrick**

**Assesseur**

**Monsieur le MCU-MG CASANOVA Ludovic**

**Assesseur**

**Monsieur le Docteur THIOLLET Marc**

**Directeur**





Faculté des sciences  
médicales et paramédicales  
Aix-Marseille Université

**Intelligence artificielle en santé :  
Espoirs et craintes des médecins généralistes.**

## **T H È S E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES ET PARAMÉDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 20 Novembre 2019**

**Par Monsieur Benoit MOUKRIM**

**Né le 15 avril 1987 à Senlis (60)**

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

**Membres du Jury de la Thèse :**

**Monsieur le Professeur GIORGI Roch**

**Président**

**Monsieur le Professeur GERBEAUX Patrick**

**Assesseur**

**Monsieur le MCU-MG CASANOVA Ludovic**

**Assesseur**

**Monsieur le Docteur THIOLLET Marc**

**Directeur**

# AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

**Président** : Yvon BERLAND

## FACULTE DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

**Administrateur provisoire**: Georges LEONETTI

**Affaires Générales** : Patrick DESSI  
**Professions Paramédicales** : Philippe BERBIS

**Assesseurs** :

- aux Etudes : Jean-Michel VITON
- à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

**Chargés de mission** :

- 1<sup>er</sup> cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- 2<sup>ème</sup> cycle : Marie-Aleth RICHARD
- 3<sup>ème</sup> cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- DU-DIU : Véronique VITTON
- Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- Démographie Médicale et Filiation : Roland SAMBUC
- Relations Internationales : Philippe PAROLA
- Etudiants : Arthur ESQUER

**Chef des services généraux** : Déborah ROCCHICCIOLI

**Chefs de service** :

- Communication : Laetitia DELOUIS
- Examens : Caroline MOUTTET
- Intérieur : Joëlle FAVREGA
- Maintenance : Philippe KOCK
- Scolarité : Christine GAUTHIER

### DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND  
M. André ALI CHERIF  
M. Jean-François PELLISSIER

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	FAVRE Roger
	ALDIGHIERI René		FIECHI Marius
	ALESSANDRINI Pierre		FARNARIER Georges
	ALLIEZ Bernard		FIGARELLA Jacques
	AQUARON Robert		FONTES Michel
	ARGEME Maxime		FRANCOIS Georges
	ASSADOURIAN Robert		FUENTES Pierre
	AUFFRAY Jean-Pierre		GABRIEL Bernard
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GALINIER Louis
	AZORIN Jean-Michel		GALLAIS Hervé
	BAILLE Yves		GAMERRE Marc
	BARDOT Jacques		GARCIN Michel
	BARDOT André		GARNIER Jean-Marc
	BERARD Pierre		GAUTHIER André
	BERGOIN Maurice		GERARD Raymond
	BERNARD Dominique		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BERNARD Jean-Louis		GIUDICELLI Roger
	BERNARD Pierre-Marie		GIUDICELLI Sébastien
	BERTRAND Edmond		GOUDARD Alain
	BISSET Jean-Pierre		GOUIN François
	BLANC Bernard		GRILLO Jean-Marie
	BLANC Jean-Louis		GRISOLI François
	BOLLINI Gérard		GROULIER Pierre
	BONGRAND Pierre		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BONNEAU Henri		HASSOUN Jacques
	BONNOIT Jean		HEIM Marc
	BORY Michel		HOUEL Jean
	BOTTA Alain		HUGUET Jean-François
	BOURGEADE Augustin		JAQUET Philippe
	BOUVENOT Gilles		JAMMES Yves
	BOUYALA Jean-Marie		JOUVE Paulette
	BREMOND Georges		JUHAN Claude
	BRICOT René		JUIN Pierre
	BRUNET Christian		KAPHAN Gérard
	BUREAU Henri		KASBARIAN Michel
	CAMBOULIVES Jean		KLEISBAUER Jean-Pierre
	CANNONI Maurice		LACHARD Jean
	CARTOUZOU Guy		LAFFARGUE Pierre
	CAU Pierre		LAUGIER René
	CHABOT Jean-Michel		LE TREUT Yves
	CHAMLIAN Albert		LEVY Samuel
	CHARREL Michel		LOUCHET Edmond
	CHAUVEL Patrick		LOUIS René
	CHOUX Maurice		LUCIANI Jean-Marie
	CIANFARANI François		MAGALON Guy
	CLEMENT Robert		MAGNAN Jacques
	COMBALBERT André		MALLAN- MANCINI Josette
	CONTE-DEVOLX Bernard		MALMEJAC Claude
	CORRIOL Jacques		MARANINCHI Dominique
	COULANGE Christian		MARTIN Claude
	DALMAS Henri		MATTEI Jean François
	DE MICO Philippe		MERCIER Claude
	DESSEIN Alain		METGE Paul
	DELARQUE Alain		MICHOTEY Georges
	DEVIN Robert		MILLET Yves
	DEVRED Philippe		MIRANDA François
	DJIANE Pierre		MONFORT Gérard
	DONNET Vincent		MONGES André
	DUCASSOU Jacques		MONGIN Maurice
	DUFOUR Michel		MONTIES Jean-Raoul
	DUMON Henri		NAZARIAN Serge
	ENJALBERT Alain		NICOLI René

## PROFESSEURS HONORIS CAUSA

### 1967

MM. les Professeurs DADI (Italie)  
CID DOS SANTOS (Portugal)

### 1974

MM. les Professeurs MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)  
T.A. LAMBO (Suisse)

### 1975

MM. les Professeurs O. SWENSON (U.S.A.)  
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)

### 1976

MM. les Professeurs P. FRANCHIMONT (Belgique)  
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

### 1977

MM. les Professeurs C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)  
C.GIBBS (U.S.A.)  
J. DACIE (Grande-Bretagne)

### 1978

M. le Président F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

### 1980

MM. les Professeurs A. MARGULIS (U.S.A.)  
R.D. ADAMS (U.S.A.)

### 1981

MM. les Professeurs H. RAPPAPORT (U.S.A.)  
M. SCHOU (Danemark)  
M. AMENT (U.S.A.)  
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)  
S. REFSUM (Norvège)

### 1982

M. le Professeur W.H. HENDREN (U.S.A.)

### 1985

MM. les Professeurs S. MASSRY (U.S.A.)  
KLINSMANN (R.D.A.)

### 1986

MM. les Professeurs E. MIHICH (U.S.A.)  
T. MUNSAT (U.S.A.)  
LIANA BOLIS (Suisse)  
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

### 1987

M. le Professeur P.J. DYCK (U.S.A.)

### 1988

MM. les Professeurs R. BERGUER (U.S.A.)  
W.K. ENGEL (U.S.A.)  
V. ASKANAS (U.S.A.)  
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)  
A. DAVIGNON (Canada)  
A. BETTARELLO (Brésil)

### 1989

M. le Professeur P. MUSTACCHI (U.S.A.)

**1990**

MM. les Professeurs J.G. MC LEOD (Australie)  
J. PORTER (U.S.A.)

**1991**

MM. les Professeurs J. Edward MC DADE (U.S.A.)  
W. BURGDORFER (U.S.A.)

**1992**

MM. les Professeurs H.G. SCHWARZACHER (Autriche)  
D. CARSON (U.S.A.)  
T. YAMAMURO (Japon)

**1994**

MM. les Professeurs G. KARPATI (Canada)  
W.J. KOLFF (U.S.A.)

**1995**

MM. les Professeurs D. WALKER (U.S.A.)  
M. MULLER (Suisse)  
V. BONOMINI (Italie)

**1997**

MM. les Professeurs C. DINARELLO (U.S.A.)  
D. STULBERG (U.S.A.)  
A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne)  
P.I. BRANEMARK (Suède)

**1998**

MM. les Professeurs O. JARDETSKY (U.S.A.)

**1999**

MM. les Professeurs J. BOTELLA LLUSIA (Espagne)  
D. COLLEN (Belgique)  
S. DIMAURO (U. S. A.)

**2000**

MM. les Professeurs D. SPIEGEL (U. S. A.)  
C. R. CONTI (U.S.A.)

**2001**

MM. les Professeurs P-B. BENNET (U. S. A.)  
G. HUGUES (Grande Bretagne)  
J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)

**2002**

MM. les Professeurs M. ABEDI (Canada)  
K. DAI (Chine)

**2003**

M. le Professeur T. MARRIE (Canada)  
Sir G.K. RADDI (Grande Bretagne)

**2004**

M. le Professeur M. DAKE (U.S.A.)

**2005**

M. le Professeur L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)

**2006**

M. le Professeur A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

**2007**

M. le Professeur S. KAUFMANN (Allemagne)



## PROFESSEURS EMERITE

### 2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

### 2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

### 2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

### 2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

### 2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

### 2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

### 2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

### 2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

**2016**

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTE Bernard	31/08/2019

**2017**

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2018

**2018**

M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2021
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2019
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2019

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS**

AGOSTINI FERRANDES Aubert  
 ALBANESE Jacques  
 ALIMI Yves  
 AMABILE Philippe  
 AMBROSI Pierre  
 ANDRE Nicolas  
 ARGENSON Jean-Noël  
 ASTOUL Philippe  
 ATTARIAN Shahram  
 AUDOUIN Bertrand  
 AUQUIER Pascal  
 AVIERINOS Jean-François  
 AZULAY Jean-Philippe  
 BAILLY Daniel  
 BARLESI Fabrice  
 BARLIER-SETTI Anne  
 BARTHET Marc  
 BARTOLI Christophe  
 BARTOLI Jean-Michel  
 BARTOLI Michel  
 BARTOLOMEI Fabrice  
 BASTIDE Cyrille  
 BENSOUSSAN Laurent  
 BERBIS Philippe  
 BERDAH Stéphane  
 BERLAND *Yvon Surnombre*  
 BERNARD Jean-Paul  
 BEROUD Christophe  
 BERTUCCI François  
 BLAISE Didier  
 BLIN Olivier  
 BLONDEL Benjamin  
 BONIN/GUILLAUME Sylvie  
 BONELLO Laurent  
 BONNET Jean-Louis  
 BOTTA/FRIDLUND *Danielle Surnom*  
 BOUBLI Léon  
 BOUFI Mourad  
 BOYER Laurent  
 BREGEON Fabienne  
 BRETTELLE Florence  
 BROUQUI Philippe  
 BRUDER Nicolas  
 BRUE Thierry  
 BRUNET Philippe  
 BURTEY Stéphane  
 CARCOPINO-TUSOLI Xavier  
 CASANOVA Dominique  
 CASTINETTI Frédéric  
 CECCALDI Mathieu  
 CHAGNAUD Christophe  
 CHAMBOST Hervé  
 CHAMPSAUR Pierre  
 CHANEZ Pascal  
 CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle  
 CHARREL Rémi  
 CHARPIN *Denis Surnombre*  
 CHAUMOITRE Kathia  
 CHIARONI Jacques  
 CHINOT Olivier  
 CHOSSEGROS Cyrille  
 CLAVERIE *Jean-Michel Surnombre*  
 COLLART Frédéric  
 COSTELLO Régis  
 COURBIERE Blandine  
 COWEN Didier  
 CRAVELLO Ludovic  
 CUISSET Thomas  
 CURVALE Georges  
 DA FONSECA David  
 DAHAN-ALCARAZ Laetitia  
 DANIEL Laurent  
 DARMON Patrice  
 D'ERCOLE Claude  
 D'JOURNO Xavier  
 DEHARO Jean-Claude  
 DELAPORTE Emmanuel  
 DELPERO Jean-Robert  
 DENIS Danièle  
 DISDIER Patrick  
 DODDOLI Christophe  
 DRANCOURT Michel  
 DUBUS Jean-Christophe  
 DUFFAUD Florence  
 DUFOUR Henry  
 DURAND Jean-Marc  
 DUSSOL Bertrand  
 EUSEBIO Alexandre  
 FAKHRY Nicolas  
 FAUGERE *Gérard Surnombre*  
 FELICIAN Olivier  
 FENOLLAR Florence  
 FIGARELLA/BRANGER Dominique  
 FLECHER Xavier  
 FOURNIER Pierre-Edouard  
 FRANCES *Yves Surnombre*  
 FRANCESCHI Frédéric  
 FUENTES Stéphane  
 GABERT Jean  
 GABORIT Bénédicte  
 GAINNIER Marc  
 GARCIA Stéphane  
 GARIBOLDI Vlad  
 GAUDART Jean  
 GAUDY-MARQUESTE Caroline  
 GENTILE Stéphanie  
 GERBEAUX Patrick  
 GEROLAMI/SANTANDREA René  
 GILBERT/ALESSI Marie-Christine  
 GIORGI Roch  
 GIOVANNI Antoine  
 GIRARD Nadine  
 GIRAUD/CHABROL Brigitte  
 GONCALVES Anthony  
 GORINCOUR Guillaume  
 GRANEL/REY Brigitte  
 GRANVAL Philippe  
 GREILLIER Laurent  
 GRIMAUD Jean-Charles  
 GROB Jean-Jacques  
 GUEDJ Eric  
 GUIEU Régis  
 GUIE Sandrine  
 GUYE Maxime  
 GUYOT Laurent  
 GUYE Jean-Michel  
 HABIB Gilbert  
 HARDWIGSEN Jean  
 HARLE Jean-Robert  
 HOFFART *Louis Disponibilité*  
 HOUVENAEGHEL Gilles  
 JACQUIER Alexis  
 JOURDE-CHICHE Noémie  
 JOUVE Jean-Luc  
 KAPLANSKI Gilles  
 KARSENTY Gilles  
 KERBAUL François  
 KRAHN Martin  
 LAFFORGUE Pierre  
 LAGIER Jean-Christophe  
 LAMBAUDIE Eric  
 LANCON Christophe  
 LA SCOLA Bernard  
 LAUNAY Franck  
 LAVIEILLE Jean-Pierre  
 LE CORROLLER Thomas  
 LECHEVALLIER Eric  
 LEGRE Régis  
 LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale  
 LEONE Marc  
 LEONETTI Georges  
 LEPIDI Hubert  
 LEVY Nicolas  
 MACE Loïc  
 MAGNAN Pierre-Edouard  
 MATONTI *Frédéric Disponibilité*  
 MEGE Jean-Louis  
 MERROT Thierry  
 METZLER/GUILLEMAIN Catherine  
 MEYER/DUTOUR Anne  
 MICCALEF/ROLL Joëlle  
 MICHEL Fabrice  
 MICHEL Gérard  
 MICHEL Justin  
 MICHELET Pierre  
 MILH Mathieu  
 MOAL Valérie  
 MONCLA Anne  
 MORANGE Pierre-Emmanuel  
 MOULIN Guy  
 MOUTARDIER Vincent  
 MUNDLER *Olivier Surnombre*  
 NAUDIN Jean  
 NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier  
 NICOLLAS Richard  
 OLIVE Daniel  
 OUAFIK L'Houcine

PAGANELLI Franck	ROCHE Pierre-Hugues	THOMAS Pascal
PANUEL Michel	ROCH Antoine	THUNY Franck
PAPAZIAN Laurent	ROCHWERGER Richard	TREBUCHON-DA FONSECA Agnès
PAROLA Philippe	ROLL Patrice	TRIGLIA Jean-Michel
<i>PARRATTE Sébastien Disponibilité</i>	ROSSI Dominique	TROPIANO Patrick
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure	ROSSI Pascal	TSIMARATOS Michel
PELLETIER Jean	ROUDIER Jean	TURRINI Olivier
PERRIN Jeanne	SALAS Sébastien	VALERO René
PETIT Philippe	<i>SAMBUC Roland Surnombre</i>	VAROQUAUX Arthur Damien
PHAM Thao	SARLES Jacques	VELLY Lionel
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique	SARLES/PHILIP Nicole	VEY Norbert
PIQUET Philippe	SARLON-BARTOLI Gabrielle	VIDAL Vincent
PIRRO Nicolas	SCAVARDA Didier	VIENS Patrice
POINSO François	SCHLEINITZ Nicolas	VILLANI Patrick
RACCAH Denis	SEBAG Frédéric	VITON Jean-Michel
RANQUE Stéphane	SEITZ Jean-François	VITTON Véronique
RAOULT Didier	SIELEZNEFF Igor	VIEHWEGER Heide Elke
REGIS Jean	SIMON Nicolas	VIVIER Eric
REYNAUD/GAUBERT Martine	STEIN Andréas	XERRI Luc
REYNAUD Rachel	TAIEB David	
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth	THIRION Xavier	

---

### **PROFESSEUR DES UNIVERSITES**

ADALIAN Pascal  
 AGHABABIAN Valérie  
 BELIN Pascal  
 CHABANNON Christian  
 CHABRIERE Eric  
 FERON François  
 LE COZ Pierre  
 LEVASSEUR Anthony  
 RANJEVA Jean-Philippe  
 SOBOL Hagay

### **PROFESSEUR CERTIFIE**

BRANDENBURGER Chantal

### **PRAG**

TANTI-HARDOUIN Nicolas

### **PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS**

ADNOT Sébastien  
 FILIPPI Simon

## MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIEN HOSPITALIER

ACHARD Vincent ( <i>disponibilité</i> )	EBBO Mikaël	NGUYEN PHONG Karine
AHERFI Sarah	FABRE Alexandre	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil ( <i>dispo oct 2018</i> )	FAURE Alice	NOUGAIREDE Antoine
ATLAN Catherine ( <i>disponibilité</i> )	FOLETTI Jean- Marc	OLLIVIER Matthieu
BARTHELEMY Pierre	FOUILLOUX Virginie	OVAERT Caroline
BEGE Thierry	FROMNOT Julien	PAULMYER/LACROIX Odile
BELIARD Sophie	GASTALDI Marguerite	PESENTI Sébastien
BERBIS Julie	GELSI/BOYER Véronique	RESSEGUIER Noémie
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GIUSIANO Bernard	REY Marc
BERTRAND Baptiste	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	ROBERT Philippe
BEYER-BERJOT Laura	GONZALEZ Jean-Michel	SABATIER Renaud
BIRNBAUM David	GOURIET Frédérique	SARI-MINODIER Irène
BONINI Francesca	GRAILLON Thomas	SAVEANU Alexandru
BOUCRAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SECQ Véronique
BOULAMERY Audrey	GUERIN Carole	SUCHON Pierre
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	TABOURET Emeline
BUFFAT Christophe	GUIDON Catherine	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOGA Isabelle
CARRON Romain	HRAIECH Sami	TOMASINI Pascale
CASSAGNE Carole	KASPI-PEZZOLI Elise	TOSELLO Barthélémy
CHAUDET Hervé	L'OLLIVIER Coralie	TROUSSE Delphine
CHRETIEN Anne-Sophie	LABIT-BOUVIER Corinne	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VELY Frédéric
CUNY Thomas	LAGIER Aude ( <i>disponibilité</i> )	VION-DURY Jean
DADOUN Frédéric ( <i>disponibilité</i> )	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	ZATTARA/CANNONI Hélène
DALES Jean-Philippe	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DAUMAS Aurélie	LOOSVELD Marie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	MANCINI Julien	
DELLIAUX Stéphane	MARY Charles	
DESPLAT/JEGO Sophie	MASCAUX Céline	
DEVILLIER Raynier	MAUES DE PAULA André	
DUBOURG Grégory	MILLION Matthieu	
DUFOUR Jean-Charles	MOTTOLA GHIGO Giovanna	

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DEGIOANNI/SALLE Anna	RUEL Jérôme
BARBACARU/PERLES T. A.	DESNUES Benoît	THOLLON Lionel
BERLAND/BENHAIM Caroline	MARANINCHI Marie	THIRION Sylvie
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	VERNA Emeline
BOYER Sylvie	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	
COLSON Sébastien	POGGI Marjorie	

## MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic  
GENTILE Gaëtan

## MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques  
BONNET Pierre-André  
CALVET-MONTREDON Céline  
GUIDA Pierre  
JANCZEWSKI Aurélie

## MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

MATHIEU Marion  
REVIS Joana

# REMERCIEMENTS

J'adresse mes plus sincères remerciements :

Au Président du Jury : Professeur **Roch GIORGI**. Vous me faites l'honneur de présider ce jury, je vous remercie de l'intérêt que vous avez bien voulu porter à ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.

Au Professeur **Patrick GERBEAUX**, membre du jury. Je vous remercie de prendre part au jury de cette thèse. J'en suis extrêmement honoré.

Au Docteur **Ludovic CASANOVA**, membre du jury. Je te remercie de ton aide précieuse dans la réalisation de ce travail et de prendre part au jury de cette thèse. Je te remercie de m'avoir accueilli au sein de ton cabinet avec bienveillance et de m'avoir donné le goût et l'habitude de l'autoformation par la recherche documentaire dans ma pratique.

Au Docteur **Marc THOLLET**, mon directeur de thèse. Je te remercie d'avoir accepté de m'accompagner dans ce travail et de m'avoir toujours encouragé avec une grande gentillesse. Je te remercie également de l'intérêt que tu as accordé à mon sujet et du suivi réalisé malgré les conditions d'éloignement.

Au Docteur **Sarah BROWN** et au Docteur **Sandy PARAMASIVEN MOOTIEN**. Je vous remercie de m'avoir si bien accueilli dans votre service, de m'avoir encadré lors de mes débuts, de m'avoir fait confiance lors de la fin de mon cursus et de m'avoir donné une formation de qualité. Je remercie Sarah de sa très grande gentillesse et d'avoir su rendre les visites aussi agréables qu'enrichissantes. Je remercie le Docteur PARAMASIVEN MOOTIEN de sa pédagogie permanente, de sa grande disponibilité et de sa rigueur. Je le remercie également de sa bienveillance dans les moments où j'ai pu en avoir besoin. Merci d'avoir été pour moi des modèles dont j'essaierai de m'inspirer dans ma pratique.

Au Docteur **Valérie PELLICCIA**. Je te remercie de m'avoir encadré et fait confiance pendant ces étés qui n'étaient pas toujours de tout repos mais qui furent formateurs.

Au Docteur **Jean-Claude DORGAL**, mon maître de stage. Je te remercie de m'avoir accueilli au sein de ton cabinet et dans ta famille avec bienveillance, de m'avoir donné le goût de l'exercice libéral de la médecine et de m'avoir donné un modèle de rigueur dans l'organisation d'un cabinet.

A toute l'équipe du service de médecine de l'hôpital de Cavaillon. Je remercie énormément toute cette équipe de m'avoir si bien accueilli et intégré, de m'avoir fait confiance. Travailler avec vous fut un réel plaisir. Merci aux infirmières, aux aides soignantes et aide soignant, ainsi qu'aux secrétaires.

A Maïwenn, ma moitié, d'avoir été mon premier soutien dans ce parcours. Merci d'avoir été présente à tout instant. Merci de m'avoir suivi dans le choix de Marseille. Nous voilà chez les Normands. L'aventure continue !

A ma famille qui m'a soutenu pendant toutes mes études de médecine : ma mère, mon père, ma sœur et mon beau-frère. Merci à mes parents de m'avoir fait confiance dans ce projet, de m'avoir aidé et épaulé tout au long de mon parcours. C'est grâce à vous si j'en suis arrivé là aujourd'hui. Merci à Sophie et Geoffrey d'avoir été présents malgré la distance.

