



HAL
open science

Radiographies pédiatriques traumatiques et concordance diagnostique : junior, sénior et logiciel d'intelligence artificielle

Antoine Planche

► To cite this version:

Antoine Planche. Radiographies pédiatriques traumatiques et concordance diagnostique : junior, sénior et logiciel d'intelligence artificielle. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03367603

HAL Id: dumas-03367603

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03367603v1>

Submitted on 6 Oct 2021

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.

**Radiographies pédiatriques traumatiques et concordance diagnostique :
junior, sénior et logiciel d'intelligence artificielle**

T H E S E

Présentée et publiquement soutenue devant

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES
DE MARSEILLE**

Le 28 Septembre 2021

Par Monsieur Antoine PLANCHE

Né le 7 avril 1992 à Montpellier (34)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE NR

Membres du Jury de la Thèse :

Madame le Professeur CHAUMOITRE Kathia

Président

Madame le Docteur COZE Stéphanie

Assesseur

Monsieur le Docteur (MCU-PH) PESENTI Sébastien

Assesseur

Monsieur le Docteur URBINA Diego

Assesseur

FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES & PARAMÉDICALES

Doyen	:	Pr. Georges LEONETTI
Vice-Doyen aux affaires générales	:	Pr. Patrick DESSI
Vice-Doyen aux professions paramédicales	:	Pr. Philippe BERBIS
Conseiller	:	Pr. Patrick VILLANI

Asseseurs :

➤ aux études	:	Pr. Kathia CHAUMOITRE
➤ à la recherche	:	Pr. Jean-Louis MEGE
➤ à l'unité mixte de formation continue en santé	:	Pr. Justin MICHEL
➤ pour le secteur NORD	:	Pr. Stéphane BERDAH
➤ Groupements Hospitaliers de territoire	:	Pr. Jean-Noël ARGENSON
➤ aux masters	:	Pr. Pascal ADALIAN

Chargés de mission :

➤ sciences humaines et sociales	:	Pr. Pierre LE COZ
➤ relations internationales	:	Pr. Stéphane RANQUE
➤ DU/DIU	:	Pr. Véronique VITTON
➤ DPC, disciplines médicales & biologiques	:	Pr. Frédéric CASTINETTI
➤ DPC, disciplines chirurgicales	:	Dr. Thomas GRAILLON

ÉCOLE DE MEDECINE

Directeur	:	Pr. Jean-Michel VITON
------------------	---	------------------------------

Chargés de mission

▪ PACES – Post-PACES	:	Pr. Régis GUIEU
▪ DFGSM	:	Pr. Anne-Laure PELISSIER
▪ DFASM	:	Pr. Marie-Aleth RICHARD
▪ DFASM	:	Pr. Marc BARTHET
▪ Préparation aux ECN	:	Dr Aurélie DAUMAS
▪ DES spécialités	:	Pr. Pierre-Edouard FOURNIER
▪ DES stages hospitaliers	:	Pr. Benjamin BLONDEL
▪ DES MG	:	Pr. Christophe BARTOLI
▪ Démographie médicale	:	Dr. Noémie RESSEGUIER
▪ Etudiant	:	Elise DOMINJON

ÉCOLE DE DE MAIEUTIQUE

Directrice : **Madame Carole ZAKARIAN**

Chargés de mission

- 1^{er} cycle : Madame Estelle BOISSIER
- 2^{ème} cycle : Madame Cécile NINA

ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION

Directeur : **Monsieur Philippe SAUVAGEON**

Chargés de mission

- Masso- kinésithérapie 1^{er} cycle : Madame Béatrice CAORS
- Masso-kinésithérapie 2^{ème} cycle : Madame Joannie HENRY
- Mutualisation des enseignements : Madame Géraldine DEPRES

ÉCOLE DES SCIENCES INFIRMIERES

Directeur : **Monsieur Sébastien COLSON**

Chargés de mission

- Chargée de mission : Madame Sandrine MAYEN RODRIGUES
- Chargé de mission : Monsieur Christophe ROMAN