Je remercie tous les médecins qui ont pris le temps de participer à cette étude.

Vous avez tous contribué, de près ou de loin, à ce travail. Soyez assurés de mes sincères remerciements et de ma profonde gratitude.

## SOMMAIRE

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>17</b>
<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>18</b>
<b>A. Intérêt et justification de l'étude.....</b>	<b>18</b>
<b>B. Définition de l'intelligence artificielle .....</b>	<b>20</b>
<b>C. Histoire de l'intelligence artificielle.....</b>	<b>24</b>
<b>D. Etat de l'art de l'intelligence artificielle .....</b>	<b>29</b>
<b>E. Applications en santé de l'intelligence artificielle .....</b>	<b>30</b>
1. IA non spécifique à la santé.....	30
2. IA dédiée à la santé.....	31
<b>II. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>36</b>
<b>A. Objectifs de l'étude .....</b>	<b>36</b>
<b>B. Type d'étude .....</b>	<b>36</b>
<b>C. Population .....</b>	<b>36</b>
<b>D. Questionnaire .....</b>	<b>36</b>
1. Elaboration du questionnaire.....	36
2. Composition du questionnaire .....	37
3. Diffusion du questionnaire.....	38
<b>E. Analyse des données : .....</b>	<b>39</b>
<b>F. Conflits d'intérêts :.....</b>	<b>40</b>
<b>III. RESULTATS.....</b>	<b>40</b>
<b>A. Analyse descriptive .....</b>	<b>40</b>
1. Données générales de l'échantillon.....	40
2. Données sur l'aisance en informatique, sur l'informatisation, sur les connaissances et l'usage de l'IA, sur l'appréhension des réactions des patients.....	45
3. Données sur les opinions concernant l'influence de l'IA dans la pratique de la médecine générale.....	49
4. Données sur la favorabilité au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale.....	56
<b>B. Analyse comparative selon la favorabilité des médecins au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale .....</b>	<b>57</b>
1. Facteurs influençant parmi les données générales de l'échantillon.....	57
2. Facteurs influençant parmi l'appréhension des réactions des patients, les connaissances et l'usage de l'IA.....	59



3. Facteurs influençant parmi l'opinion des médecins sur l'influence de l'IA dans différents domaines de la pratique de la médecine générale .....	60
<b>IV. DISCUSSION .....</b>	<b>69</b>
<b>A. Synthèse et interprétation des résultats.....</b>	<b>69</b>
<b>B. Forces et limites de l'étude .....</b>	<b>72</b>
1. Forces de l'étude .....	72
2. Limites de l'étude.....	72
<b>C. Comparaison avec la littérature.....</b>	<b>74</b>
<b>V. CONCLUSION .....</b>	<b>76</b>
<b>VI. REFERENCES .....</b>	<b>78</b>
<b>VII. ANNEXES.....</b>	<b>84</b>
Annexe 1 : Questionnaire d'enquête .....	84
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>90</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Données sociodémographiques de l'échantillon .....	44
<b>Tableau 2 :</b> Technologies d'IA utilisées en pratique professionnelle par les médecins .....	47
<b>Tableau 3 :</b> Données sur l'aisance en informatique, l'informatisation, les connaissances et l'usage de l'IA, l'appréhension des réactions des patients .....	48
<b>Tableau 4 :</b> Classement des items de la pratique de la médecine générale en fonction de leur réponse majoritaire par effectif décroissant .....	50
<b>Tableau 5 :</b> Nombre d'items pour chaque nature de réponse majoritaire par domaine exploré .....	51
<b>Tableau 6 :</b> Comparaison des données sociodémographiques de l'échantillon .....	58
<b>Tableau 7 :</b> Comparaison des données sur l'appréhension des réactions des patients, les connaissances et l'usage de l'IA .....	60
<b>Tableau 8 :</b> Contingence dans le domaine de la relation médecin malade .....	65
<b>Tableau 9 :</b> Contingence dans le domaine de la démarche décisionnelle des généralistes ...	66
<b>Tableau 10 :</b> Contingence dans le domaine de la prise en charge au long cours par les généralistes .....	67
<b>Tableau 11 :</b> Contingence dans le domaine des conditions d'exercice des généralistes .....	68

## I. INTRODUCTION

### A. Intérêt et justification de l'étude

Nous vivons actuellement les débuts d'une révolution numérique. Elle touchera l'ensemble des secteurs de nos sociétés et peut susciter aussi bien les fantasmes que les peurs. Il est donc nécessaire de regarder les choses avec objectivité et sincérité, sans crainte ni angélisme, et d'avoir le courage de s'emparer du sujet. C'est dans ce contexte que nous allons aborder le thème de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de la santé.

L'IA est un sujet d'actualité devenu omniprésent dans les discussions économiques, sociales et scientifiques. La diffusion et le développement de cette technologie dans le domaine de la santé sont un projet politique avec la parution récente du rapport de *France Stratégie* sur « *l'intelligence artificielle et le travail* » (1), du rapport de Cédric Villani « *Donner un sens à l'intelligence artificielle* » (2), ainsi que du rapport du CNOM « *Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle* » (3) . L'IA a connu des progrès spectaculaires ces dernières années. Cela a été permis principalement par deux facteurs. Le premier est l'essor du Big Data avec l'augmentation du volume et de la qualité des données collectées, ainsi que l'augmentation des capacités de stockage de celles-ci. Le second facteur est l'augmentation de la puissance de calcul des processeurs. Ces évolutions ont permis au « *Machine Learning* » (apprentissage automatique) et au « *Deep Learning* » (apprentissage profond) de sortir des laboratoires. L'IA est aujourd'hui une technologie avec des applications concrètes en santé déjà existantes. On peut prédire son développement exponentiel à court et moyen terme de par des améliorations annoncées de certaines technologies informatiques.

Les potentialités de cette technologie dans le domaine de la santé sont immenses. A l'échelle globale du système de soins, elle pourrait permettre de faire des économies, et aurait parallèlement le potentiel d'améliorer les performances médicales en général. Elle pourrait notamment permettre d'améliorer la qualité des soins, de personnaliser les prises en charge, d'améliorer les performances diagnostiques, d'améliorer la traçabilité et la sécurité des soins, d'améliorer l'accès aux soins des citoyens, d'aider à la mise en place d'actions de santé publique, d'aider à la recherche et à la formation médicale, de faciliter la collecte des données personnelles en santé et d'améliorer la gestion des bases de données. « La quasi-totalité des

champs de l'intelligence artificielle – reconnaissance d'image, de vidéos, traitement du langage naturel, apprentissage automatique, robotique, etc. – peuvent trouver des applications en matière de santé. C'est vrai pour le diagnostic et les recommandations de prise en charge, pour le traitement, la chirurgie, le suivi personnalisé, le domaine médico-social, la réadaptation mais aussi la prévention, la recherche clinique. L'intelligence artificielle permet d'automatiser non seulement des tâches simples comme la mesure du poids ou de la tension artérielle mais aussi des tâches complexes comme le diagnostic médical et la prise en charge thérapeutique » (1).

A l'échelle individuelle des médecins, l'IA permet d'envisager de nombreux outils d'aide à l'exercice médical. Certains pourraient permettre de libérer du temps médical humain et de recentrer la relation médecin malade sur l'humain. « Dans les années à venir, cependant, l'IA pourrait devenir le complément infatigable et rentable des médecins en leur donnant plus de temps pour se concentrer sur la complexité de chaque patient pris individuellement » (3). « Surtout ces techniques, loin de l'asservir, peuvent lui permettre de libérer du « temps médical humain » (3).

Le développement de cette technologie dans le domaine de la santé va être à l'origine de nombreux enjeux et défis. La mise en place d'un cadre juridique sera nécessaire. Certains enjeux seront d'ordre organisationnel avec la nécessité de redéfinir le rôle des professionnels de santé et de modifier leur pratique. Des enjeux de santé publique se poseront avec l'opportunité d'une réorientation des politiques de santé publique vers une médecine préventive et prédictive. D'autres enjeux d'ordre éthique, déontologique et philosophique se poseront également. Des enjeux de souveraineté nationale seront également posés.

Le développement de l'IA dans le domaine de la santé va entraîner une réflexion sur les évolutions futures de notre système de soins. Les modes d'exercices, les missions et les interactions des acteurs du système de santé vont être bousculés. Il sera nécessaire à la puissance publique de repenser et de réorganiser le tissu sanitaire. Ce développement de l'IA est générateur chez les professionnels de santé d'un sentiment ambivalent. Il est à la fois une source de fascination et d'espoirs, mais également une source de craintes chez ces professionnels. « Les professionnels de santé, via le Conseil national de l'Ordre des médecins, affichent eux-mêmes une volonté de faire des algorithmes et de l'intelligence artificielle « leurs alliés », « comme un apport essentiel pour l'aide à la décision et à la

stratégie thérapeutique ». Pour eux, « la médecine du futur est déjà là. » (1). « Des progrès nouveaux qui s'annoncent chaque jour, des limites dont on a l'impression qu'elles deviennent totalement franchissables, des annonces plus destinées au marché boursier qu'aux professionnels de santé, conduisent de plus en plus de médecins à s'interroger, à exprimer leur perplexité voire leurs craintes face à des évolutions pour lesquelles ils n'ont pas été préparés et qui paraissent leur échapper » (3). Cette technologie est encore peu présente dans la pratique quotidienne des médecins généralistes et les connaissances qu'ils ont de cette technologie sont généralement très limitées.

L'**objectif principal** de cette étude était donc d'évaluer par une enquête la favorabilité des médecins généralistes au développement de la technologie de l'intelligence artificielle dans la pratique de la médecine générale. L'**objectif secondaire** était d'évaluer leurs espoirs et leurs craintes quant à ce développement. Il était également de rechercher d'éventuelles corrélations avec leur favorabilité à ce développement.

## **B. Définition de l'intelligence artificielle**

Définir l'intelligence artificielle n'est pas chose facile. Sa définition est si peu précise que la CNIL la désigne dans un rapport comme « le grand mythe de notre temps » (4). Outre le fait qu'il ne s'agisse pas d'une discipline autonome constituée, mais plutôt un ensemble de concepts et de technologies (5), il existe deux raisons principales pour lesquelles il est difficile d'en établir une définition consensuelle. Ces deux raisons trouvent leur origine dans « la difficulté que l'Homme a pour définir sa propre intelligence, sa conscience et ses mécanismes de raisonnement (6) ».

La première raison est la difficulté à définir la notion « d'intelligence » elle-même complexe et faisant l'objet de débats. L'étymologie du mot « intelligence » vient du latin « *intellegere* » ou « *intelligere* » signifiant « choisir entre » (7). Selon Serge Soudoplatoff, il faut comprendre l'intelligence artificielle comme une tentative de comprendre l'intelligence en utilisant des programmes informatiques (8). « L'intelligence » peut être définie par « l'ensemble des processus retrouvés dans des systèmes, plus ou moins complexes, vivants ou non, qui permettent de comprendre, d'apprendre ou de s'adapter à des situations nouvelles (9) ». « L'intelligence a été décrite comme une faculté d'adaptation (apprentissage pour s'adapter

à l'environnement ou au contraire, faculté de modifier l'environnement pour l'adapter à ses propres besoins) (9) ». Dans cette définition très large, certains outils informatiques peuvent être considérés comme dotés d'intelligence. Cependant, il existe d'autres définitions de l'intelligence, comme celles du Larousse, excluant de fait les outils informatiques : « Aptitude d'un être humain à s'adapter à une situation, à choisir des moyens d'action en fonction des circonstances [...] Personne considérée dans ses aptitudes intellectuelles, en tant qu'être pensant [...] Qualité de quelqu'un qui manifeste dans un domaine donné un souci de comprendre, de réfléchir, de connaître et qui adapte facilement son comportement à ces finalités. » (10)

Afin d'élargir le champ de la définition de l'intelligence, il peut être intéressant de considérer la « *théorie de l'intelligence multiple* » proposée par Howard Gardner en 1983 (11). Dans cette théorie, le psychologue américain définit l'intelligence comme « la capacité à résoudre des problèmes ou à produire des biens ayant une valeur dans un contexte culturel ou collectif précis. Les problèmes à résoudre vont de l'invention de la fin d'une histoire à l'anticipation d'un mal aux échecs, en passant par le raccommodage d'un édredon. Les biens vont des théories scientifiques aux compositions musicales en passant par les campagnes politiques victorieuses. » Il définit 8 types d'intelligence :

- L'intelligence langagière :

L'intelligence verbale linguistique est la capacité d'utiliser le langage pour s'exprimer et comprendre des idées. Cette sensibilité aux mots et au langage, aux échanges oraux, à la lecture et à l'écriture est utile aux écrivains mais aussi aux politiciens ou aux enseignants.

- L'intelligence musicale :

L'intelligence musicale repose sur l'acuité de l'oreille et la perception du rythme. Elle peut être utile à un garagiste qui va reconnaître un problème dans un moteur de voiture rien qu'en entendant le bruit qu'il fait !

- L'intelligence logico-mathématique :

L'intelligence logico-mathématique est la capacité à tenir un raisonnement logique, à calculer, à analyser.

- L'intelligence spatiale :

L'intelligence de l'espace est la capacité à se représenter en 3 dimensions, à s'orienter, à avoir un bon sens de l'orientation. Elle est notamment utile aux marins,

ingénieurs, chirurgiens, sculpteurs, peintres ou autres architectes. Cette intelligence est par exemple développée par les jeux vidéo.

- L'intelligence kinesthésique :

L'intelligence kinesthésique est l'intelligence du corps, la capacité à utiliser le corps pour exprimer des émotions, pour mémoriser une information, pour maîtriser un geste, pour créer. Pensons aux danseurs et aux athlètes mais aussi aux chirurgiens et aux artisans.

- L'intelligence interpersonnelle :

L'intelligence interpersonnelle définit notre relation aux autres : la capacité à comprendre les autres et à travailler avec eux. C'est être intelligent avec les autres.

- L'intelligence intrapersonnelle :

L'intelligence intrapersonnelle est la connaissance de soi-même. Gardner la définit comme « la faculté de se former une représentation de soi précise et fidèle, et de l'utiliser efficacement dans la vie. »

- L'intelligence naturaliste :

L'intelligence naturaliste est la capacité d'observation et de respect de la nature, de reconnaissance, d'identification et classement des animaux, des plantes, des minéraux.

En considérant ce champ plus large de l'intelligence, nous pouvons concevoir que des outils informatiques peuvent être adaptés à la réalisation de tâches cognitives.

La seconde raison pour laquelle il est difficile d'établir une définition de l'IA, est l'existence de deux aspects fondamentaux où divergent les définitions existantes (12). Le premier aspect fondamental concerne son apparence, son aspect. Certains considèrent que l'IA doit avoir une apparence humaine, tandis que d'autres considèrent qu'elle doit tendre vers un modèle idéal d'intelligence qui s'éloigne du modèle humain, nommée « rationalité ». Le second aspect fondamental où divergent les définitions concerne son fonctionnement. Certains limitent la ressemblance nécessaire de l'IA à l'intelligence humaine uniquement à son apparence, tandis que d'autres insistent sur la nécessité que son fonctionnement interne ressemble également au fonctionnement « rationnel » de l'être humain. Ces distinctions concernant l'apparence et le fonctionnement de l'IA sont critiquables dans la mesure où les connaissances actuelles sur le fonctionnement du cerveau humain sont limitées.

L'IA n'est donc pas une entité bien définie et il n'en existe pas de définition consensuelle. Il n'existe pas un seul logiciel unifié d'intelligence artificielle, mais des « solutions d'intelligence artificielle » constituée par des briques d'intelligence remplissant des fonctions différentes selon les tâches. Certaines briques auront un rôle de capteur sensoriel notamment de son ou d'image, d'autres auront un rôle d'interprétation des informations, d'autres de traitement du langage et encore d'autres de l'exploitation de bases de données. « Leur intégration reste encore une affaire de bricolage. Nous en sommes toujours à l'âge de pierre, avec seulement une cinquantaine d'années de recul sur la question (6) ».

La définition la plus simple et généraliste de l'intelligence artificielle est celle du Larousse qui la définit comme un : « Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine. » (13) Une des définitions initiales de l'IA, est celle de Marvin Lee Minsky, l'un des précurseurs de l'IA, qui la définissait comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique (12) ». Les progrès récents en IA rendent partiellement obsolète cette définition datant des débuts de l'IA. Les progrès constants de cette technologie expliquent donc en partie les difficultés dans l'établissement d'une définition consensuelle.

Les deux points communs des définitions existantes sont tout d'abord son caractère « artificiel » par l'usage de l'informatique avec des algorithmes et de l'électronique avec des processeurs. Le second point est son caractère « intelligent » qui lui permet d'effectuer des tâches cognitives généralement attribuées à l'homme. Elle concerne plusieurs disciplines : les sciences cognitives, les mathématiques, les statistiques, l'informatique, l'électronique et la neurobiologie computationnelle (5). Par extension, elle désigne, dans le langage courant, les dispositifs imitant ou remplaçant l'homme dans certaines mises en œuvre de ses fonctions cognitives (14).



## C. Histoire de l'intelligence artificielle (12) (15)

- **(1943-1955) Gestation de l'IA** : Même si le terme n'existait pas encore, les premiers travaux pouvant être reconnus comme les débuts de l'IA ont été menés durant cette période. Warren McCulloch et Walter Pitts ont introduit en 1943 un modèle de neurones artificiels. Ils avaient suggéré que des réseaux définis de manière appropriée sont capables d'apprentissage. Donald Hebb proposa par la suite une règle pour modifier des connexions entre neurones. En 1950, Marvin Minsky et Dean Edmonds, deux étudiants de Harvard, construisirent le premier réseau de neurones. Alan Turing proposa en 1950 le « Test de Turing » dans son article « Computing Machinery and Intelligence ». Il présenta également dans cet article l'apprentissage artificiel, les algorithmes génétiques et l'apprentissage par renforcement. Sa vision était peut-être la plus influente à l'époque.

- **(1956) Naissance de l'IA** : Le **Summer Camp de Darmouth**, un séminaire organisé entre le 18 juin et le 17 août 1956 à Hanover dans le New Hampshire aux USA, marque le début de l'histoire moderne de l'IA. Des scientifiques de haut rang dont John McCarthy, Claude Shannon (inventeur de la théorie de l'information), Marvin Minsky (cofondateur du laboratoire d'intelligence artificielle au MIT, père des réseaux de neurones), Allan Newell, Herbert Simon (prix Nobel d'économie 1978, inventeur de la rationalité limitée), Arthur Samuel et Nathaniel Rochester composaient le groupe fondateur du Summer camp de Darmouth. Leur objectif était de réfléchir aux concepts permettant de reproduire dans des machines diverses composantes de l'intelligence humaine de base comme la maîtrise du langage, la vision et le raisonnement (6). C'est l'un des membres de ce groupe, John McCarthy qui utilisa en premier le terme « intelligence artificielle » dans la note proposant l'organisation du Summer Camp de Darmouth (16). « L'IA est en fait une appellation créée par un chercheur afin de faire parler de son domaine et lui permettant d'éviter d'être assimilé à des disciplines voisines comme les mathématiques, les statistiques ou l'informatique. C'est une forme de déclaration d'indépendance d'une nouvelle discipline scientifique (6) ». Le séminaire de Dartmouth n'a pas conduit à de nouvelles avancées mais il a au moins permis aux principaux acteurs de l'IA de faire connaissance.

- **(1952 – 1969) L’enthousiasme des débuts : les grandes espérances :** Ce fut une période très active durant laquelle un grand nombre de programmes ont été développés pour résoudre des problèmes très divers. Les programmes Logic Theorist (par Allan Newell et Herbert Simon) et Geometry Theorem Prover (Herbert Gelernter) furent en mesure de prouver certains théorèmes mathématiques, tous déjà connus, mais en trouvant parfois une preuve plus élégante. Le General Problem Solver (GPS) de Newell et Simon réussissait quant à lui à résoudre des puzzles simples avec un raisonnement semblable au raisonnement humain. GPS a certainement été le premier programme à intégrer l’approche de la « pensée humaine ». Arthur Samuel créa un programme pour jouer aux dames à un bon niveau d’amateur. John McCarthy définit le langage « Lisp » qui allait devenir le langage de programmation dominant en IA pour les trente années à venir. Il publia un article devenu célèbre dans lequel il traite des programmes qui ont du sens commun. Des étudiants de Minsky travaillèrent sur les petits problèmes (« micro mondes ») tels que les problèmes d’analogie comparables à ceux des tests de QI, donnant naissance au programme ANALOGY (1968), ou encore les manipulations de cubes (le fameux « monde des blocs ») avec l’idée d’augmenter la complexité petit à petit pour développer des agents intelligents. La recherche sur les réseaux de neurones fut également poursuivie.

- **(1966-1973) L’épreuve de la réalité :** Dès le début, les chercheurs en IA ont fait des prédictions très optimistes prédisant des succès dans un futur proche. Leur excès de confiance était dû aux performances prometteuses des premiers systèmes d’IA sur des exemples simples. On cite souvent le passage suivant, écrit en 1957 par Herbert Simon : *« Mon intention n’est pas de vous surprendre ou de vous choquer, mais la manière la plus simple de résumer les choses consiste à dire qu’il existe désormais des machines capables de penser, d’apprendre et de créer. En outre, leur capacité d’accomplir ces choses va rapidement s’accroître jusqu’à ce que, dans un futur proche, le champ des problèmes qu’elles pourront aborder soit coextensif à celui auquel s’applique l’esprit humain. »* Il devint durant ces années de plus en plus évident que les prédictions faites par les chercheurs en IA avaient été beaucoup trop optimistes. L’échec le plus emblématique était celui de la traduction automatique. En 1966, le rapport d’un comité consultatif indiquait qu’il n’existait pas de machines capables de traduire des textes scientifiques généraux et qu’il était impossible d’en envisager une dans l’immédiat. De

grandes déceptions se produisirent également lorsque les chercheurs en IA essayèrent d'appliquer leurs algorithmes aux problèmes de grande taille, et découvrirent alors qu'ils ne fonctionnaient pas, par manque de mémoire et de puissance de calcul. Ces différents échecs ont provoqué l'arrêt de financements aux Etats-Unis et en Grande Bretagne.

- **(1969-1979) Systèmes fondés sur les connaissances (Systèmes Experts) : la clé de la puissance ?** Le paradigme de résolution de problèmes élaboré au cours de la première décennie de recherche en IA consistait en un mécanisme de recherche d'ordre général qui essayait d'enchaîner des étapes de raisonnement élémentaires pour trouver des solutions complètes. De telles approches ont été qualifiées de méthodes faibles car, quoique générales, elles ne supportent pas le changement d'échelle pour résoudre des problèmes plus grands ou plus difficiles. L'alternative aux méthodes faibles est de recourir à des connaissances plus puissantes et spécifiques au domaine concerné, qui permettent des étapes de raisonnement plus importantes et gèrent plus facilement les cas typiques rencontrés dans des domaines d'expertise limités. On pourrait dire que, pour résoudre un problème difficile, il est presque obligatoire d'en connaître la solution à l'avance. Le premier système expert, appelé « DENDRAL », fut créé en 1969 pour la tâche spécialisée consistant à déterminer la structure moléculaire d'une molécule étant donné sa formule et les résultats de sa spectrométrie de masse. Après le succès du « DENDRAL », d'autres systèmes d'experts furent créés, notamment le système « MYCIN », qui réalisait un diagnostic des infections sanguines. Avec 450 règles, « MYCIN » réussissait à diagnostiquer à un niveau proche des experts humains et considérablement meilleur que celui des jeunes médecins.