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	DEVRED Philippe
	ALDIGHERI René		DJIANE Pierre
	ALESSANDRINI Pierre		DONNET Vincent
	ALLIEZ Bernard		DUCASSOU Jacques
	AQUARON Robert		DUFOUR Michel
	ARGEME Maxime		DUMON Henri
	ASSADOURIAN Robert		ENJALBERT Alain
	AUFFRAY Jean-Pierre		FAUGERE Gérard
	AUTILLO-TOUATI Amapola		FAVRE Roger
	AZORIN Jean-Michel		FIECHI Marius
	BAILLE Yves		FARNARIER Georges
	BARDOT Jacques		FIGARELLA Jacques
	BARDOT André		FONTES Michel
	BERARD Pierre		FRANCES Yves
	BERGOIN Maurice		FRANCOIS Georges
	BERLAND Yvon		FUENTES Pierre
	BERNARD Dominique		GABRIEL Bernard
	BERNARD Jean-Louis		GALINIER Louis
	BERNARD Jean-Paul		GALLAIS Hervé
	BERNARD Pierre-Marie		GAMERRE Marc
	BERTRAND Edmond		GARCIN Michel
	BISSET Jean-Pierre		GARNIER Jean-Marc
	BLANC Bernard		GAUTHIER André
	BLANC Jean-Louis		GERARD Raymond
	BOLLINI Gérard		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BONGRAND Pierre		GIUDICELLI Sébastien
	BONNEAU Henri		GOUDARD Alain
	BONNOIT Jean		GOUIN François
	BORY Michel		GRILLO Jean-Marie
	BOTTA Alain		GRIMAUD Jean-Charles
	BOTTA-FRIDLUND Danielle		GRISOLI François
	BOURGEADE Augustin		GROULIER Pierre
	BOUVENOT Gilles		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BOUYALA Jean-Marie		HASSOUN Jacques
	BREMOND Georges		HEIM Marc
	BRICOT René		HOUEL Jean
	BRUNET Christian		HUGUET Jean-François
	BUREAU Henri		JAQUET Philippe
	CAMBOULIVES Jean		JAMMES Yves
	CANNONI Maurice		JOUVE Paulette
	CARTOUZOU Guy		JUHAN Claude
	CAU Pierre		JUIN Pierre
	CHABOT Jean-Michel		KAPHAN Gérard
	CHAMLIAN Albert		KASBARIAN Michel
	CHARPIN Denis		KLEISBAUER Jean-Pierre
	CHARREL Michel		LACHARD Jean

CHAUVEL Patrick
CHOUX Maurice
CIANFARANI François
CLAVERIE Jean-Michel
CLEMENT Robert
COMBALBERT André
CONTE-DEVOLX Bernard
CORRIOL Jacques
COULANGE Christian
CURVALE Georges
DALMAS Henri
DE MICO Philippe
DELPERO Jean-Robert
DESSEIN Alain
DELARQUE Alain
DEVIN Robert

LAFFARGUE Pierre
LAUGIER René
LE TREUT Yves
LEVY Samuel
LOUCHET Edmond
LOUIS René
LUCIANI Jean-Marie
MAGALON Guy
MAGNAN Jacques
MALLAN- MANCINI Josette
MALMEJAC Claude
MARANINCHI Dominique
MARTIN Claude
MATTEI Jean François
MERCIER Claude
METGE Paul

MM MICHOTÉY Georges
MIRANDA François
MONFORT Gérard
MONGES André
MONGIN Maurice
MUNDLER Olivier
NAZARIAN Serge
NICOLI René
NOIRCLERC Michel
OLMER Michel
OREHEK Jean
PAPY Jean-Jacques
PAULIN Raymond
PELOUX Yves
PENAUD Antony
PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel
POUGET Jean
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
RIDINGS Bernard
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert

VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAMBUC Roland
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jacques
SARLES - PHILIP Nicole
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SEITZ Jean-François
SERMENT Gérard
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THIRION Xavier
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène

EMERITAT

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	VIALETTES 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	SEBBAHOUN 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

2019

M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2020

M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2020
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2020
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2020
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2020
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2020
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2020

2020

M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2021
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2021
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2021
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2021
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2021