- **(De 1980 à nos jours) L'IA devient une industrie :** Le premier système expert commercial réussi, R1, est né chez Digital Equipment Corporation (McDermott, 1982). Ce programme configurait des ordinateurs en fonction des commandes des clients et leur permit d'économiser des dizaines de millions de dollars chaque année. Par la suite, presque toutes les grandes entreprises des Etats-Unis possédèrent un département IA et utilisaient des systèmes experts ou envisageaient d'en utiliser. Les Etats-Unis et le Japon financèrent de gros projets en IA, et la Grande Bretagne relança son programme de financement.

- **(De 1986 à nos jours) Retour des réseaux de neurones :** Au milieu des années 1980, quatre groupes de chercheurs au moins, réinventèrent indépendamment les uns des autres, l'algorithme d'apprentissage par rétropropagation, initialement mis au point par Bryson et Ho en 1969. Cet algorithme fut appliqué à de nombreux problèmes d'apprentissage en informatique et en psychologie, et la publication des résultats dans la collection « Parallel Distributed Processing » (Rumelhart et McClelland, 1986) suscita énormément d'enthousiasme. Depuis, l'apprentissage automatique est devenu l'un des domaines les plus actifs de l'IA, et a été appliqué avec succès à de nombreux problèmes pratiques comme par exemple la fouille de données.

- **(De 1987 à nos jours) L'IA devient une science :** L'intelligence artificielle est devenue au fil du temps une matière scientifique de plus en plus rigoureuse et formelle. La plupart des approches étudiées aujourd'hui sont basées sur des théories mathématiques ou des études expérimentales plutôt que sur l'intuition, et sont appliquées plus souvent aux problèmes issus du monde réel.

- **(De 1995 à nos jours) Émergence des agents intelligents :** Des chercheurs ont également reconsidéré le problème de l'« agent total ». Le mouvement dit « situé » a pour but de comprendre le fonctionnement d'agents immergés dans des environnements réels et exposés à des entrées sensorielles continues. Internet fait partie des environnements les plus importants pour les agents intelligents. De plus, de nombreux outils Internet tels que les moteurs de recherche, les systèmes de recommandation et les agrégateurs de sites web, reposent sur des techniques d'IA. Les tentatives de construire des agents complets ont permis de constater que les sous-domaines isolés de l'IA ont d'autant plus besoin d'être réorganisés que leurs résultats sont destinés à se compléter. Nous pouvons illustrer ce besoin avec les avancées récentes dans le pilotage de véhicules robotisés qui ont été rendues possibles grâce à la fusion de plusieurs approches, parmi lesquelles le développement de meilleurs capteurs, d'une intégration au niveau automatique de la perception, de la cartographie et de la localisation et enfin d'une dose de planification à haut niveau. Plusieurs pères fondateurs de l'IA croient que l'IA devrait revenir à ses racines et se battre pour, selon les mots de Herbert Simon : « des machines qui pensent, qui apprennent et qui créent ». Ils appellent cette tendance « IA de niveau

humain » ou « IANH ». Le sous-domaine de l'intelligence artificielle générale ou « IAG » (Goertzel et Pennachin, 2007) en est une idée connexe.

- **(De 2001 à nos jours) La disponibilité de vastes ensembles de données :**

Pendant les soixante années précédentes de l'histoire de l'informatique, l'accent avait été mis sur l'algorithme comme objet central d'étude. Des travaux récents en IA suggèrent que pour de nombreux problèmes, il serait plus sensé de s'intéresser aux données et d'être moins exigeant sur le choix de l'algorithme à leur appliquer. Des travaux laissent à penser que la « pierre d'achoppement » de la connaissance en IA – comment exprimer toute la connaissance dont un système a besoin – pourrait être résolue dans beaucoup de cas par apprentissage plutôt que par codage manuel de la connaissance en question, à condition que les algorithmes d'apprentissage disposent de suffisamment de données d'entraînement (Halevy et al., 2009).

- **Les grandes ruptures de 2011 : (8)**

Aux alentours de 2011, trois grandes ruptures quasi concomitantes ont permis à l'intelligence artificielle de franchir une grande étape :

- tout d'abord, l'introduction d'une catégorie d'algorithmes bien plus sophistiqués : les réseaux de neurones convolutifs ;
- ensuite, l'arrivée sur le marché de processeurs graphiques à bas coût capables d'effectuer d'énormes quantités de calculs ;
- enfin, la disponibilité de très grandes bases de données correctement annotées permettant un apprentissage plus fin (« *big data* »).

Ce sont ces nouveaux algorithmes qui sont aujourd'hui utilisés dans les grandes applications de l'intelligence artificielle, comme la reconnaissance de la parole de Siri, la voiture autonome de Google ou bien la reconnaissance d'images de Facebook.

- **Notre époque : Du « *big data* » au « *data mining* » et « *deep learning* ». (8)**

Le « *big data* » est la grande rupture de notre époque, qui a permis à l'IA de faire des bonds énormes. Nous sommes dans un monde de production de données en masse. Certaines sont publiques, d'autres sont privées. La possession de ces données donne un pouvoir énorme aux GAFAMI et à leurs équivalents chinois. Ces banques de données ont permis le développement d'outils de « *Data mining* » (exploration de données) et « *Deep learning* ».

## D. Etat de l'art de l'intelligence artificielle (6)

Les domaines où l'IA et les outils numériques en général dépassent déjà l'Homme sont ceux qui relèvent du calcul, comprenant les applications « *data* » du « *machine learning* » pour faire des prévisions ou de la segmentation, tout ce qui relève de la mémoire, notamment dans l'accès à de gros volumes d'information, et enfin, la vision artificielle, notamment celle qui est appliquée à des fonctions spécialisées comme dans le diagnostic médical.

Dans les domaines où nous sommes presque ex-aequo, on peut citer la conduite autonome dans certaines conditions et le raisonnement spécialisé.

Tout ce qui relève de la maîtrise du langage est encore en-deçà des capacités humaines. Pour ce qui est de la traduction, les outils d'IA dépassent les capacités générales de l'Homme mais pas celles des spécialistes. Un véritable bilingue fera toujours mieux qu'un système automatique. Pour le reste, même si les progrès sont constants, les IA ont encore du chemin à faire pour atteindre les capacités humaines.

Le raisonnement généraliste n'est pas encore possible avec l'IA actuelle. Les agents vocaux rendent des services mais sont très loin de passer le test de Turing pour égaler un spécialiste humain.

L'agilité générale des robots reste enfin très limitée par rapport à celle de l'Homme même si l'on peut admirer les prouesses de certains robots de Boston Dynamics. C'est pour cela que l'on n'est pas prêt de voir des robots s'occuper des patients dans les hôpitaux ou les maisons de retraite.

Deux derniers points sont encore en devenir : la gestion des émotions et le bilan énergétique. Les IA consomment en général beaucoup plus d'énergie que l'Homme avec son cerveau qui ne consomme que 20W par heure.

L'IA rend de très nombreux services au quotidien au grand public et aux entreprises, mais sans forcément relever de l'imitation de l'intelligence humaine, notamment sa capacité de raisonnement. Il en va ainsi des systèmes à base de « *machine learning* » qui essayent

laborieusement de vous proposer le bon film sur Netflix ou le bon produit sur Amazon en exploitant votre historique d'usage et celui des autres internautes.

Il existe d'autres segmentations de l'IA par rapport aux capacités humaines comme ces quatre catégories de systèmes : qui pensent comme des humains, qui agissent comme des humains, qui pensent rationnellement (donc, pas forcément comme des humains) et qui agissent rationnellement. On peut aussi plus simplement utiliser trois catégories : les sens, le raisonnement et l'action.

## **E. Applications en santé de l'intelligence artificielle**

### **1. IA non spécifique à la santé**

Dans les faits, la plupart d'entre nous utilisent des technologies d'IA dans la vie quotidienne, à des degrés divers, avec un niveau de conscience variable. Lorsque nous utilisons un service de messagerie électronique, ce service va automatiquement classer certains e-mails vers la valise des indésirables. Lors de ce tri, la sensibilité est généralement plus forte que la spécificité, mais globalement celui-ci est très efficace et inaperçu pour l'utilisateur lambda. Lorsque nous effectuons des achats sur internet sur de grands sites marchands, ceux-ci nous proposent par la suite des publicités ciblées. Elles sont souvent très pertinentes car elles tiennent compte de différentes données collectées sur nous comme nos achats précédents, notre historique de navigation, notre profil sociologique, notre géolocalisation. Nous sommes de plus en plus nombreux à utiliser des assistants vocaux (Siri, Alexa, Google Home). Ceux-ci sont encore très limités mais s'améliorent rapidement et peuvent d'ores et déjà effectuer des tâches basiques de manière relativement efficace. Il nous arrive parfois de recevoir un message de sécurité de la part de notre banque nous alertant sur une dépense suspecte. Lorsque nous utilisons un moteur de recherche internet, nous ne sommes généralement plus surpris de leur facilité d'utilisation, de leur rapidité et de la pertinence des résultats. Lorsque nous utilisons un GPS, celui-ci nous propose parfois un itinéraire alternatif en fonction des conditions de circulation. Le point commun de tous ces services est qu'ils sont basés sur des technologies d'IA. Ces différents services permettent d'illustrer des technologies d'IA utilisées couramment par la plupart des citoyens. Il s'agit ici de services généralistes qui n'ont pas été conçus spécifiquement pour les professionnels de santé et qui ne leur sont pas dédiés. Cependant, ils sont pourtant utilisés par de nombreux professionnels de santé dans leur vie personnelle mais également dans leur vie

professionnelle. Des services basés sur des technologies d'IA sont donc d'ores et déjà utilisés par de nombreux professionnels de santé.

## **2. IA dédiée à la santé**

La santé est probablement le domaine pour lequel l'IA est la plus en pointe. C'est également l'un des domaines où la recherche et les perspectives de développement sont les plus grandes. De nombreux outils d'IA spécialisés dans différents domaines de la santé sont en cours de développement. Les trois grands domaines de la santé pour lesquels l'IA est développée sont le diagnostic, la thérapeutique (élaboration de protocoles de traitement, développement de nouveaux médicaments, médecine personnalisée, le soin et le suivi des patients, etc.), et les systèmes de santé. L'IA va notamment permettre de développer la médecine préventive. Cela peut être une perspective d'évolution positive dans un système de santé français basé sur une tradition hippocratique de soins a posteriori.

Les prouesses récentes de l'IA dans le domaine de la santé ont fait l'objet de beaucoup d'attention et de médiatisation. Cependant des outils validés et déployés sur le marché sont encore peu nombreux même s'ils sont prometteurs. La majorité d'entre eux n'est encore qu'au stade de développement. Malgré les effets d'annonce, le milieu médical est un milieu essentiellement conservateur, le déploiement de solutions novatrices en IA prendra donc du temps. Certaines études visent à démontrer la supériorité de technologies d'IA sur les médecins spécialistes tandis que d'autres visent plutôt à créer des outils d'IA ayant vocation à assister les médecins afin des les rendre plus performants.

Nous allons donner ici des exemples d'applications de l'IA dans le domaine de la santé, qu'elles soient actuelles, à venir ou potentielles. Cette liste n'est pas exhaustive. Nous allons cependant essayer de donner un panel représentatif de ces applications.

### ***a) Diagnostic***

L'aide au diagnostic est l'un des domaines de santé dans lequel l'IA s'est le plus développée.

En Dermatologie, des algorithmes développés dans un but diagnostique de mélanome se montrent performants (17). Une équipe de chercheurs du *Stanford Cancer Institute* a mis au point un outil d'IA aussi performant que des dermatologues expérimentés dans le



diagnostic de cancers de la peau (17) (18). Certains chercheurs ont montré que cette technologie pouvait présenter des performances diagnostiques supérieures à des dermatologues expérimentés experts dans leur domaine (19).

En ophtalmologie, des outils d'IA en cours de développement se montrent aussi performants que des spécialistes expérimentés dans le diagnostic de nombreuses pathologies oculaires (20). La filiale UK d'Alphabet « *DeepMind* » en association le *Moorfields Eye Hospital* de Londres prévoit le déploiement de ce type de technologie d'ici 2023 (20).

En anatomopathologie, l'analyse d'images histologiques par des techniques d'IA pourrait améliorer la précision diagnostique, le pronostic et la détermination du profil génomique de certains cancers (21). Lors d'une étude, des algorithmes de « *deep learning* » ont montré une performance comparable à celle de pathologistes experts dans la détection des métastases ganglionnaires dans les coupes tissulaires de femmes atteintes d'un cancer du sein (22).

En cardiologie, des outils d'IA sont développés dans le domaine de l'interprétation automatique d'électrocardiogrammes. Une IA basée sur les réseaux de neurones conçue pour assister les médecins dans le diagnostic de troubles du rythme cardiaque a été homologuée par la *Food and Drug Administration* (FDA) au États-Unis (3). La start-up française *CARDIOLOGS* conjugue « *deep learning* », « *big data* » et expertise médicale dans le but de développer des technologies d'IA facilitant l'interprétation des électrocardiogrammes. Elle a obtenu l'accord de la FDA aux États-Unis pour commercialiser son algorithme (23).

En neurologie, des chercheurs de l'université de San Francisco développent une IA basée sur l'analyse de TEP-scanners cérébraux dans le but de détecter la maladie d'Alzheimer plusieurs années avant les médecins. Lors de son évaluation, cet algorithme a pu réaliser ce diagnostic en moyenne six ans avant un médecin (24).

En psychiatrie, Marcel Just et David Brent, chercheurs respectivement à l'université Carnegie Mellon et de Pittsburgh (États-Unis) ont développé un outil d'IA basé sur le couple algorithme – imagerie cérébrale afin de reconnaître les intentions suicidaires d'un patient. Leur première expérience sur un nombre réduit d'individus a présenté un taux de réussite de 91% (25).

### **b) Imagerie médicale**

Les technologies de « *deep learning* » et les réseaux de neurones sont les principales technologies utilisées dans le développement d'outils d'IA dédiés à l'interprétation d'imagerie médicale. « Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent désormais effectuer des tâches d'analyse d'images avec des performances égales, voire supérieures, à celles réalisées par des experts humains (26) ». « Les solutions d'imagerie utilisent à peu près toutes les mêmes techniques et solutions logicielles mais sont paramétrées de manière différente selon les pathologies recherchées et avec des jeux d'entraînement spécifiques. Elles vont bien au-delà des techniques simples d'augmentation de contraste. Elles détectent des formes particulières, des densités spécifiques et réalisent aussi des mesures précises et quantitatives. Elles peuvent aussi comparer avec précision des images dans le temps pour quantifier l'évolution d'une pathologie. Elles utilisent généralement différentes formes de réseaux convolutionnels, avec au moins un premier qui détecte des formes dans l'image et un autre qui les labellise une par une après détourage (6) ».

Des outils d'IA sont en cours de développement dans l'interprétation des clichés de mammographie. Ces solutions de « *deep learning* » peuvent potentiellement réduire les erreurs de diagnostic, améliorer la précision du radiologue et faciliter la prise de décision dans l'interprétation de ce type d'imagerie (27). Dans le même domaine, la start-up française *THERAPIXEL* développe un outil d'IA dédié à l'interprétation des mammographies, grâce aux algorithmes exploitant les réseaux de neurones convolutifs. Elle a remporté le *Digital Mammography Dream Challenge* en 2017 (28).

Une équipe de chercheurs de l'université de Stanford a développé un logiciel d'imagerie basé sur un réseau de neurones pouvant être plus performant que les radiologues dans le diagnostic de pneumonie. Il s'agit du logiciel « CheXnet » (29).

### **c) Recherche clinique**

De nombreux experts croient au fort potentiel de l'IA dans le domaine de la recherche clinique, cependant ses potentialités dans ce domaine ne sont actuellement que théoriques (30). La recherche, les essais cliniques, peuvent très probablement être favorisés par l'utilisation de cette technologie. Elle pourrait permettre notamment une réduction du coût des essais cliniques en réduisant leur durée (31).

L'IA avec le « *deep learning* » et d'autres technologies nourrissent les espoirs dans le domaine de la recherche de nouveaux médicaments. Certains chercheurs prédisent qu'elle permettra de trouver de nouveaux traitements plus efficacement, plus rapidement et à moindre coût. Cependant d'autres chercheurs relativisent ces prévisions en les qualifiant d'extravagantes. A ce jour il n'existe pas encore de médicament approuvé par l'IA. Les principales sociétés pharmaceutiques utilisent des systèmes d'IA dans leurs travaux de recherche. « Pfizer utilise IBM Watson, un système utilisant l'apprentissage automatique, pour renforcer sa recherche de médicaments immuno-oncologiques. Sanofi a signé un contrat d'utilisation de la plateforme d'IA de la start-up britannique Exscientia pour la recherche de traitements par maladies métaboliques. Genentech, une filiale de Roche, utilise un système d'IA de GNS Healthcare à Cambridge, dans le Massachusetts, pour aider la multinationale à rechercher des traitements contre le cancer. La plupart des acteurs biopharmaceutiques importants ont des collaborations ou des programmes internes similaires (32) ».

En oncologie, des chercheurs développent des outils d'IA dans le but de créer de nouveaux médicaments anticancéreux *in silico* en fonction des propriétés génomiques des cellules cancéreuses (33).

En génétique, l'usage de technologies d'IA va se développer rapidement dans les années à venir dans le domaine de la médecine génomique (34).

#### ***d) Le soin***

L'oncologie est l'une des disciplines où les technologies d'IA se développent en nombre et de façon rapide, tant sur le plan du diagnostic, du dépistage, que dans l'élaboration de nouveaux traitements. Des chercheurs français de l'institut Gustave Roussy ont développé une technologie d'IA permettant d'analyser des images de scanner afin de prédire la réponse d'un patient face à son traitement anticancéreux de type immunothérapie (35). De récentes avancées en IA promettent des changements radicaux dans le diagnostic et le traitement du cancer du sein (36). Les techniques d'IA et d'apprentissage automatisé vont probablement permettre de mieux personnaliser les protocoles de radiothérapie (37). L'utilisation de l'IA progresse de plus en plus dans le domaine de la recherche en pathologie cancéreuse pulmonaire. L'analyse computationnelle de l'imagerie histologique via des approches dites

d'IA a récemment reçu une attention considérable afin d'améliorer la précision diagnostique des cancers pulmonaires (21).

En gynécologie, dans le cadre de pratiques de fécondation in vitro, une étude a démontré la supériorité d'outils d'IA sur l'humain, dans l'évaluation de la qualité embryonnaire (38) (30). Egalement en gynécologie, une étude a démontré qu'un algorithme de « *deep learning* » pouvait être nettement plus rapide que l'humain dans le décompte et l'analyse des follicules ovariens dans le cadre de PMA (39) (30).

En anesthésie, un projet de l'université de Washington a pour but de développer des outils de « *deep learning* » permettant d'évaluer le risque d'hypoxémie post-opératoire (40).

En neurologie, les techniques modernes d'apprentissage automatique peuvent jouer un rôle crucial dans l'optimisation des stratégies de traitement des patients souffrant de troubles chroniques tels que l'épilepsie (41).

#### ***e) Dispositifs médicaux connectés ou implantés***

L'IA tend à être de plus en plus utilisée dans les dispositifs médicaux connectés ou implantables.

La recherche et le soin dans le domaine du diabète vont potentiellement être transformés en profondeur avec l'usage de l'IA et notamment avec l'aide d'objets connectés et ou implantables. « La médecine numérique, la recherche numérique et l'intelligence artificielle (IA) ont le pouvoir de transformer le domaine du diabète avec une surveillance à distance continue et sans fardeau des symptômes des patients, des données physiologiques, des comportements et des contextes sociaux et environnementaux à l'aide de dispositifs portables, de capteurs et technologies de smartphone. [...] En fin de compte, les nouvelles technologies numériques, les analyses basées sur le Big Data et l'IA appliquée aux données sur le diabète vont changer la manière dont le diabète et ses complications, ainsi que leur prévention et leur gestion, sont traités. » (42)

En cardiologie, certains types de défibrillateurs fonctionnent de manière autonome grâce à une IA qui détecte automatiquement les troubles des rythmes.

## II. MATERIEL ET METHODES

### A. Objectifs de l'étude

L'**objectif principal** de cette étude était d'évaluer, par une enquête, la favorabilité des médecins généralistes au développement de la technologie de l'intelligence artificielle dans la pratique de la médecine générale. L'**objectif secondaire** était d'évaluer leurs espoirs et leurs craintes quant à ce développement. Il était également de rechercher d'éventuelles corrélations avec leur favorabilité à ce développement.

### B. Type d'étude

Il s'agissait d'une étude quantitative descriptive transversale, de type enquête d'opinion, réalisée entre le 17 mars 2019 et le 4 juin 2019.

### C. Population

L'étude portait sur les médecins généralistes thésés de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) ayant une activité libérale.

### D. Questionnaire

#### 1. Elaboration du questionnaire

La méthode avait consisté à évaluer la place et l'influence actuelle et à venir de l'IA dans le domaine de la médecine générale. Pour ce faire, différentes perspectives avaient été prises en compte. La perspective du monde médical avait été considérée grâce au rapport du CNOM « Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle » (3). Celle des pouvoirs publics avec le monde scientifique avait été considérée grâce au rapport de Cédric Villani « Donner un sens à l'intelligence artificielle » (43). Celle des pouvoirs publics avec le monde du travail avait été considérée grâce au rapport de *France Stratégie* sur « l'intelligence artificielle et le travail » (1). A la lecture de ces trois rapports, il était possible de percevoir les influences effectives ou potentielles, actuelles ou à venir, du

développement de l'IA en santé et plus particulièrement en médecine générale. Afin de balayer toutes les dimensions de la pratique des médecins généralistes pouvant être concernées, nous avons utilisé le texte de référence de la WONCA « La Définition Européenne de la Médecine Générale – Médecine de Famille » (44).

## 2. Composition du questionnaire

Un questionnaire informatique avait été élaboré sur *Google Forms*. Il comportait quatre parties principales:

- La première partie concernait les informations générales des médecins: l'âge, le sexe, l'année de thèse, l'année d'installation, le mode et le milieu d'exercice, le nombre de consultations par semaine.
- La seconde partie consistait à évaluer leur familiarité avec l'outil informatique et les technologies d'IA : aisance en informatique, informatisation du cabinet, connaissances dans les technologies fondamentales en IA, utilisation de l'IA dans leur pratique, appréhension des réactions des patients à l'usage de l'IA.
- La troisième partie visait à recueillir leurs opinions quant à l'influence de l'IA dans différents domaines de la pratique de la médecine générale : la relation médecin-malade, la démarche décisionnelle, la prise en charge au long cours et leurs conditions d'exercice.
- La quatrième partie consistait à évaluer leur favorabilité au développement de la technologie de l'IA dans la pratique de la médecine générale.

Un exemple de définition de l'IA avait été donné au début du questionnaire. Cela avait été motivé par l'absence de définition consensuelle existante de l'IA et par le niveau de connaissance des médecins sur le sujet supposé très variable. Nous avons choisi de donner la définition la plus simple et générale afin de limiter un potentiel biais risquant d'influencer les réponses.

Concernant la question relative à la familiarité des répondants avec l'outil informatique, des critères leur avaient été présentés afin de favoriser l'homogénéité dans les critères d'autoévaluation entre les répondants.

Nous avons sciemment choisi de placer en dernier la question sur la favorabilité des répondant au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale. Cela avait été fait dans le but de permettre aux médecins de répondre après une étape de réflexion sur le sujet par le biais des questions précédentes. Cette étape de réflexion nous avait paru importante dans la mesure où cette question concernait l'objectif principal de l'étude.

### **3. Diffusion du questionnaire**

Les médecins généralistes étaient invités à répondre au questionnaire en ligne. Ils pouvaient y accéder, soit directement par un lien inclus dans l'e-mail les invitant à participer à l'étude, soit en utilisant un lien consultable sur la rubrique dédiée aux thèses du CDOM des Bouches-du-Rhône. Dans les deux cas, le thème et l'intérêt de l'étude étaient présentés ainsi que l'engagement d'un retour sur les résultats de l'étude à son terme.

Les conseils départementaux de l'Ordre des médecins de la région PACA avaient été sollicités par e-mail afin de contribuer à la diffusion du questionnaire. Le CDOM du Vaucluse avait contribué à la diffusion du questionnaire en publiant une proposition de participation dans son journal officiel. Le CDOM des Bouches-du-Rhône y avait également contribué en publiant, sur la rubrique dédiée aux thèses de son site internet, une proposition de participation à l'étude avec un lien vers le questionnaire.

Les autres canaux utilisés pour la diffusion par e-mail du questionnaire étaient : les réseaux de médecins remplaçants, les sites internet d'annonces médicales, l'annuaire professionnel des pages jaunes, le réseau social professionnel LinkedIn.

Au total, **1915 sollicitations** avaient été envoyées dont 1413 e-mails envoyés par le biais de contacts de réseaux de remplacements avec deux relances, 217 e-mails envoyés par le biais de contacts de sites de remplacements médicaux, 261 messages de sollicitation envoyés via la plate-forme internet du site professionnel des *Pages jaunes* et 24 messages de sollicitation envoyés via la plate-forme internet de *LinkedIn*.

Le questionnaire était resté disponible en ligne du **17 mars 2019 au 03 juin 2019**. Les réponses étaient recueillies automatiquement sur un tableur de type Excel.

## E. Analyse des données :

Les données statistiques suivantes étaient disponibles sur le site internet « Data.Drees » de la *Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques* (DREES) (45), et concernaient l'année 2018 pour la région PACA. 6305 médecins généralistes avaient une activité libérale (exclusive ou mixte), dont 2394 femmes (38%) et 3911 hommes (62%), soit un sex-ratio de 1.6 avec une majorité d'hommes. Concernant la répartition des tranches d'âge des médecins généralistes exerçant en cabinet individuel, en cabinet de groupe ou en remplacement, 11% avaient moins de 35 ans, 14% avaient de 35 à 44 ans, 19% avaient de 45 à 54 ans, 39% avaient de 55 à 64 ans et 16% avaient de plus de 65 ans. Concernant le mode d'exercice, les médecins généralistes exerçant en cabinet individuel (2720 médecins), en cabinet de groupe (2574 médecins) et ceux exerçants en remplacements (752 médecins) représentaient respectivement 45%, 43% et 12% des médecins de ces trois modes d'exercice confondus.

L'analyse avait comporté une première partie descriptive des réponses et une deuxième partie comparative étudiant les facteurs influençant la favorabilité des médecins au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale.

Nous avons déterminé deux groupes. Le premier groupe que nous avons nommé « **favorable (MG F+)** » était constitué des médecins de l'échantillon ayant donné une réponse « favorable » quant au développement de l'IA. Le second groupe nommé « **non favorables (MG F-)** » était composé des médecins ayant donné une autre réponse que « favorable » à cette question (« sans opinion », « défavorable », « neutre »).

Nous avons utilisé le logiciel Microsoft Excel pour réaliser le recueil de données et les figures. Les analyses statistiques avaient été réalisées sur les sites internet de « biostaTGV » et « OpenEpi ». Nous avons utilisé des fonctions descriptives avec la détermination des intervalles de confiance, et des fonctions comparatives avec le test exact de Fisher. Le seuil de significativité avait été pris à  $p < 0,05$ .

D'un point de vue méthodologique, nous n'avons pas jugé pertinent de chercher à déterminer un nombre de sujets nécessaires pour la réalisation de notre étude. Tout d'abord, le questionnaire était disponible sur internet, donc d'un point de vue théorique l'ensemble des



médecins généralistes de la région PACA pouvait y avoir accès. Nous n'avions donc pas besoin de connaître le nombre minimal de sujets à inclure pour diffuser ce questionnaire à un nombre limité de médecins. Par ailleurs, si nous avons tout de même souhaité calculer un nombre de sujets nécessaires afin de vérifier la puissance nécessaire à notre étude, celui-ci aurait été imprécis. En effet, l'absence de données précises sur la valeur a priori de la prévalence concernant la favorabilité des généralistes au développement de l'IA, rendait ce calcul inadapté.

#### **F. Conflits d'intérêts :**

Il n'y avait pas de conflit d'intérêts à déclarer.

### **III. RESULTATS**

#### **A. Analyse descriptive**

Les caractéristiques sociodémographiques des médecins généralistes inclus dans l'étude étaient précisées dans les tableaux 1. Les technologies d'IA utilisées dans leur pratique professionnelle étaient précisées dans le tableau 2. Les données sur l'aisance en informatique, sur l'informatisation, sur les connaissances et l'usage de l'IA, sur l'appréhension de la réaction des patients face à l'usage de l'IA, étaient précisées dans les tableaux 3.

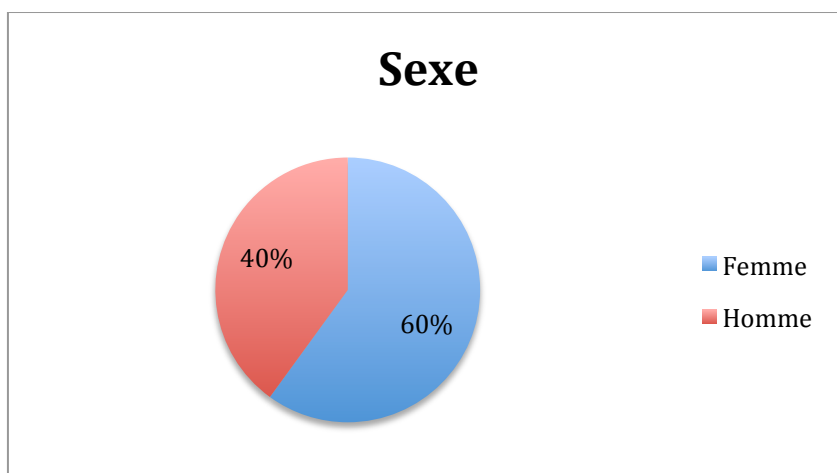
#### **1. Données générales de l'échantillon**

##### ***a) Taille de l'échantillon***

Au total, **216 questionnaires** avaient été recueillis. 16 répondants n'étaient pas encore thésés et n'avaient donc pas été inclus dans l'étude. 12 sujets avaient répondu deux fois au questionnaire dont 2 n'étaient pas thésés. Leur seconde réponse n'avait pas été prise en compte. 1 répondant n'avait pas renseigné son année de thèse et n'avait donc pas été inclus. Au total, **187 médecins** généralistes avaient donc été inclus dans l'étude.

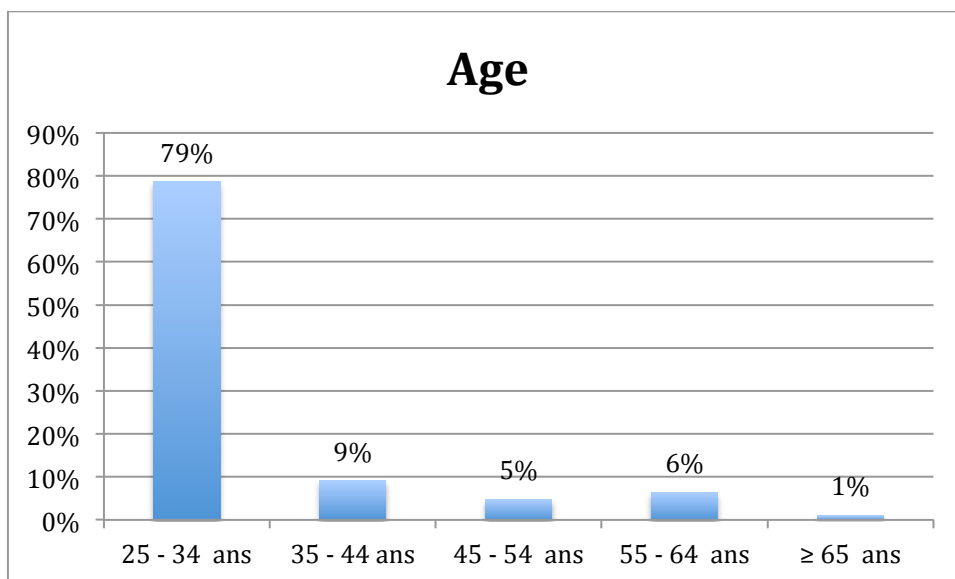
### *b) Sexe*

Le sex-ratio était égal à 1.5, avec un échantillon composé majoritairement de femmes (113 sujets) (soit 60.4% ; intervalle de confiance à 95% [53.3 - 67.3]).



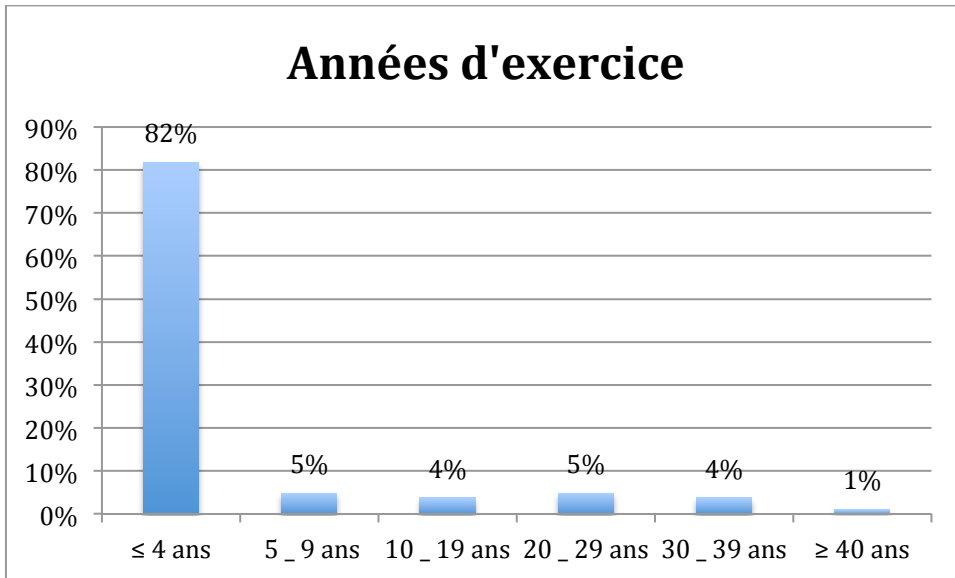
### *c) Age*

L'échantillon était principalement composé de jeunes médecins avec une large majorité de sujets (147 sujets) âgés entre **25 et 34 ans** (soit 78.6% ; intervalle de confiance à 95% [72.2 - 83.9]).



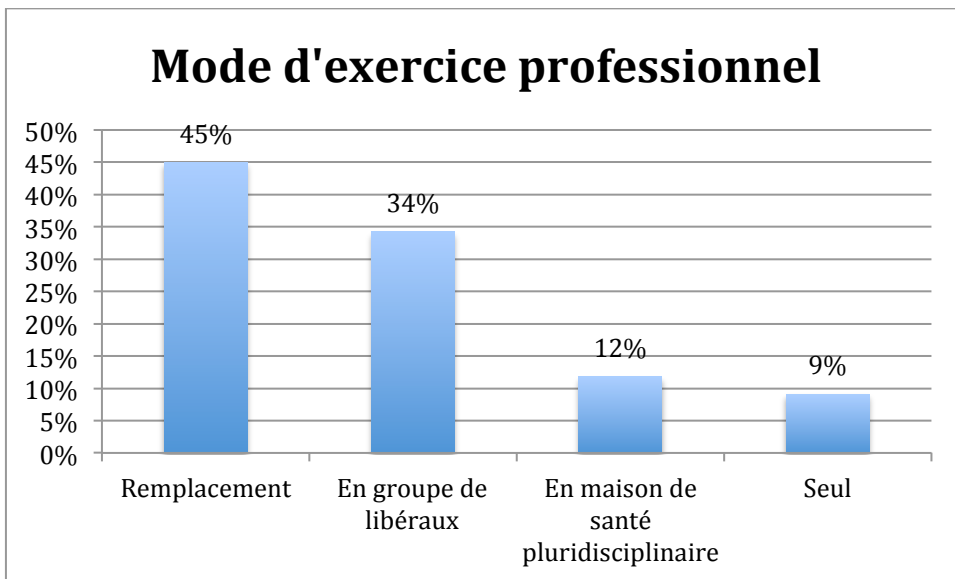
### *d) Nombre d'années d'exercice*

Le **nombre d'années d'exercice** des sujets inclus était compris entre **0 et 44 années**, le **nombre médian** était de **2 années** et le **nombre moyen** était de **5.01 années**. Une large majorité (153 sujets) exerçait depuis moins de 5 ans (soit 82% ; intervalle de confiance à 95% [75.7 - 86.7]).



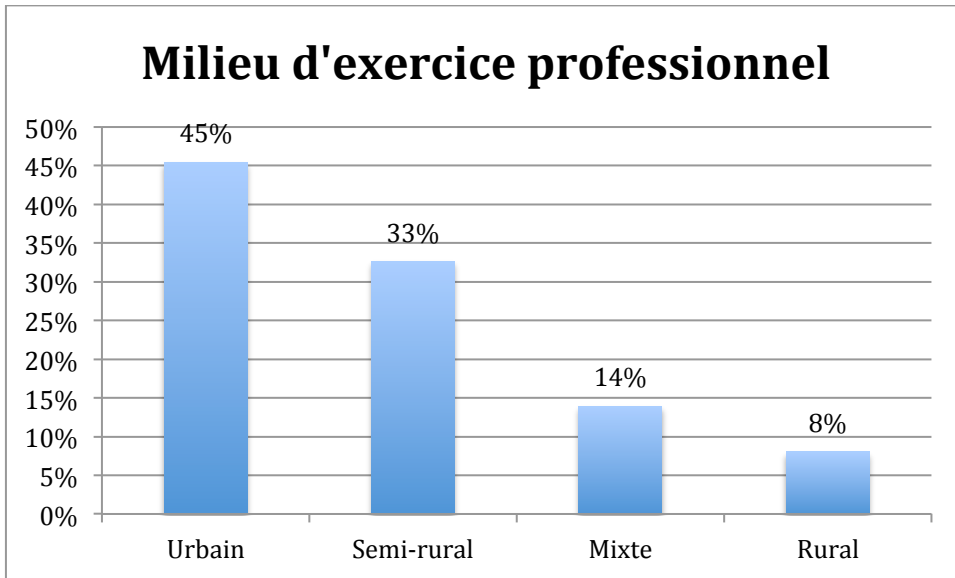
*e) Mode d'exercice*

Une forte proportion des sujets inclus (84 sujets) exerçait en **remplacement** (soit 45%; intervalle de confiance à 95% [38 - 52.1]). La majorité des médecins installés exerçait en **groupe de libéraux** (64 sujets) (soit 34%; intervalle de confiance à 95% [27.8 - 41.3]).



*f) Milieu d'exercice professionnel*

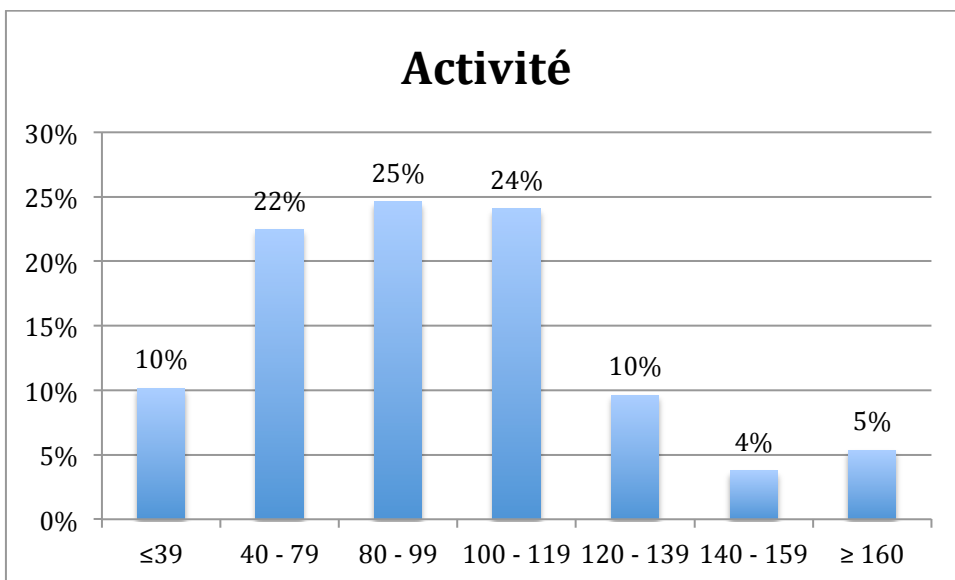
Les deux principaux milieux d'exercice étaient les milieux **urbain** et **semi-rural**. 85 sujets exerçaient en milieu urbain (soit 45% ; intervalle de confiance [38.5 - 52.6]) et 61 sujets exerçaient en milieu semi-rural (soit 33% ; intervalle de confiance [26.3 - 39.6]).



**g) Activité (nombre de consultations par semaine)**

Les médecins de l'échantillon avaient une activité principalement comprise entre **40 et 119 consultations par semaine**. Les trois principaux intervalles d'activité étaient:

- Intervalle [40 – 79] avec 42 sujets (soit 22% ; IC à 95% [17.1 - 29])
- Intervalle [80 – 99] avec 46 sujets (soit 25% ; IC à 95% [19 - 31.2])
- Intervalle [100 – 119] avec 45 sujets (soit 24% ; IC à 95% [18.5 - 30.7])



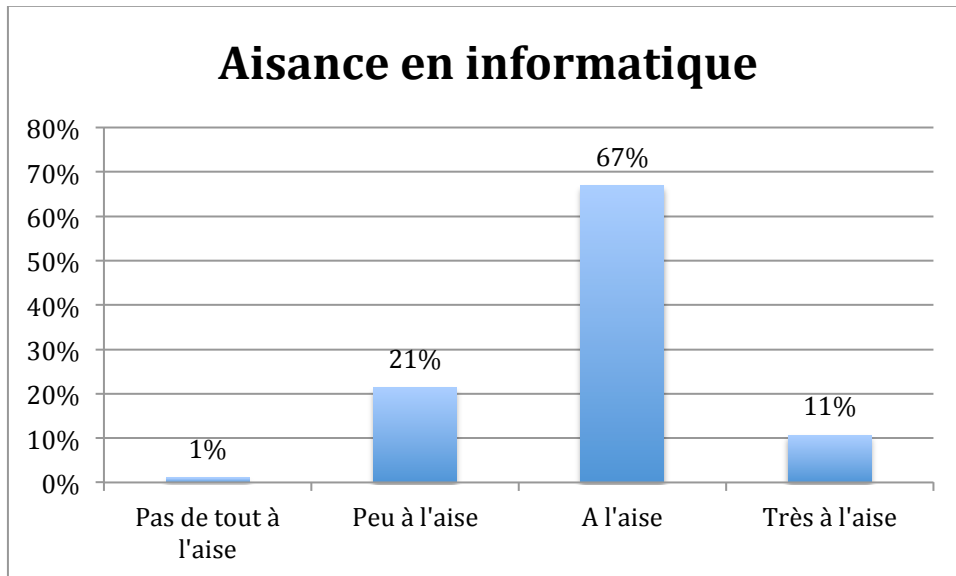
**Tableau 1 : Données sociodémographiques de l'échantillon**

Caractéristiques		Effectif total (N 187)	Taux	IC 95%
<b>Sexe</b>				
	Femme	113	60%	IC95% [53.3 - 67.3]
	Homme	74	40%	IC95% [32.8 - 46.7]
<b>Age</b>				
	≤ 24 ans	0	0%	
	25 - 34 ans	147	79%	IC95% [72.2 - 83.9]
	35 - 44 ans	17	9%	IC95% [5.8 - 14.1]
	45 - 54 ans	9	5%	IC95% [2.6 - 8.9]
	55 - 64 ans	12	6%	IC95% [3.7 - 10.9]
	≥ 65 ans	2	1%	IC95% [0.3 - 3.8]
<b>Années d'activité</b>				
	≤ 4 ans	153	82%	IC95% [75.7 - 86.7]
	5 - 9 ans	9	5%	IC95% [2.6 - 8.9]
	10 - 19 ans	7	4%	IC95% [1.8 - 7.5]
	20 - 29 ans	9	5%	IC95% [2.6 - 8.9]
	30 - 39 ans	7	4%	IC95% [1.8 - 7.5]
	≥ 40 ans	2	1%	IC95% [0.3 - 3.8]
<b>Mode d'exercice professionnel</b>				
	Remplacement	84	45%	IC95% [38 - 52.1]
	Seul	17	9%	IC95% [5.8 - 14.1]
	En groupe de libéraux	64	34%	IC95% [27.8 - 41.3]
	En maison de santé pluridisciplinaire	22	12%	IC95% [7.9 - 17.2]
<b>Milieu d'exercice professionnel</b>				
	Rural	15	8%	IC95% [4.9 - 12.8]
	Semi-rural	61	33%	IC95% [26.3 - 39.6]
	Urbain	85	45%	IC95% [38.5 - 52.6]
	Mixte	26	14%	IC95% [9.7 - 19.6]
<b>Activité</b>				
	≤39	19	10%	IC95% [6.6 - 15.3]
	40 - 79	42	22%	IC95% [17.1 - 29]
	80 - 99	46	25%	IC95% [19 - 31.2]
	100 - 119	45	24%	IC95% [18.5 - 30.7]
	120 - 139	18	10%	IC95% [6.2 - 14.7]
	140 - 159	7	4%	IC95% [1.8 - 7.5]
	≥ 160	10	5%	IC95% [2.9 - 9.6]

## 2. Données sur l'aisance en informatique, sur l'informatisation, sur les connaissances et l'usage de l'IA, sur l'appréhension des réactions des patients

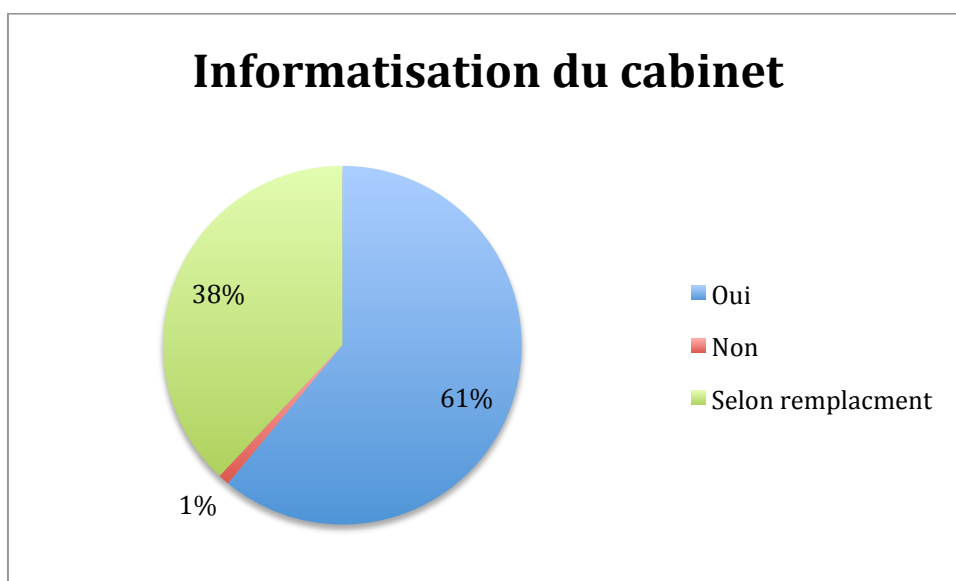
### a) Aisance en informatique

Le niveau d'aisance en informatique des médecins était relativement élevé. Une large majorité (125 sujets) s'estimait à l'aise dans ce domaine (soit 67%; intervalle de confiance à 95% [59.8 - 73.2]).



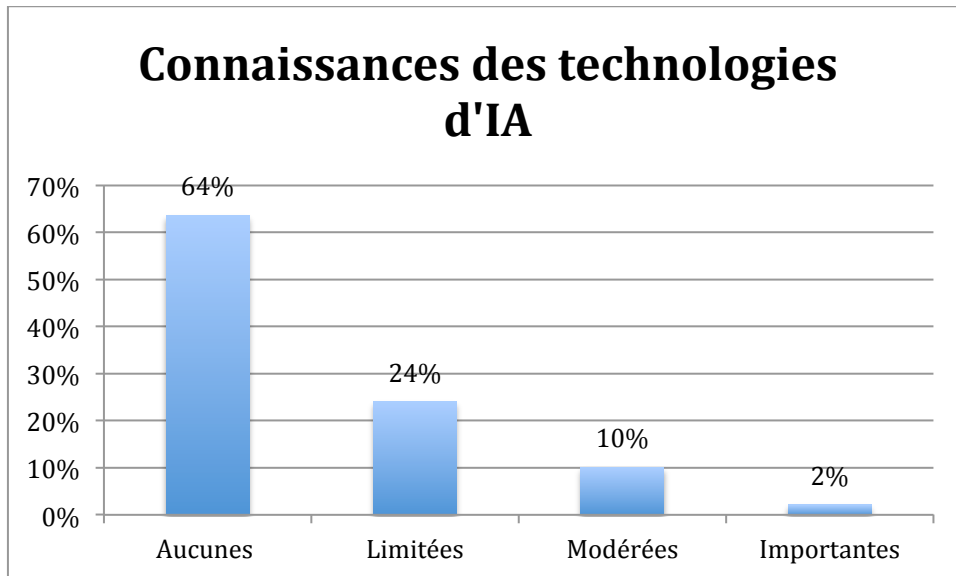
### b) Informatisation du cabinet

La quasi-totalité des médecins installés de l'échantillon exerçait dans un cabinet informatisé. Seulement 1% des médecins installés n'étaient pas informatisés.



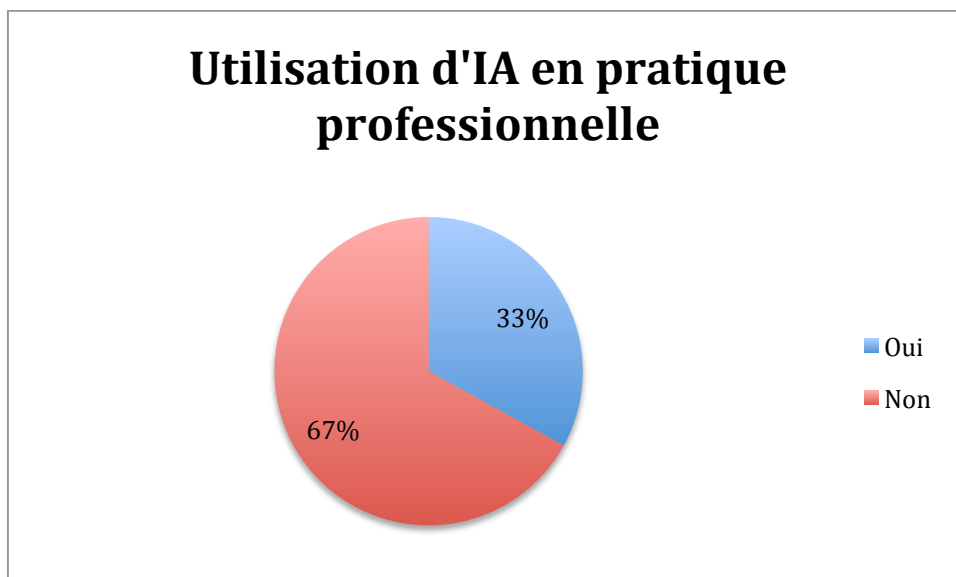
### c) *Connaissances sur les technologies d'IA*

Le niveau de connaissance des médecins concernant les technologies d'IA était faible. Une large majorité (119 sujets) n'avait aucune connaissance concernant cette technologie (soit 64%; intervalle de confiance à 95% [56.5 - 70.2]).



### d) *Utilisation d'IA en pratique professionnelle*

Nous avons observé une minorité de médecins déclarant avoir déjà utilisé une technologie d'IA dans leur pratique (62 sujets) (soit 33.2%; intervalle de confiance à 95% [26.8 - 40.2]). 59 médecins (31.6%) avaient renseigné une technologie d'IA déjà utilisée dans leur pratique. Celles les plus citées étaient « les outils d'aide à l'interprétation d'électrocardiogramme » (22 citations), « les outils d'aide à la prescription » (18 citations), notamment ceux « d'aide à la prescription médicamenteuse » (16 citations).



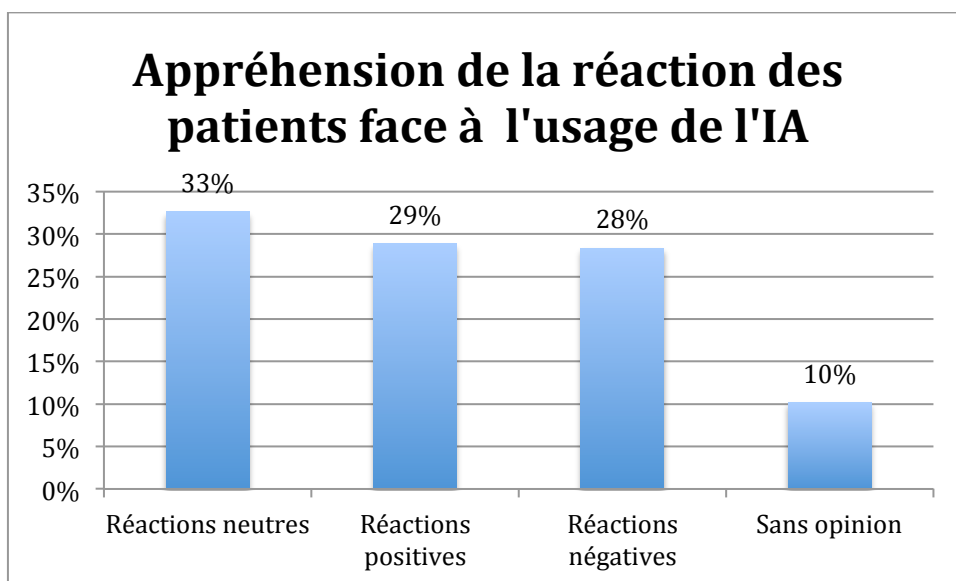
**Tableau 2 : Technologies d'IA utilisées en pratique professionnelle par les médecins**

Catégories	Technologies d'IA	Nombre de citations
<b>Prescription</b>		
	Aide prescription	18
	Prescription médicamenteuse	16
	Vidal	6
	Antibioclac	5
	BCB	2
	Détection interactions médicamenteuse	2
	Aide thérapeutique	1
	Détection surdosage médicamenteux	1
	e-pansement	1
<b>Diagnostic</b>		
	Electrocardiogramme (interprétation automatisée)	22
	Aide au diagnostic	3
	Diagnostic tumeur cutanée, Skinivision	3
	Ophthalmoclic	2
	Dermatoclic	1
	Dentaclac	1
	Medcalc	1
	Spirométrie	1
	Polysomnographie	1
<b>Logiciel professionnel</b>		
	Logiciel professionnel	1
	ALMAPRO	1
	WEDA	1
	Medistory	1
<b>Bibliographie</b>		
	PUBMED	1
<b>Réseau social</b>		
	MEDPICS	1
<b>Autres</b>		
	Codage informatique	1
	Télé médecine	1
	Cardia	1

*e) Appréhension de la réaction des patients face à l'usage de l'IA*

Des proportions comparables de médecins appréhendaient des réactions « négatives », « neutres » ou « positives », avec respectivement 53 sujets (soit 28.3% ; intervalle de confiance à 95% [22.4 - 35.2]), 61 sujets (soit 32.6% ; intervalle de confiance à 95% [26.3 - 39.6]) et 54 sujets (soit 28.8% ; intervalle de confiance à 95% [22.9 - 35.8]).





**Tableau 3 : Données sur l'aisance en informatique, l'informatisation, les connaissances et l'usage de l'IA, l'appréhension des réactions des patients**

Caractéristiques		Effectif total (N 187)	Taux	IC 95%
<b>Aisance en informatique</b>				
	Pas du tout à l'aise	2	1%	IC95% [0.3 - 3.8]
	Peu à l'aise	40	21%	IC95% [16.1 - 27.8]
	A l'aise	125	67%	IC95% [59.8 - 73.2]
	Très à l'aise	20	11%	IC95% [7 - 15.9]
<b>Informatisation du cabinet</b>				
	Oui	114	61%	IC95% [53.8 - 67.7]
	Non	2	1%	IC95% [0.3 - 3.8]
	Selon remplacement	71	38%	IC95% [31.3 - 45.1]
<b>Connaissances des technologies d'IA</b>				
	Aucunes	119	64%	IC95% [56.5 - 70.2]
	Limitées	45	24%	IC95% [18.5 - 30.7]
	Modérées	19	10%	IC95% [6.6 - 15.3]
	Importantes	4	2%	IC95% [0.8 - 5.4]
<b>Utilisation d'IA en pratique professionnelle</b>				
	Oui	62	33%	IC95% [26.8 - 40.2]
	Non	125	67%	IC95% [59.8 - 73.2]
<b>Réaction anticipée des patients face à l'IA</b>				
	Sans opinion	19	10%	IC95% [6.6 - 15.3]
	Réactions négatives	53	28%	IC95% [22.4 - 35.2]
	Réactions neutres	61	33%	IC95% [26.3 - 39.6]
	Réactions positives	54	29%	IC95% [22.9 - 35.8]

### **3. Données sur les opinions concernant l'influence de l'IA dans la pratique de la médecine générale**

Au total, **30 items** répartis en **quatre domaines** de la pratique de la médecine générale avaient été explorés. 15 items présentaient une majorité de réponses « **effet positif** », 8 items présentaient une majorité de réponses « **aucun effet** » et 7 items présentaient une majorité de réponses « **effet négatif** ». Ces données étaient représentées dans le tableau 4. Le tableau 5 présentait le nombre d'items pour chaque nature de réponse majoritaire par domaine exploré.

Les trois items ayant recueilli le plus de réponses « **effet positif** » étaient :

- « Leurs performances diagnostiques »
- « Leur gestion de l'incertitude diagnostique »
- « Leur élaboration de stratégies thérapeutiques »

Les trois items ayant recueilli le plus de réponses « **effet négatif** » étaient :

- « La dimension humaine de la relation médecin – malade »
- « La relation médecin malade en général »
- « La communication médecin – malade »

Les trois items ayant recueilli le plus de réponses « **aucun effet** » étaient :

- « Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle »
- « La liberté décisionnelle des patients »
- « La gestion par le médecin de ses émotions »

**Tableau 4 : Classement des items de la pratique de la médecine générale en fonction de leur réponse majoritaire par effectif décroissant**

<b>Items présentant une majorité de réponses « effet positif » :</b>		<b>Effectif</b>	<b>%</b>	<b>IC 95%</b>
Leurs performances diagnostiques	Effet positif	147	79%	IC95% [72.2 - 83.9]
Leur gestion de l'incertitude diagnostique	Effet positif	146	78%	IC95% [71.6 - 83.4]
Leur élaboration de stratégies thérapeutiques	Effet positif	142	76%	IC95% [69.3 - 81.5]
Leur implication dans le dépistage organisé	Effet positif	128	68%	IC95% [61.5 - 74.7]
La facilité de gestion de leur cabinet	Effet positif	124	66%	IC95% [59.3 - 72.7]
La qualité des soins dispensés par les généralistes	Effet positif	119	64%	IC95% [56.5 - 70.2]
Leur efficacité dans le recours aux ressources du système de santé	Effet positif	115	61%	IC95% [54.4 - 68.2]
La gestion de leur emploi du temps professionnel	Effet positif	104	56%	IC95% [48.5 - 62.6]
La qualité de leurs conditions générales d'exercice	Effet positif	101	54%	IC95% [46.9 - 61]
Leur gestion du recours aux autres spécialités	Effet positif	97	52%	IC95% [44.8 - 58.9]
Leur rôle de promotion et d'éducation pour la santé	Effet positif	89	48%	IC95% [40.6 - 54.7]
Leur rôle de coordination et de continuité des soins	Effet positif	81	43%	IC95% [36.4 - 50.5]
La gestion de situations conflictuelles	Effet positif	76	41%	IC95% [33.9 - 47.8]
Leur approche du patient dans sa globalité	Effet positif	75	40%	IC95% [33.4 - 47.3]
La protection de leur responsabilité professionnelle	Effet positif	64	34%	IC95% [27.8 - 41.3]
<b>Items présentant une majorité de réponses « aucun effet » :</b>				
Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle	Aucun effet	95	51%	IC95% [43.7 - 57.9]
La liberté décisionnelle des patients	Aucun effet	88	47%	IC95% [40 - 54.2]
Gestion par le médecin de ses émotions	Aucun effet	81	43%	IC95% [36.4 - 50.5]
La dimension éthique et déontologique de leur pratique	Aucun effet	76	41%	IC95% [33.9 - 47.8]
La communication entre médecins	Aucun effet	75	40%	IC95% [33.4 - 47.3]
L'autonomisation et l'adhésion de leurs patients	Aucun effet	68	36%	IC95% [29.8 - 43.5]
Le goût de l'exercice de leur métier	Aucun effet	68	36%	IC95% [29.8 - 43.5]
La satisfaction des patients dans cette relation	Aucun effet	57	30%	IC95% [24.3 - 37.4]
<b>Items présentant une majorité de réponses « effet négatif » :</b>				
La dimension humaine relation médecin - malade	Effet négatif	121	65%	IC95% [57.6 - 71.2]
La relation médecin malade en général	Effet négatif	94	50%	IC95% [43.2 - 57.4]
La communication médecin - malade	Effet négatif	94	50%	IC95% [43.2 - 57.4]
La personnalisation de leur prise en charge de chaque patient	Effet négatif	84	45%	IC95% [38 - 52.1]
Leur liberté décisionnelle	Effet négatif	84	45%	IC95% [38 - 52.1]
Leur indépendance professionnelle	Effet négatif	80	43%	IC95% [35.9 - 50]
La protection du secret médical	Effet négatif	63	34%	IC95% [27.3 - 40.7]

**Tableau 5 : Nombre d'items pour chaque nature de réponse majoritaire par domaine exploré**

Nature de la réponse majoritaire par item	La relation médecin-malade	La démarche décisionnelle des généralistes	La prise en charge au long cours	Les conditions d'exercice des généralistes	TOTAL
"Effet négatif"	4 items	1 items	1 item	1 items	7 items
"Aucun effet"	2 item	3 items	1 item	2 items	8 items
"Effet positif"	1 item	4 items	6 items	4 items	15 items

**a) La relation médecin malade**

Sur 7 items, ce domaine comportait 4 items avec une majorité de réponses « effet négatif », 2 items avec une majorité de réponses « aucun effet » et 1 seul item avec une majorité de réponses « effet positif ». Il s'agissait du domaine comportant le plus d'items recueillant une majorité de réponses « effet négatif ». Il s'agissait également de celui comportant le moins d'items recueillant une majorité de réponses « effet positif ». Il comportait les 3 items recueillant le nombre de réponses « effet négatif » le plus élevé parmi tous les domaines explorés.

**b) La démarche décisionnelle des généralistes**

Sur 8 items, ce domaine comportait 4 items avec une majorité de réponses « effet positif », 3 items avec une majorité de réponses « aucun effet » et 1 seul item avec une majorité de réponses « effet négatif ». Il s'agissait du domaine comportant le plus d'items recueillant une majorité de réponses « aucun effet ». Il comportait les 3 items recueillant le nombre de réponses « effet positif » le plus élevé parmi tous les domaines explorés.

**c) La prise en charge au long cours par les généralistes**

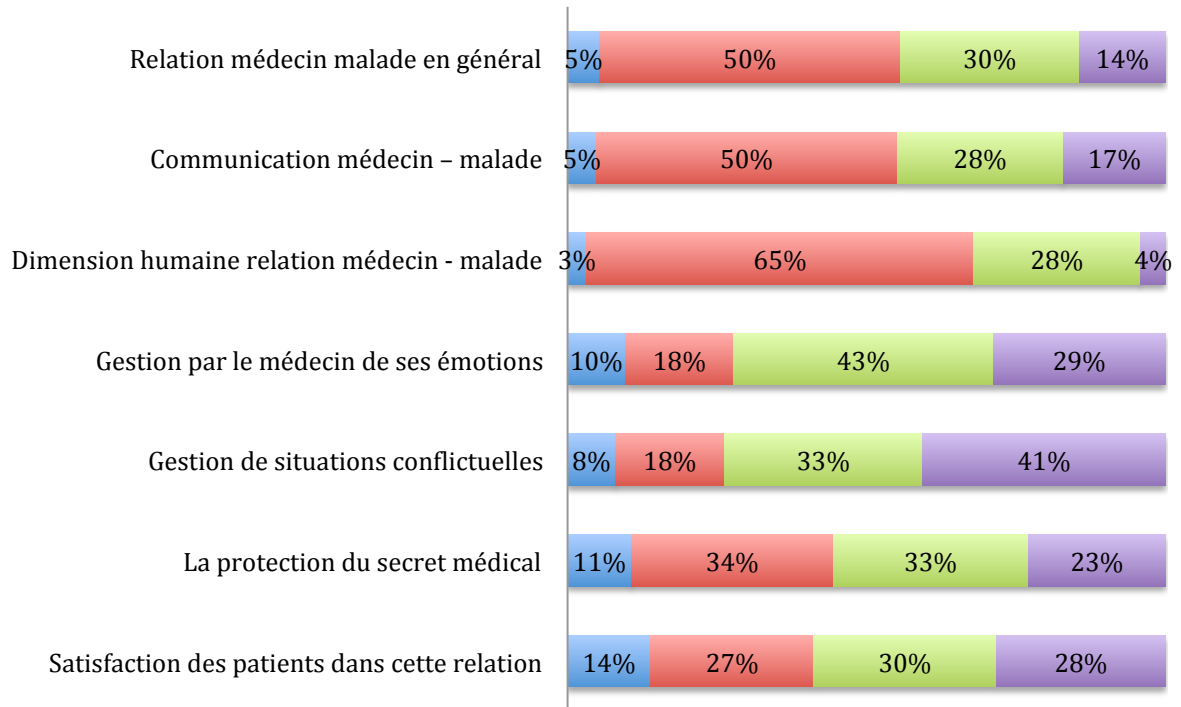
Sur 8 items, ce domaine comportait 6 items avec une majorité de réponses « effet positif », 1 item avec une majorité de réponses « aucun effet » et 1 item avec une majorité de réponse « effet négatif ». Il s'agissait du domaine comportant le moins d'items recueillant une majorité de réponses « aucun effet ». Il s'agissait de celui comportant le plus d'items recueillant une majorité de réponses « effet positif ».

**d) Les conditions d'exercice des généralistes**

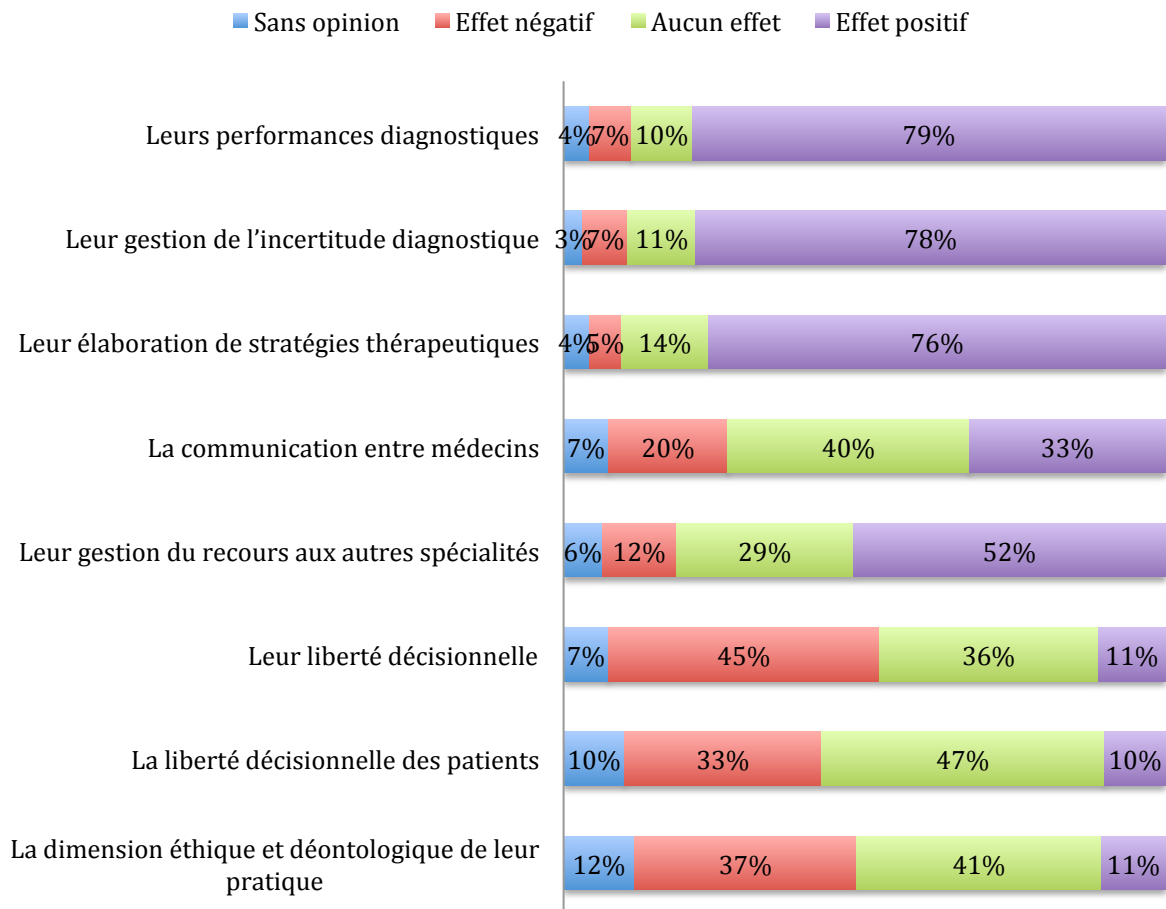
Sur 7 items, ce domaine comportait 4 items avec une majorité de réponses « effet positif », 2 items avec une majorité de réponses « aucun effet » et 1 item avec une majorité de réponses « effet négatif ». Il s'agissait du domaine comportant l'item recueillant le nombre de réponses « aucun effet » le plus élevé parmi tous les domaines explorés.

## LA RELATION MEDECIN - MALADE

■ Sans opinion ■ Effet négatif ■ Aucun effet ■ Effet positif

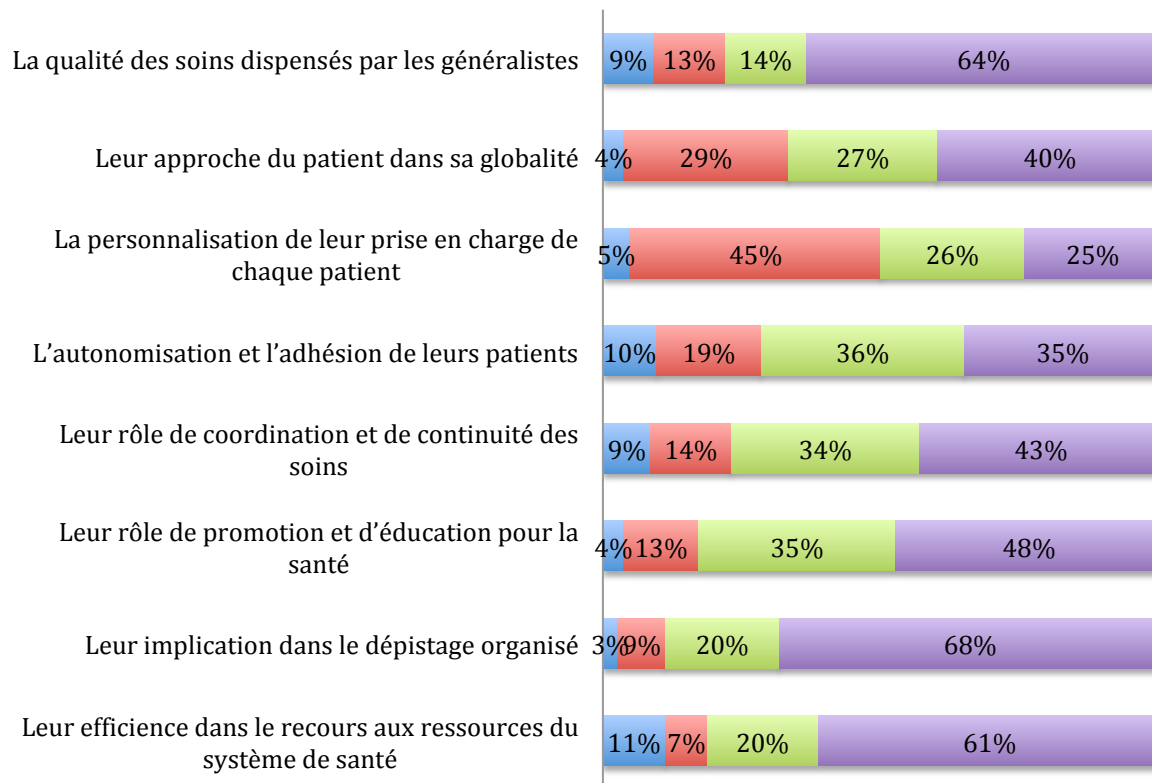


## LA DEMARCHE DECISIONNELLE DES GENERALISTES



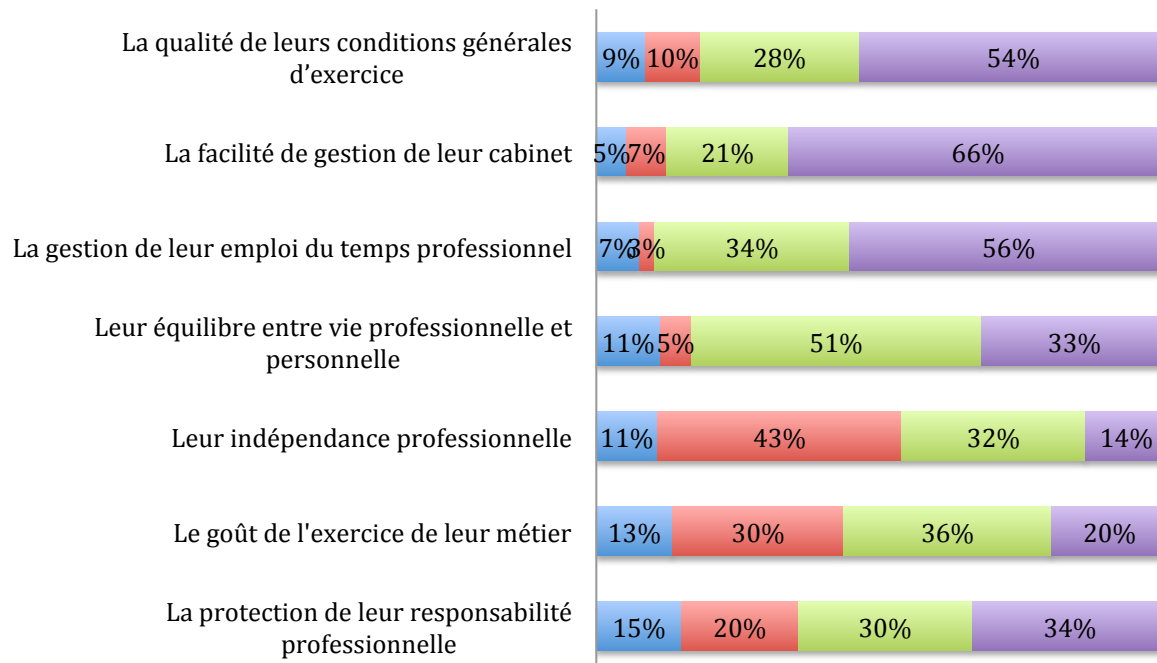
## LA PRISE EN CHARGE AU LONG COURS

■ Sans opinion ■ Effet négatif ■ Aucun effet ■ Effet positif



## LES CONDITIONS D'EXERCICE DES GENERALISTES

■ Sans opinion   
 ■ Effet négatif   
 ■ Aucun effet   
 ■ Effet positif

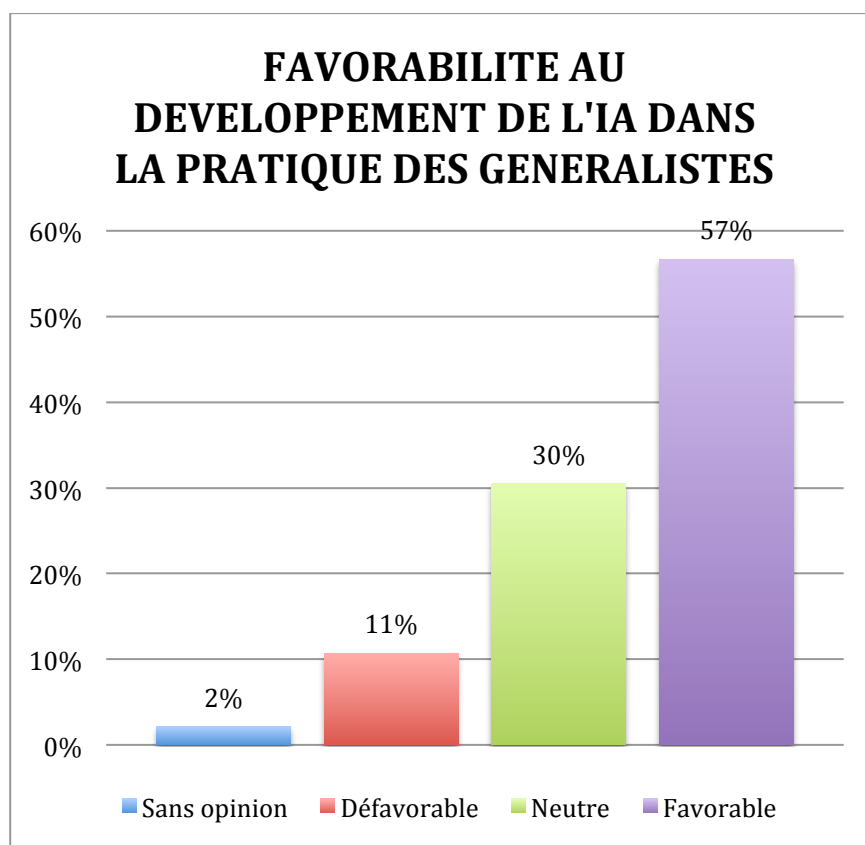




#### 4. Données sur la favorabilité au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la favorabilité des médecins généralistes au développement de la technologie de l'IA dans la pratique de la médecine générale. Nous avons observé qu'une majorité des médecins généralistes de notre échantillon y était favorable.

Sur les 187 médecins généralistes inclus dans notre étude, 106 étaient favorables à ce développement (soit 57%; intervalle de confiance à 95% [49.4– 63.6]) ; 20 y étaient défavorables (soit 11% ; intervalle de confiance à 95% [7 – 15.9]) ; 57 étaient neutres (soit 30% ; intervalle de confiance à 95% [24.3 – 37.4]) ; 4 n'avaient pas d'avis sur la question (soit 2% ; intervalle de confiance à 95% [0.8 – 5.4]).



## **B. Analyse comparative selon la favorabilité des médecins au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale**

Dans un second temps, nous avons étudié les facteurs influençant la favorabilité des médecins généralistes au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale. Afin de réaliser les tests statistiques permettant de déterminer ces facteurs, nous avons déterminé deux groupes. Le premier groupe que nous avons nommé « **MG F+** » était constitué des médecins de l'échantillon ayant donné une réponse « favorable » au développement de l'IA. Le second groupe nommé « **MG F-** » était composé des médecins de l'échantillon ayant donné une autre réponse que « favorable » à cette question (« sans opinion », « défavorable », « neutre »). Les données sociodémographiques de ces deux groupes étaient comparées dans le tableau 6. Les données de ces deux groupes concernant l'appréhension des réactions des patients, les connaissances et l'usage de l'IA étaient comparées dans le tableau 7.

### **1. Facteurs influençant parmi les données générales de l'échantillon**

Nous n'avons pas observé de différence statistiquement significative entre les deux groupes « **MG F+** » et « **MG F-** » en fonction des données générales de l'échantillon sur le sexe, l'âge, les années d'activité, le mode d'exercice, le milieu d'exercice, l'activité et l'aisance en informatique et l'informatisation.

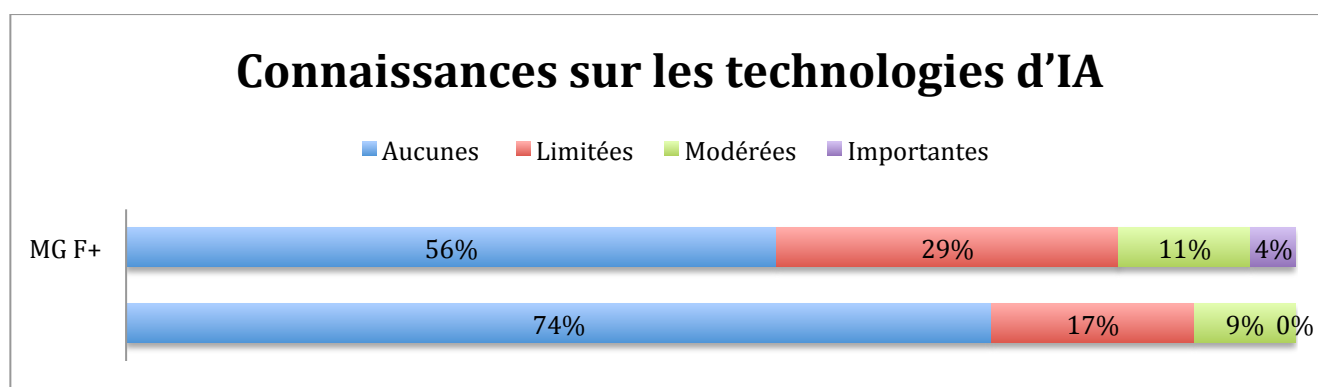
**Tableau 6 : Comparaison des données sociodémographiques de l'échantillon**

Caractéristiques		MG F+ (N 106)		MG F- (N 81)		P - value
<b>Sexe</b>						
	Femme	59	56%	54	67%	0,1346
	Homme	47	44%	27	33%	
<b>Age</b>						
	≤ 24	0	0%	0	0%	0,1203
	25 - 34	80	75%	67	83%	
	35 - 44	10	9%	7	9%	
	45 - 54	8	8%	1	1%	
	55 - 64	8	8%	4	5%	
	≥ 65	0	0%	2	2%	
<b>Années d'exercice</b>						
	≤ 4	85	80%	68	84%	0,2797
	5 _ 9	4	4%	5	6%	
	10 _ 19	6	6%	1	1%	
	20 _ 29	6	6%	3	4%	
	30 _ 39	5	5%	2	2%	
	≥ 40	0	0%	2	2%	
<b>Mode d'exercice professionnel</b>						
	Remplacement	52	49%	32	40%	0,3625
	Seul	9	8%	8	10%	
	En groupe de libéraux	31	29%	33	41%	
	En maison de santé pluridisciplinaire	14	13%	8	10%	
<b>Milieu d'exercice professionnel</b>						
	Rural	10	9%	5	6%	0,8736
	Semi-rural	33	31%	28	35%	
	Urbain	48	45%	37	46%	
	Mixte	15	14%	11	14%	
<b>Activité</b>						
	≤39	16	15%	3	4%	0,05445
	40 - 79	24	23%	18	22%	
	80 - 99	21	20%	25	31%	
	100 - 119	22	21%	23	28%	
	120 - 139	10	9%	8	10%	
	140 - 159	5	5%	2	2%	
	≥ 160	8	8%	2	2%	
<b>Aisance en informatique</b>						
	Pas du tout à l'aise	1	1%	1	1%	0,0966
	Peu à l'aise	20	19%	20	25%	
	A l'aise	69	65%	56	69%	
	Très à l'aise	16	15%	4	5%	
<b>Informatisation du cabinet</b>						
	Oui	64	60%	50	62%	0,2962
	Non	0	0%	2	2%	
	Selon remplacement	42	40%	29	36%	

## 2. Facteurs influençant parmi l'appréhension des réactions des patients, les connaissances et l'usage de l'IA.

### a) Connaissances sur les technologies d'IA

Nous avons observé une association statistiquement significative entre les connaissances des médecins sur les technologies d'IA et leur favorabilité audit développement, avec un  $p = 0,03334$ .

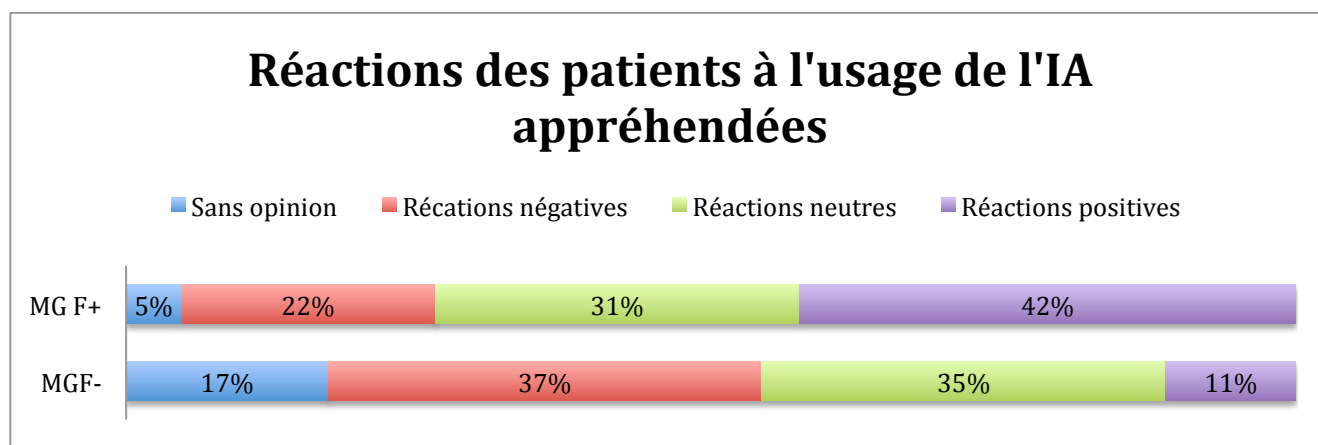


### b) Utilisation de technologies d'IA en pratique professionnelle

Nous n'avons pas observé d'association statistiquement significative entre l'usage des technologies d'IA et la favorabilité audit développement.

### c) Appréhension de la réaction des patients face à l'usage de l'IA

Nous avons observé une différence statistiquement significative entre les deux groupes en fonction de la nature de la réaction que les médecins appréhendaient de la part des patients face à l'usage de l'IA, avec  $p = 3,08E-06$ .



**Tableau 7 : Comparaison des données sur l’appréhension des réactions des patients, les connaissances et l’usage de l’IA.**

Caractéristiques		MG F+ (N 106)		MG F- (N 81)		P - value
<b>Connaissances des technologies d'IA</b>						
	Aucunes	59	56%	60	74%	<b>0,03334</b>
	Limitées	31	29%	14	17%	
	Modérées	12	11%	7	9%	
	Importantes	4	4%	0	0%	
<b>Utilisation d'IA en pratique professionnelle</b>						
	Oui	40	38%	22	27%	0,1585
	Non	66	62%	59	73%	
<b>Appréhension des réactions des patients face à l'IA</b>						
	Sans opinion	5	5%	14	17%	<b>3,08E-06</b>
	Réactions négatives	23	22%	30	37%	
	Réactions neutres	33	31%	28	35%	
	Réactions positives	45	42%	9	11%	

### **3. Facteurs influençant parmi les opinions des médecins sur l’influence de l’IA dans différents domaines de la pratique de la médecine générale**

La comparaison entre les deux groupes « MG F+ » et « MG F - » en fonction de l’opinion des médecins concernant l’influence de l’IA sur la pratique de la médecine générale, était détaillée dans les tableaux 8, 9, 10 et 11.

Nous avons observé une association statistiquement significative entre la favorabilité des médecins audit développement et leurs opinions concernant l’influence de l’IA sur l’ensemble des items explorés de la pratique de la médecine générale, à l’exception de deux items. Ces deux items étaient « la gestion par le praticien des ses émotions » et « leur indépendance professionnelle ».

#### ***a) Le groupe des médecins « favorables » au développement de l’IA (MG F+)***

Les médecins favorables au développement de l’IA étaient une majorité à penser qu’elle aurait un **effet positif** sur les items suivants :

- La gestion de situations conflictuelles
- La satisfaction des patients dans cette relation
- Leurs performances diagnostiques
- Leur gestion de l’incertitude diagnostique

- Leur élaboration de stratégies thérapeutiques
- La communication entre médecins
- Leur gestion du recours aux autres spécialités
- La qualité des soins dispensés par les généralistes
- Leur approche du patient dans sa globalité
- La personnalisation de leur prise en charge de chaque patient
- L'autonomisation et l'adhésion de leurs patients
- Leur rôle de coordination et de continuité des soins
- Leur rôle de promotion et d'éducation pour la santé
- Leur implication dans le dépistage organisé
- Leur efficacité dans le recours aux ressources du système de santé
- La qualité de leurs conditions générales d'exercice
- La facilité de gestion de leur cabinet
- La gestion de leur emploi du temps professionnel
- La protection de leur responsabilité professionnelle

Les médecins favorables au développement de l'IA étaient une majorité à penser qu'elle aurait un **effet négatif** sur les items suivants :

- La dimension humaine de la relation médecin - malade
- Leur indépendance professionnelle

Les médecins favorables au développement de l'IA étaient une majorité à penser qu'elle n'aurait **aucun effet** sur les items suivants :

- La relation médecin malade en général
- La communication médecin – malade
- La gestion par le médecin de ses émotions
- La protection du secret médical
- Leur liberté décisionnelle
- La liberté décisionnelle des patients
- La dimension éthique et déontologique de leur pratique
- Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle
- Le goût de l'exercice de leur métier

***b) Le groupe des médecins « non favorables » au développement de l'IA (MG F-)***

Les médecins qui n'étaient pas favorables au développement de l'IA étaient une majorité à penser qu'elle aurait un **effet positif** sur les items suivants :

- Leurs performances diagnostiques
- Leur gestion de l'incertitude diagnostique
- Leur élaboration de stratégies thérapeutiques
- La qualité des soins dispensés par les généralistes
- Leur implication dans le dépistage organisé
- Leur efficacité dans le recours aux ressources du système de santé
- La facilité de gestion de leur cabinet
- La gestion de leur emploi du temps professionnel

Les médecins qui n'étaient pas favorables au développement de l'IA étaient une majorité à penser qu'elle aurait un **effet négatif** sur les items suivants :

- La relation médecin malade en général
- La communication médecin – malade
- La dimension humaine de la relation médecin - malade
- La protection du secret médical
- La satisfaction des patients dans cette relation
- Leur liberté décisionnelle
- La liberté décisionnelle des patients
- La dimension éthique et déontologique de leur pratique
- Leur approche du patient dans sa globalité
- La personnalisation de leur prise en charge de chaque patient
- Leur indépendance professionnelle
- Le goût de l'exercice de leur métier
- La protection de leur responsabilité professionnelle

Les médecins qui n'étaient pas favorables au développement de l'IA étaient une majorité à penser qu'elle n'aurait **aucun effet** sur les items suivants :

- La gestion par le médecin de ses émotions

- La gestion de situations conflictuelles
- La communication entre médecins
- Leur gestion du recours aux autres spécialités
- L'autonomisation et l'adhésion de leurs patients
- Leur rôle de coordination et de continuité des soins
- Leur rôle de promotion et d'éducation pour la santé
- La qualité de leurs conditions générales d'exercice
- Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle

*c) Réponses majoritaires communes aux deux groupes de médecins « favorables » (MG F+) et « non favorables » (MGF-) au développement de l'IA.*

Pour les deux groupes de médecins « favorables » (MG F+) et « non favorables » (MG F-) au développement de l'IA, la nature de la réponse majoritaire quant à l'influence potentielle de l'IA sur certains items de la pratique de la médecine générale était identique.

Dans les deux groupes, les médecins étaient une majorité à penser que l'IA aurait un **effet positif** sur les items suivants :

- Leurs performances diagnostiques
- Leur gestion de l'incertitude diagnostique
- Leur élaboration de stratégies thérapeutiques
- La qualité des soins dispensés par les généralistes
- Leur implication dans le dépistage organisé
- Leur efficacité dans le recours aux ressources du système de santé
- La facilité de gestion de leur cabinet
- La gestion de leur emploi du temps professionnel

Dans les deux groupes, les médecins étaient une majorité à penser que l'IA aurait un **effet négatif** sur les items suivants :

- La dimension humaine de la relation médecin - malade
- Leur indépendance professionnelle



Dans les deux groupes, les médecins étaient une majorité à penser que l'IA n'aurait **aucun effet** sur les items suivants :

- La gestion par le médecin de ses émotions
- Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle

**Tableau 8 : Contingence dans le domaine de la relation médecin malade**

Caractéristiques		MG F+ (N 106)		MG F- (N 81)		P - value
<b>Relation médecin malade en général</b>						
	Sans opinion	4	4%	6	7%	<b>1,22E-06</b>
	Effet négatif	37	35%	57	70%	
	Aucun effet	43	41%	13	16%	
	Effet positif	22	21%	5	6%	
<b>Communication médecin – malade</b>						
	Sans opinion	3	3%	6	7%	<b>1,42E-08</b>
	Effet négatif	35	33%	59	73%	
	Aucun effet	41	39%	11	14%	
	Effet positif	27	25%	5	6%	
<b>Dimension humaine relation médecin - malade</b>						
	Sans opinion	3	3%	3	4%	<b>2,19E-09</b>
	Effet négatif	50	47%	71	88%	
	Aucun effet	45	42%	7	9%	
	Effet positif	8	8%	0	0%	
<b>Gestion par le médecin de ses émotions</b>						
	Sans opinion	11	10%	7	9%	0,1989
	Effet négatif	15	14%	19	23%	
	Aucun effet	44	42%	37	46%	
	Effet positif	36	34%	18	22%	
<b>Gestion de situations conflictuelles</b>						
	Sans opinion	8	8%	7	9%	<b>0,0008118</b>
	Effet négatif	13	12%	21	26%	
	Aucun effet	29	27%	33	41%	
	Effet positif	56	53%	20	25%	
<b>Protection du secret médical</b>						
	Sans opinion	10	9%	10	12%	<b>0,003608</b>
	Effet négatif	25	24%	38	47%	
	Aucun effet	41	39%	20	25%	
	Effet positif	30	28%	13	16%	
<b>Satisfaction des patients dans cette relation</b>						
	Sans opinion	13	12%	13	16%	<b>3,81E-06</b>
	Effet négatif	16	15%	35	43%	
	Aucun effet	34	32%	23	28%	
	Effet positif	43	41%	10	12%	

**Tableau 9 : Contingence dans le domaine de la démarche décisionnelle des généralistes**

Caractéristiques		MG F+ (N 106)		MG F- (N 81)		P - value
<b>Leurs performances diagnostiques</b>						
	Sans opinion	1	1%	7	9%	<b>0,0002144</b>
	Effet négatif	4	4%	9	11%	
	Aucun effet	6	6%	13	16%	
	Effet positif	95	90%	52	64%	
<b>Leur gestion de l'incertitude diagnostique</b>						
	Sans opinion	0	0%	6	7%	<b>0,0003305</b>
	Effet négatif	3	3%	11	14%	
	Aucun effet	11	10%	10	12%	
	Effet positif	92	87%	54	67%	
<b>Leur élaboration de stratégies thérapeutiques</b>						
	Sans opinion	1	1%	7	9%	<b>0,000215</b>
	Effet négatif	2	2%	8	10%	
	Aucun effet	11	10%	16	20%	
	Effet positif	92	87%	50	62%	
<b>La communication entre médecins</b>						
	Sans opinion	4	4%	10	12%	<b>0,002795</b>
	Effet négatif	17	16%	20	25%	
	Aucun effet	40	38%	35	43%	
	Effet positif	45	42%	16	20%	
<b>Leur gestion du recours aux autres spécialités</b>						
	Sans opinion	2	2%	10	12%	<b>4,18E-07</b>
	Effet négatif	8	8%	15	19%	
	Aucun effet	23	22%	32	40%	
	Effet positif	73	69%	24	30%	
<b>Leur liberté décisionnelle</b>						
	Sans opinion	5	5%	9	11%	<b>0,001369</b>
	Effet négatif	38	36%	46	57%	
	Aucun effet	46	43%	22	27%	
	Effet positif	17	16%	4	5%	
<b>La liberté décisionnelle des patients</b>						
	Sans opinion	8	8%	11	14%	<b>7,34E-07</b>
	Effet négatif	21	20%	40	49%	
	Aucun effet	59	56%	29	36%	
	Effet positif	18	17%	1	1%	
<b>La dimension éthique et déontologique de leur pratique</b>						
	Sans opinion	11	10%	11	14%	<b>4,30E-05</b>
	Effet négatif	25	24%	44	54%	
	Aucun effet	55	52%	21	26%	
	Effet positif	15	14%	5	6%	

**Tableau 10 : Contingence dans le domaine de la prise en charge au long cours par les généralistes**

Caractéristiques		MG F+ (N 106)		MG F- (N 81)		P - value
<b>La qualité des soins dispensés par les généralistes</b>						
	Sans opinion	4	4%	13	16%	<b>3,44E-08</b>
	Effet négatif	7	7%	17	21%	
	Aucun effet	8	8%	19	23%	
	Effet positif	87	82%	32	40%	
<b>Leur approche du patient dans sa globalité</b>						
	Sans opinion	3	3%	4	5%	<b>0,0004627</b>
	Effet négatif	20	19%	35	43%	
	Aucun effet	29	27%	21	26%	
	Effet positif	54	51%	21	26%	
<b>La personnalisation de leur prise en charge de chaque patient</b>						
	Sans opinion	5	5%	4	5%	<b>3,11E-05</b>
	Effet négatif	33	31%	51	63%	
	Aucun effet	31	29%	17	21%	
	Effet positif	37	35%	9	11%	
<b>L'autonomisation et l'adhésion de leurs patients</b>						
	Sans opinion	8	8%	10	12%	<b>0,00147</b>
	Effet négatif	12	11%	23	28%	
	Aucun effet	38	36%	30	37%	
	Effet positif	48	45%	18	22%	
<b>Leur rôle de coordination et de continuité des soins</b>						
	Sans opinion	5	5%	11	14%	<b>2,11E-07</b>
	Effet négatif	4	4%	23	28%	
	Aucun effet	38	36%	25	31%	
	Effet positif	59	56%	22	27%	
<b>Leur rôle de promotion et d'éducation pour la santé</b>						
	Sans opinion	2	2%	5	6%	<b>9,30E-05</b>
	Effet négatif	7	7%	18	22%	
	Aucun effet	33	31%	33	41%	
	Effet positif	64	60%	25	31%	
<b>Leur implication dans le dépistage organisé</b>						
	Sans opinion	0	0%	5	6%	<b>8,72E-05</b>
	Effet négatif	4	4%	12	15%	
	Aucun effet	17	16%	21	26%	
	Effet positif	85	80%	43	53%	
<b>Leur efficience dans le recours aux ressources du système de santé</b>						
	Sans opinion	7	7%	14	17%	<b>1,45E-05</b>
	Effet négatif	3	3%	11	14%	
	Aucun effet	15	14%	22	27%	
	Effet positif	81	76%	34	42%	

**Tableau 11 : Contingence dans le domaine des conditions d'exercice des généralistes**

Caractéristiques		MG F+ (N 106)		MG F- (N 81)		P - value
<b>La qualité de leurs conditions générales d'exercice</b>						
	Sans opinion	4	4%	12	15%	<b>7,39E-09</b>
	Effet négatif	3	3%	15	19%	
	Aucun effet	22	21%	30	37%	
	Effet positif	77	73%	24	30%	
<b>La facilité de gestion de leur cabinet</b>						
	Sans opinion	4	4%	6	7%	<b>6,66E-06</b>
	Effet négatif	0	0%	13	16%	
	Aucun effet	20	19%	20	25%	
	Effet positif	82	77%	42	52%	
<b>La gestion de leur emploi du temps professionnel</b>						
	Sans opinion	5	5%	9	11%	<b>0,001968</b>
	Effet négatif	0	0%	5	6%	
	Aucun effet	32	30%	32	40%	
	Effet positif	69	65%	35	43%	
<b>Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle</b>						
	Sans opinion	9	8%	12	15%	<b>0,01258</b>
	Effet négatif	2	2%	8	10%	
	Aucun effet	53	50%	42	52%	
	Effet positif	42	40%	19	23%	
<b>Leur indépendance professionnelle</b>						
	Sans opinion	11	10%	9	11%	0,08155
	Effet négatif	38	36%	42	52%	
	Aucun effet	37	35%	23	28%	
	Effet positif	20	19%	7	9%	
<b>Le goût de l'exercice de leur métier</b>						
	Sans opinion	9	8%	16	20%	<b>2,15E-11</b>
	Effet négatif	16	15%	40	49%	
	Aucun effet	45	42%	23	28%	
	Effet positif	36	34%	2	2%	
<b>La protection de leur responsabilité professionnelle</b>						
	Sans opinion	11	10%	17	21%	<b>0,005251</b>
	Effet négatif	15	14%	23	28%	
	Aucun effet	36	34%	21	26%	
	Effet positif	44	42%	20	25%	

## IV. DISCUSSION

### A. Synthèse et interprétation des résultats

Notre échantillon était majoritairement composé de médecins remplaçants exerçant en milieu urbain et semi-rural. La très grande majorité (79%) était âgée de moins de 35 ans. Le sex-ratio était de 1.5 avec une majorité de femmes. L'année médiane de thèse et d'installation était 2017. Le nombre médian d'années d'exercice était de 2 ans. Leur activité était principalement comprise entre 40 et 119 consultations par semaine.

Leur niveau d'aisance en informatique était relativement élevé. La quasi-totalité des médecins installés de l'échantillon exerçait dans un cabinet informatisé. Une large majorité n'avait aucune connaissance concernant les technologies d'IA. Seule une minorité avait déjà utilisé une technologie d'IA dans la pratique. Des proportions comparables de médecins appréhendaient des réactions négatives, neutres ou positives, de la part des patients face à l'usage de l'IA.

Concernant les opinions des médecins quant à l'influence potentielle de l'IA sur la pratique de la médecine générale, les items suscitant majoritairement l'espoir d'une influence positive étaient les plus nombreux (15 items). Ceux pour lesquels les médecins pensaient majoritairement que l'IA n'aurait aucun effet étaient en second rang (8 items). En dernier lieu, les items suscitant majoritairement la crainte d'une influence négative, étaient les moins nombreux (7 items).

« Leurs performances diagnostiques », « leur gestion de l'incertitude diagnostique », « leur élaboration de stratégies thérapeutiques », étaient les trois items pour lesquels les médecins étaient les plus nombreux à penser que l'IA aurait une influence positive. « La dimension humaine de la relation médecin – malade », « la relation médecin malade en général », « la communication médecin – malade » étaient ceux pour lesquels ils étaient les plus nombreux à penser que l'IA aurait une influence négative. « Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle », « la liberté décisionnelle des patients », « la gestion par le médecin de ses émotions », étaient ceux pour lesquels ils étaient les plus nombreux à penser que l'IA n'aurait aucune influence.

Par ailleurs, concernant les domaines de la pratique de la médecine générale explorés, le domaine de « **la relation médecin - malade** » était principalement générateur de craintes d'une influence négative. Il s'agissait du domaine suscitant les craintes les plus nombreuses et les plus marquées. Le domaine de « **la démarche décisionnelle** » apparaissait comme relativement clivant, générant à la fois des espoirs forts d'une influence positive pour certains items mais également une absence d'attente et des craintes d'une influence négative pour d'autres items. Il s'agissait du domaine suscitant les espoirs les plus marqués. Le domaine de « **la prise en charge au long cours** » était principalement générateur d'espoirs d'une influence positive. Il s'agissait du domaine suscitant les espoirs les plus nombreux. Le domaine des « **conditions d'exercice des généralistes** » était le plus partagé. Il s'agissait du domaine comportant l'item recueillant le nombre de réponses « aucun effet » le plus élevé. Les items suscitant principalement l'espoir d'une influence positive étaient majoritaires dans ce domaine. Même s'il était partagé, ce domaine était moins clivant que celui de « la démarche décisionnelle », avec des majorités moins marquées pour chaque item.

Malgré cette ambivalence entre espoirs et craintes d'une influence positive ou négative de l'IA sur la pratique de la médecine générale, une majorité des médecins de notre échantillon était favorable au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale.

L'âge, le sexe, l'année de thèse, le mode et le milieu d'exercice, l'activité, l'usage de l'IA, ne semblaient pas influencer la favorabilité des médecins audit développement. Nous n'avions pas non plus observé d'influence de l'aisance en informatique et de l'informatisation du cabinet.

La connaissance des médecins sur les technologies d'IA et leur appréhension quant à la nature de la réaction des patients face à l'usage de l'IA, étaient deux facteurs semblant influencer leur favorabilité audit développement.

Les opinions des médecins concernant l'influence de l'IA sur l'ensemble des items des quatre domaines de la pratique de la médecine générale explorés, semblaient influencer sur leur favorabilité audit développement, à l'exception de deux items. Ces deux items étaient « la gestion par le praticien des ses émotions » et « leur indépendance professionnelle ».

Pour le domaine de « **la relation médecin – malade** », l'opinion des médecins concernant l'influence de l'IA sur la relation médecin malade en général, sur la communication médecin – malade, sur la dimension humaine de la relation médecin – malade, sur la gestion de situations conflictuelles, sur la protection du secret médical et sur la satisfaction des patients dans cette relation, semblait influencer sur leur favorabilité.

Pour le domaine de « **la démarche décisionnelle des généralistes** », l'opinion des médecins concernant l'influence de l'IA sur leurs performances diagnostiques, sur leur gestion de l'incertitude diagnostique, sur leur élaboration de stratégies thérapeutiques, sur la communication entre médecins, sur leur gestion du recours aux autres spécialités, sur leur liberté décisionnelle, sur la liberté décisionnelle des patients et sur la dimension éthique et déontologique de leur pratique, semblait influencer sur leur favorabilité.

Pour le domaine de « **la prise en charge au long cours par les généralistes** », l'opinion des médecins concernant l'influence de l'IA sur la qualité des soins dispensés par les généralistes, sur leur approche du patient dans sa globalité, sur la personnalisation de leur prise en charge de chaque patient, sur l'autonomisation et l'adhésion de leurs patients, sur leur rôle de coordination et de continuité des soins, sur leur rôle de promotion et d'éducation pour la santé, sur leur implication dans le dépistage organisé et sur leur efficience dans le recours aux ressources du système de santé, semblait influencer sur leur favorabilité.

Pour le domaine des « **conditions d'exercice des généralistes** », l'opinion des médecins concernant l'influence de l'IA sur la qualité de leurs conditions générales d'exercice, sur la facilité de gestion de leur cabinet, sur la gestion de leur emploi du temps professionnel, sur leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle, sur le goût de l'exercice de leur métier et sur la protection de leur responsabilité professionnelle, semblait influencer sur leur favorabilité.



## **B. Forces et limites de l'étude**

### **1. Forces de l'étude**

L'intérêt principal de notre étude résidait dans le thème exploré. Il s'agissait d'un travail original sur un sujet porteur. Le sujet de l'intelligence artificielle faisait l'objet de nombreux effets d'annonce mais était très peu exploré dans le domaine de la médecine générale.

Au sujet de l'analyse descriptive, la partie du questionnaire explorant l'opinion des médecins concernant l'influence potentielle de l'IA sur la pratique de la médecine générale avait permis de dégager des tendances fortes. De plus, cette partie du questionnaire n'avait recueilli que très peu de réponses « sans opinion ». Cela dénotait un intérêt certain des médecins pour le sujet.

Egalement au sujet de l'analyse descriptive, les réponses à la question portant sur le critère de jugement principal avaient permis de mettre en avant une nette majorité en faveur du développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale.

Concernant la partie comparative de l'analyse, de nombreuses associations statistiquement significatives avaient été observées, et ce dans tous les domaines explorés de la pratique de la médecine générale.

### **2. Limites de l'étude**

L'une des limites de l'étude était le manque de représentativité de l'échantillon de la population d'étude. Cette limite portait notamment sur l'âge et sur le mode d'exercice. En effet, 79% des médecins de notre échantillon étaient âgés de moins de 35 ans et 45% étaient des remplaçants. Cela pouvait s'expliquer par un biais de sélection avec un mode de diffusion du questionnaire qui touchait une proportion élevée de remplaçants. Les médecins ayant une activité de remplacement étant en règle générale plus jeunes que la moyenne des médecins généralistes. Nous pouvions également supposer qu'il existait un intérêt plus grand pour ce sujet chez les individus jeunes.

Une autre limite de notre étude était le taux de réponse obtenu relativement limité. Nous recensons 216 questionnaires remplis sur les 1915 sollicitations, ce qui représentait un

**taux de réponse de 11.3%.** Cela pouvait probablement s'expliquer par le mode de diffusion du questionnaire, soit par des e-mails adressés directement aux médecins, soit par des sollicitations indirectes via des plates-formes (« Pages jaunes », « Linkedin », sites d'annonce de remplacement médical), soit par la présence d'un lien sur la rubrique dédiée aux thèses du site internet du CDOM des Bouches-du-Rhône. Si nous avions considéré l'ensemble de la population cible avec 6305 médecins généralistes ayant une activité libérale en région PACA, **le taux de réponse** aurait été d'environ **3%**.

Un biais de recrutement avait été observé car la seule possibilité de participer à l'étude était de répondre à un questionnaire informatisé. Cela avait pu expliquer que la quasi-totalité des médecins installés était informatisée. Ce biais pouvait avoir empêché l'observation d'une influence de l'informatisation du cabinet sur la favorabilité des médecins au développement de l'IA.

Ce même biais de recrutement pouvait également avoir influencé le niveau d'aisance en informatique observé des sujets inclus qui était relativement élevé. Il pouvait donc avoir empêché l'observation d'une influence du niveau d'aisance en informatique sur la favorabilité des médecins audit développement.

Le questionnaire était auto-administré. Cette méthode était susceptible d'avoir entraîné des biais de déclaration.

De même, un biais de volontarisme était présent dans cette étude, car les médecins qui avaient consacré du temps pour répondre au questionnaire étaient nécessairement plus intéressés par le sujet et par conséquent plus facilement en faveur du développement de l'IA.

Par ailleurs, il s'agissait d'une étude descriptive, ce qui n'était pas représentatif mais informatif sur la favorabilité des médecins généralistes au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale.

L'étude se limitait aux médecins généralistes. Or, tous les professionnels de santé étaient potentiellement concernés par ce sujet. Nous aurions pu imaginer élargir l'étude à l'ensemble des spécialités.

Nous manquions également de point de comparaison suffisamment fort dans la littérature. Nous n'avions retrouvé qu'un seul exemple dans la littérature pouvant servir de mise en perspective de notre étude. Cet exemple était cité par la suite. Certains résultats de notre étude pouvaient être confortés par cet exemple. Cependant un seul exemple n'était pas suffisant pour juger de la validité de notre étude. Nous n'avions malheureusement pas trouvé d'autre étude pouvant être comparée avec la nôtre.

### **C. Comparaison avec la littérature**

Il existait une grande variété de travaux concernant l'IA dans le domaine de la santé. Cependant, nous n'avions pas retrouvé de travaux spécifiques au domaine de la médecine générale. En revanche, des études d'opinion sur le sujet de l'IA avaient été réalisées sur la population générale française, notamment un sondage IFOP réalisé en novembre 2018 (46). Les résultats de notre étude pouvaient être mis en perspective avec certains résultats de ce sondage.

Dans notre étude, 29% des médecins appréhendaient des réactions positives de la part des patients en cas d'usage d'IA, 28% appréhendaient des réactions négatives, et 33% appréhendaient des réactions neutres. Dans le sondage IFOP, 73% des français avaient une bonne image de l'IA et 63% avaient confiance dans l'IA. Dans ce même sondage, 46% des français ayant entendu parler de l'IA, en entendaient parler « ni en bien, ni en mal » et 37% en entendaient parler « plutôt en bien ». Au vu de ces données, nous avons constaté que les médecins de notre étude sous-estimaient les réactions positives des patients face à l'usage de l'IA en santé.

Dans notre étude, 57% des médecins étaient favorables au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale, 30% y étaient neutres, 11% y étaient défavorables et 2% n'avaient pas d'opinion. Dans le sondage IFOP, concernant le domaine de la santé, 58% des français pensaient que l'IA aurait dans les prochaines années des conséquences « plutôt positives », 27% pensaient qu'elle aurait des conséquences « plutôt négatives » et 16% pensaient qu'elle n'aurait « pas de conséquences ». Ces données nous avaient permis d'observer que la proportion des médecins de notre étude qui était favorable audit développement (57%), était comparable à la proportion de français qui estimait, dans le sondage, que l'IA aurait des conséquences positives dans le domaine de la santé (58%). En

revanche, nous avons observé que la proportion de médecins de notre étude qui étaient défavorables audit développement (11%), était plus faible que la proportion de français qui pensait que l'IA aurait des conséquences plutôt négatives dans le domaine de la santé (27%).

Nous observions également dans ce sondage que 79% des Français considéraient que l'IA jouerait un rôle important dans le quotidien des individus dans le domaine de la santé et 61% pensaient pouvoir y avoir recours eux-mêmes dans ce domaine. Au vu de ces données, en émettant l'hypothèse que les 61% des français qui envisageaient d'avoir recours à l'IA pour leur santé étaient favorables à son développement dans ce domaine, nous aurions pu considérer que cette proportion était comparable au 57% des médecins de notre échantillon qui étaient favorables audit développement.

La proportion des médecins de notre étude ayant déjà utilisé une technologie d'IA dans leur pratique professionnelle était supérieure à celle des français. En effet, dans notre étude, 33% des médecins avaient déjà utilisé une technologie d'IA dans leur pratique professionnelle. Dans le sondage IFOP, seul 14% des français déclaraient avoir déjà eu recours à des produits ou services faisant appel à de l'IA dans le cadre de vie professionnelle.

Dans le sondage IFOP, parmi une liste de qualificatifs négatifs soumis aux sondés concernant l'IA, le qualificatif « déshumanisant » était majoritaire avec 36% des français qui avaient choisi ce qualificatif. Cela était concordant avec notre étude où « **la dimension humaine de la relation médecin-malade** » était l'item pour lequel le plus grand nombre de médecins pensaient que l'IA aurait une influence négative (65%).

Dans notre étude, la proportion de médecins ayant déjà utilisé une technologie d'IA en pratique professionnelle était supérieure au sein du groupe « MG F+ » (38%) comparativement à cette même proportion au sein du groupe « MG F- » (27%). Cette différence n'était pas statistiquement significative mais dénotait tout de même une tendance. Cette tendance était concordante avec l'observation faite dans le sondage IFOP, où parmi les français les plus enthousiastes au développement de l'IA, les personnes qui travaillaient directement avec l'IA ou qui s'en servaient régulièrement étaient surreprésentées.

## V. CONCLUSION

Notre étude reflétait assez bien le constat suivant : le développement de l'IA dans le domaine de la santé, en particulier dans la pratique de la médecine générale, est générateur de craintes et d'espoirs chez les médecins généralistes. Malgré cette ambivalence, ils sont majoritairement favorables à ce développement.

Il s'agissait d'un travail original sur un sujet porteur encore peu exploré dans le domaine de la médecine générale. Celui-ci avait permis de mettre en avant qu'une majorité de médecins généralistes était en faveur du développement de l'IA dans leur pratique professionnelle. Il avait également permis de dégager des tendances fortes sur leurs craintes et leurs espoirs quant au développement de cette technologie.

Au regard des résultats du sondage IFOP réalisé en 2018 sur le sujet de l'IA (46), nous avons constaté que les médecins de notre étude sous-estimaient les réactions positives des patients face à l'usage de l'IA en santé. Cependant, la favorabilité de ces médecins au développement de l'IA dans la pratique de la médecine générale était comparable à la proportion de français ayant une opinion positive de l'IA dans ce sondage. Dans notre étude, nous avons observé une proportion de médecins ayant déjà utilisé une technologie d'IA dans leur pratique professionnelle supérieure à celle des français, au regard de ce même sondage.

Concernant l'influence potentielle de l'IA sur la pratique de la médecine générale, les opinions des médecins étaient ambivalentes. Cependant, la tendance principale qui se dégagait de notre étude était l'espoir d'une influence positive. En effet, parmi les items de la pratique de la médecine générale explorés, ceux pour lesquels les médecins pensaient en majorité que l'IA aurait une influence positive étaient les plus nombreux. Les items pour lesquels les médecins pensaient en majorité qu'elle n'aurait aucune influence étaient au second rang. Les items pour lesquels les médecins pensaient en majorité qu'elle aurait une influence négative étaient les moins nombreux.

En effet, parmi les items de la pratique de la médecine générale explorés, ceux pour lesquels les médecins pensaient en majorité que l'IA aurait une influence positive étaient plus nombreux que ceux pour lesquels ils pensaient en majorité qu'elle n'aurait aucune influence.

Ces derniers étaient eux même plus nombreux que ceux pour lesquels les médecins pensaient en majorité qu'elle aurait une influence négative.

Parmi les domaines de la pratique de la médecine générale explorés, le domaine de « **la relation médecin - malade** » était principalement générateur de craintes. Le domaine de « **la démarche décisionnelle** » apparaissait comme relativement clivant. Le domaine de « **la prise en charge au long cours** » était principalement générateur d'espoirs. Le domaine des « **conditions d'exercice des généralistes** » était le plus partagé.

La connaissance des médecins des technologies d'IA, ainsi que leur appréhension quant à la nature de la réaction des patients face à son usage en santé, semblaient influencer sur leur favorabilité à son développement. Les opinions des médecins concernant l'influence de l'IA sur la quasi-totalité des items des quatre domaines de la pratique de la médecine générale explorés semblaient influencer sur cette favorabilité.

En conclusion, afin de mettre le sujet de cette étude en perspective, il paraissait important de rappeler que le développement de l'IA dans le domaine de la santé aura nécessairement lieu. Nous ne sommes qu'au début de cette révolution qu'il ne faut ni craindre ni idéaliser. Ce seront bien les médecins qui décideront des réalisations à venir de l'IA en santé et de son mode de développement, à la condition qu'ils s'emparent réellement de ce sujet. L'intérêt certain de cette évolution technologique est qu'elle nous permet de nous poser une question fondamentale : « quelle médecine voulons-nous pour demain ? ».

## VI. REFERENCES

1. Benhamou S, Janin L. Intelligence artificielle et travail [Internet]. France Stratégie - Rapport à la ministre du Travail et au secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé du Numérique; 2018 mars [cité 23 avr 2018]. Disponible sur: <http://www.strategie.gouv.fr/publications/intelligence-artificielle-travail>
2. Villani C. Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne [Internet]. FRANCE. Premier ministre Édouard Philippe; 2018 mars [cité 15 avr 2018]. Disponible sur: <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid128577/rapport-de-cedric-villani-donner-un-sens-a-l-intelligence-artificielle-ia.html>
3. Lucas S, Uzan S, Guerrier B, Mourgues J-M, Maurice P, Le douarin B, et al. Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle: analyses et recommandations du CNOM [Internet]. Conseil National de l'Ordre des Médecins; 2018 janv [cité 19 juin 2018]. Disponible sur: <https://www.conseil-national.medecin.fr/node/2563>
4. Demiaux V, Si abdallah Y. Comment permettre à l'homme de garder la main? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle. [Internet]. CNIL; 2017 déc. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/comment-permettre-lhomme-de-garder-la-main-rapport-sur-les-enjeux-ethiques-des-algorithmes-et-de>
5. Intelligence artificielle. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 13 sept 2018]. Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligence\\_artificielle&oldid=152085990](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligence_artificielle&oldid=152085990)
6. Ezratty O. Les usages de l'intelligence artificielle 2018 [Internet]. Opinions Libres - Le blog d'Olivier Ezratty. [cité 31 mars 2019]. Disponible sur: <https://www.oezratty.net/wordpress/2018/usages-intelligence-artificielle-2018/>
7. Rey A. Dictionnaire historique de la langue française. Le robert; 2011.
8. Soudoplatoff S. L'intelligence artificielle : l'expertise partout accessible à tous [Internet]. Fondapol. 2018 [cité 30 juill 2019]. Disponible sur: <http://www.fondapol.org/etude/lintelligence-artificielle-lexpertise-partout-accessible-a-tous/>

9. Intelligence. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 14 sept 2018]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligence&oldid=150389377>
10. Définitions : intelligence - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 14 sept 2018]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/intelligence/43555>
11. Gardner H. Les intelligences multiples: la théorie qui bouleverse nos idées reçues. Paris, France: Retz; 2008. 188 p.
12. Russell S, Norvig P. Artificial intelligence: a modern approach. Harlow (U.K.): Pearson; 2014. 1091 p.
13. Intelligence artificielle. In: Larousse [Internet]. [cité 13 sept 2018]. Disponible sur: [http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)
14. FRANCE. Ministère de l'économie et des finances, FRANCE. Secrétariat d'Etat à l'enseignement supérieur et à la recherche, FRANCE. Secrétariat d'Etat à l'industrie, au numérique et à l'innovation. France Intelligence artificielle - Rapport de synthèse [Internet]. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche; 2017 mars. Disponible sur: [http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/85/9/Rapport\\_synthese\\_France\\_IA\\_738859.pdf](http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/85/9/Rapport_synthese_France_IA_738859.pdf)
15. Bienvenu M. Notes du cours « Introduction à l'Intelligence Artificielle » [Internet]. 2008 [cité 31 juill 2019]. Disponible sur: <https://www.coursehero.com/file/12665659/cours-IA/>
16. McCarthy J, Minsky M, Rochester N, Shannon CE. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. AI Magazine. 2006;27:12-4.
17. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature. 02 2017;542(7639):115-8.
18. Diebolt V, Azancot I, Boissel F-H, Adenot I. " Intelligence artificielle » : quels services, quelles applications, quels résultats et quelle valorisation aujourd'hui en recherche clinique ? Quel impact sur la qualité des soins ? Quelles recommandations ? Thérapie. 1 févr 2019;74(1):141-54.



19. Haenssle HA, Fink C, Schneiderbauer R, Toberer F, Buhl T, Blum A, et al. Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists. *Ann Oncol*. 1 août 2018;29(8):1836-42.
20. De Fauw J, Ledsam JR, Romera-Paredes B, Nikolov S, Tomasev N, Blackwell S, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nat Med*. 2018;24(9):1342-50.
21. Heeke S, Delingette H, Fanjat Y, Long-Mira E, Lassalle S, Hofman V, et al. La pathologie cancéreuse pulmonaire à l'heure de l'intelligence artificielle : entre espoir, désespoir et perspectives. *Annales de Pathologie*. 1 avr 2019;39(2):130-6.
22. Ehteshami Bejnordi B, Veta M, Johannes van Diest P, van Ginneken B, Karssemeijer N, Litjens G, et al. Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women With Breast Cancer. *JAMA*. 12 déc 2017;318(22):2199-210.
23. Bregeras G. Cardiologs va traquer les arythmies cardiaques aux Etats-Unis [Internet]. *Les Echos Executives*. 2017 [cité 5 août 2019]. Disponible sur: <https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/financer-sa-croissance/030660249332-cardiologs-va-traquer-les-arythmies-cardiaques-aux-etats-unis-314114.php#Xtor=AD-6000>
24. Smith D. AI Could Catch Alzheimer's in Brain Scans 6 Years Earlier [Internet]. *Artificial Intelligence Can Detect Alzheimer's Disease in Brain Scans Six Years Before a Diagnosis | UC San Francisco*. [cité 6 août 2019]. Disponible sur: <https://www.ucsf.edu/news/2019/01/412946/artificial-intelligence-can-detect-alzheimers-disease-brain-scans-six-years>
25. Monnier E. L'intelligence artificielle relève aussi le défi du suicide [Internet]. *Science et vie*. 2018 [cité 6 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.science-et-vie.com/technos-et-futur/l-intelligence-artificielle-releve-aussi-le-defi-du-suicide-17226>
26. Lavdas I, Glocker B, Rueckert D, Taylor SA, Aboagye EO, Rockall AG. Machine learning in whole-body MRI: experiences and challenges from an applied study using multicentre data. *Clinical Radiology*. 1 mai 2019;74(5):346-56.

27. Le EPV, Wang Y, Huang Y, Hickman S, Gilbert FJ. Artificial intelligence in breast imaging. *Clinical Radiology*. 1 mai 2019;74(5):357-66.
28. Vandeginste P. THERAPIXEL interprète les mammographies grâce à ses réseaux de neurones [Internet]. *La recherche*. 2018 [cité 6 août 2019]. Disponible sur: [https://www.larecherche.fr/start/therapixel-interprete-les-mammographies-grâce-à-ses-réseaux-de-neurones](https://www.larecherche.fr/start/therapixel-interprete-les-mammographies-grace-a-ses-reseaux-de-neurones)
29. Rajpurkar P, Irvin J, Zhu K, Yang B, Mehta H, Duan T, et al. CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning. arXiv:171105225 [cs, stat] [Internet]. 14 nov 2017 [cité 6 sept 2019]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1711.05225>
30. Diebolt V, Azancot I, Boissel F-H. « Intelligence artificielle » : quels services, quelles applications, quels résultats et quelle valorisation aujourd'hui en recherche clinique ? Quel impact sur la qualité des soins ? Quelles recommandations ? /data/revues/00405957/unassign/S0040595718302518/ [Internet]. 2 janv 2019 [cité 30 mai 2019]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/1272787>
31. Chaix B. Impact de l'intelligence artificielle dans la recherche clinique et la collecte de données en vie réelle. *Actualités Pharmaceutiques*. 1 sept 2018;57(578):22-4.
32. Fleming N. How artificial intelligence is changing drug discovery. *Nature*. 30 mai 2018;557:S55.
33. Menden MP, Iorio F, Garnett M, McDermott U, Benes CH, Ballester PJ, et al. Machine Learning Prediction of Cancer Cell Sensitivity to Drugs Based on Genomic and Chemical Properties. *PLOS ONE*. 30 avr 2013;8(4):e61318.
34. Leung MKK, DeLong A, Alipanahi B, Frey BJ. Machine Learning in Genomic Medicine: A Review of Computational Problems and Data Sets. *Proceedings of the IEEE*. janv 2016;104(1):176-97.
35. Sun R, Limkin EJ, Vakalopoulou M, Dercele L, Champiat S, Han SR, et al. A radiomics approach to assess tumour-infiltrating CD8 cells and response to anti-PD-1 or anti-PD-L1 immunotherapy: an imaging biomarker, retrospective multicohort study. *The Lancet Oncology*. 1 sept 2018;19(9):1180-91.

36. Robertson S, Azizpour H, Smith K, Hartman J. Digital image analysis in breast pathology—from image processing techniques to artificial intelligence. *Translational Research*. 1 avr 2018;194:19-35.
37. Bibault J-E, Burgun A, Giraud P. Intelligence artificielle appliquée à la radiothérapie. *Cancer/Radiothérapie*. 1 mai 2017;21(3):239-43.
38. Rocha JC, Bezerra da Silva DL, dos Santos JGC, Whyte LB, Hickman C, Lavery S, et al. Using Artificial Intelligence to Improve the Evaluation of Human Blastocyst Morphology: In: *Proceedings of the 9th International Joint Conference on Computational Intelligence* [Internet]. Funchal, Madeira, Portugal: SCITEPRESS - Science and Technology Publications; 2017 [cité 6 sept 2019]. p. 354-9. Disponible sur:  
<http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006515803540359>
39. Sonigo C, Jankowski S, Yoo O, Trassard O, Bousquet N, Grynberg M, et al. High-throughput ovarian follicle counting by an innovative deep learning approach. *Scientific Reports*. 10 sept 2018;8(1):13499.
40. Erion G, Chen H, Lundberg SM, Lee S-I. Anesthesiologist-level forecasting of hypoxemia with only SpO2 data using deep learning. arXiv:171200563 [cs, stat] [Internet]. 2 déc 2017 [cité 4 juin 2019]; Disponible sur:  
<http://arxiv.org/abs/1712.00563>
41. Pineau J, Guez A, Vincent R, Panuccio G, Avoli M. Treating epilepsy via adaptive neurostimulation: a reinforcement learning approach. *Int J Neural Syst*. août 2009;19(4):227-40.
42. Fagherazzi G, Ravaud P. Digital diabetes: Perspectives for diabetes prevention, management and research. *Diabetes & Metabolism*. 1 sept 2019;45(4):322-9.
43. Villani C. Donner un sens à l'intelligence artificielle: pour une stratégie nationale européenne. Paris, France: Mise en page et impression : Direction de l'information légale et administrative; 2018. 233 p.
44. Allen DJ, Heyrman PJ. La Definition Europeenne de la Medecine Generale – *Medecine de Famille*. :52.

45. DREES. Effectifs des médecins par spécialité, mode d'exercice, sexe et tranche d'âge [en ligne] 2018 [Internet]. [cité 25 juin 2019]. Disponible sur: <http://www.data.drees.sante.gouv.fr/ReportFolders/reportFolders.aspx>
46. Bendavid R, Poët D. Notoriété et image de l'Intelligence Artificielle auprès des Français et des salariés [Internet]. IFOP. [cité 24 juin 2019]. Disponible sur: <https://www.ifop.com/publication/notoriete-et-image-de-lintelligence-artificielle-aupres-des-francais-et-des-salaries/>

## VII. ANNEXES

### Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

#### **THESE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN SANTE : Espoirs et craintes des médecins généralistes**

Bonjour,

Je suis médecin généraliste remplaçant. Je réalise une thèse sur l'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.

Ce sujet d'actualité fait souvent l'objet d'effets d'annonce. L'intérêt de cette thèse est d'évaluer les attentes et les craintes des médecins généralistes quant au développement de cette technologie dans leur pratique.

Il ne s'agit pas d'un test de connaissance, mais d'une étude de croyance. Il n'y a donc pas de bonne ou mauvaise réponse. Répondre à ce questionnaire est anonyme et prend 5 minutes.

Vous pouvez y participer jusqu'au 31 mai 2019.

Je vous remercie par avance de votre participation, et m'engage à vous faire un retour du résultat de cette enquête.

Dr Benoit MOUKRIM

\*Obligatoire

#### 1. Adresse e-mail \*

---

#### **Définition de l'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA)**

Il existe différentes définitions de l'intelligence artificielle représentant des courants de pensée différents. La définition la plus simple et générale est celle du Larousse qui définit l'IA ainsi :

« Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine »

Extrait du rapport « Intelligence artificielle et travail » de France Stratégie :

« La quasi-totalité des champs de l'intelligence artificielle – reconnaissance d'image, de vidéos, traitement du langage naturel, apprentissage automatique, robotique, etc. – peuvent trouver des applications en matière de santé. C'est vrai pour le diagnostic et les recommandations de prise en charge, pour le traitement, la chirurgie, le suivi personnalisé, le domaine médico-social, la réadaptation mais aussi la prévention, la recherche clinique. L'intelligence artificielle permet d'automatiser non seulement des tâches simples comme la mesure du poids ou de la tension artérielle mais aussi des tâches complexes comme le diagnostic médical et la prise en charge thérapeutique. »

**2. Indiquez votre tranche d'âge \***

*Une seule réponse possible.*

- Moins de 25 ans
- 25 à 34 ans
- 35 à 44 ans
- 45 à 54 ans
- 55 à 64 ans
- 65 ans et plus

**3. Indiquez votre sexe \***

*Une seule réponse possible.*

- Femme
- Homme

**4. Indiquez votre année de thèse \***

---

**5. Indiquez votre année d'installation \***

Tapez 0 en cas d'activité de remplacements

---

**6. Indiquez votre mode d'exercice \***

*Une seule réponse possible.*

- Remplacement
- Seul
- En groupe de libéraux
- En maison de santé pluridisciplinaire (activité libérale en groupe avec d'autres professions et un projet commun)

**7. Indiquez votre ou vos milieux d'exercice \***

*Plusieurs réponses possibles.*

- Rural
- Semi-rural
- Urbain

**8. Nombre de consultations par semaine \***

*Une seule réponse possible.*

- < 39
- 40 à 79
- 80 à 99
- 100 à 119
- 120 à 139
- 140 à 159
- 160 et plus

**Quelle est votre aisance en informatique ?**

Exemple des compétences requises pour être « très à l'aise » en informatique :

- Savoir utiliser un ordinateur (usage du clavier, de la souris, etc.)
- Maîtriser les outils de bureautique (ex : Traitement de texte, feuilles de calcul, logiciel de présentation, courriels, etc.)
- Maîtriser la navigation internet (évaluer la validité, la pertinence et la fiabilité de l'information sur Internet)
- Avoir des connaissances en sécurité informatique
- Savoir concevoir et développer un site internet
- Savoir développer des outils informatiques (maîtrise de langages de programmation)

**9. Quelle est votre aisance en informatique? \***

*Une seule réponse possible.*

- Pas du tout à l'aise
- Peu à l'aise
- A l'aise
- Très à l'aise

**10. Votre cabinet médical est-il informatisé? \***

*Une seule réponse possible.*

- OUI
- NON
- Je n'effectue que des remplacements

11. **Avez-vous des connaissances concernant les technologies sur lesquelles se base l'IA (ex: codage informatique, algorithmes, big data, apprentissage profond, apprentissage automatique, les réseaux de neurones, les systèmes experts) ? \***

*Une seule réponse possible.*

- Aucune  
 Limitées  
 Modérées  
 Importantes

### **Exemples de technologies d'IA en médecine générale:**

- Logiciel d'aide au diagnostic (ex : Sympto-Check, DocForYou, Ada, etc.)
- Logiciel d'interprétation automatisée d'électrocardiogramme
- Logiciel d'aide à la prescription médicamenteuse évitant les erreurs de prescription
- Aide au diagnostic de tumeur cutanée via Smartphone

12. **Avez-vous déjà utilisé une technologie d'IA dans votre pratique professionnelle? \***

*Une seule réponse possible.*

- OUI  
 NON

13. **Si oui, laquelle ou lesquelles?**

---

---

---

---

---

14. **Selon vous, de quelles natures seront les réactions des patients face à l'usage de l'IA par leur généraliste? \***

*Une seule réponse possible.*

- Sans opinion  
 Réactions négatives  
 Réactions neutres  
 Réactions positives

Selon vous, de quelle nature sera l'influence de l'IA dans les domaines suivants ?



15. **LA RELATION MEDECIN - MALADE \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Sans opinion	Effet négatif	Aucun effet	Effet positif
La relation médecin – malade en général	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La communication médecin – malade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La dimension humaine de cette relation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La gestion par le médecin de ses émotions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La gestion de situations conflictuelles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La protection du secret médical	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La satisfaction des patients dans cette relation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Selon vous, de quelle nature sera l'influence de l'IA dans les domaines suivants ?

16. **LA DEMARCHE DECISIONNELLE DES GENERALISTES \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Sans opinion	Effet négatif	Aucun effet	Effet positif
Leurs performances diagnostiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur gestion de l'incertitude diagnostique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur élaboration de stratégies thérapeutiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La communication entre médecins	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur gestion du recours aux autres spécialités	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur liberté décisionnelle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La liberté décisionnelle des patients	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La dimension éthique et déontologique de leur pratique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Selon vous, de quelle nature sera l'influence de l'IA dans les domaines suivants ?

**17. LA PRISE EN CHARGE AU LONG COURS PAR LES GENERALISTES \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Sans opinion	Effet négatif	Aucun effet	Effet positif
La qualité des soins dispensés par les généralistes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur approche du patient dans sa globalité	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La personnalisation de leur prise en charge de chaque patient	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'autonomisation et l'adhésion de leurs patients	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur rôle de coordination et de continuité des soins	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur rôle de promotion et d'éducation pour la santé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur implication dans le dépistage organisé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur efficacité dans le recours aux ressources du système de santé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Selon vous, de quelle nature sera l'influence de l'IA dans les domaines suivants ?

**18. LES CONDITIONS D'EXERCICE DES GENERALISTES \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Sans opinion	Effet négatif	Aucun effet	Effet positif
La qualité de leurs conditions générales d'exercice	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La facilité de gestion de leur cabinet (administrative, comptable, logistique, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La gestion de leur emploi du temps professionnel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur équilibre entre vie professionnelle et personnelle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leur indépendance professionnelle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le goût de l'exercice de leur métier	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La protection de leur responsabilité professionnelle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**19. Etes-vous favorable au développement de l'IA dans la pratique des médecins généralistes? \***

*Une seule réponse possible.*

- Sans opinion
- Défavorable
- Neutre
- Favorable

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

CDOM :	Conseil départemental de l'ordre des médecins
CNIL :	Commission nationale de l'informatique et des libertés
CNOM :	Conseil national de l'ordre des médecins
DESC :	Diplôme d'études spécialisées complémentaires
DREES :	Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques
FDA :	Food and Drug Administration
GAFAMI :	Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft, Intel.
IA :	Intelligence artificielle
IFOP :	Institut français d'opinion publique
WONCA :	World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners / Family Physicians

## SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.