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
Sir

T. MARRIE (Canada)
G.K. RADDA (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 DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHOSSEGROS Cyrille
ALBANESE Jacques	COLLART Frédéric
ALIMI Yves	COSTELLO Régis
AMABILE Philippe	COURBIERE Blandine
AMBROSI Pierre	COWEN Didier
ANDRE Nicolas	CRAVELLO Ludovic
ARGENSON Jean-Noël	CUISSET Thomas
ASTOUL Philippe	DA FONSECA David
ATTARIAN Shahram	DAHAN-ALCARAZ Laetitia
AUDOUIN Bertrand	DANIEL Laurent
AUQUIER Pascal	DARMON Patrice
AVIERINOS Jean-François	DAVID Thierry
AZULAY Jean-Philippe	D'ERCOLE Claude
BAILLY Daniel	D'JOURNO Xavier
BARLESI Fabrice	DEHARO Jean-Claude
BARLIER-SETTI Anne	DELAPORTE Emmanuel
BARLOGIS Vincent	DENIS Danièle
BARTHET Marc	DISDIER Patrick
BARTOLI Christophe	DODDOLI Christophe
BARTOLI Jean-Michel	DRANCOURT Michel
BARTOLI Michel	DUBUS Jean-Christophe
BARTOLOMEI Fabrice	DUFFAUD Florence
BASTIDE Cyrille	DUFOUR Henry
BENSOUSSAN Laurent	DURAND Jean-Marc
BERBIS Philippe	DUSSOL Bertrand
BERBIS Julie	EBBO Mikael
BERDAH Stéphane	EUSEBIO Alexandre
BEROUD Christophe	FABRE Alexandre
BERTUCCI François	FAKHRY Nicolas
BLAISE Didier	FELICIAN Olivier
BLIN Olivier	FENOLLAR Florence
BLONDEL Benjamin	FIGARELLA/BRANGER Dominique
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FLECHER Xavier
BONELLO Laurent	FOUILLOUX Virginie
BONNET Jean-Louis	FOURNIER Pierre-Edouard
<i>BOUBLI Léon Surnombre</i>	FRANCESCHI Frédéric
BOUFI Mourad	FUENTES Stéphane
BOYER Laurent	GABERT Jean
BREGEON Fabienne	GABORIT Bénédicte
BRETELLE Florence	GAINNIER Marc
BROUQUI Philippe	GARCIA Stéphane
BRUDER Nicolas	GARIBOLDI Vlad
BRUE Thierry	GAUDART Jean
BRUNET Philippe	GAUDY-MARQUESTE Caroline
BURTEY Stéphane	GENTILE Stéphanie
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GERBEAUX Patrick
CASANOVA Dominique	GEROLAMI/SANTANDREA René
CASTINETTI Frédéric	GILBERT/ALESSI Marie-Christine
CECCALDI Mathieu	GIORGI Roch
CHAGNAUD Christophe	GIOVANNI Antoine
CHAMBOST Hervé	GIRARD Nadine
CHAMPSAUR Pierre	GIRAUD/CHABROL Brigitte
CHANEZ Pascal	GONCALVES Anthony
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GRANEL/REY Brigitte
CHARREL Rémi	GRANVAL Philippe
CHAUMOITRE Kathia	GREILLIER Laurent
CHIARONI Jacques	GROB Jean-Jacques
CHINOT Olivier	GUEDJ Eric

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

PAGANELLI Franck	ROCHE Pierre-Hugues
<i>PANUEL Michel Surnombre</i>	ROCH Antoine
PAPAZIAN Laurent	ROCHWERGER Richard
PAROLA Philippe	ROLL Patrice
<i>PARRATTE Sébastien Disponibilité</i>	ROSSI Dominique
PELLISSIER-ALICOT Anne-Laure	ROSSI Pascal
PELLETIER Jean	ROUDIER Jean
PERRIN Jeanne	SALAS Sébastien
PETIT Philippe	SARLON-BARTOLI Gabrielle
PHAM Thao	SCAVARDA Didier
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique	SCHLEINITZ Nicolas
PIQUET Philippe	SEBAG Frédéric
PIRRO Nicolas	SIELEZNEFF Igor
POINSO François	SIMON Nicolas
RACCAH Denis	STEIN Andréas
RANQUE Stéphane	TAIEB David
<i>RAOULT Didier Surnombre</i>	THOMAS Pascal
REGIS Jean	THUNY Franck
REYNAUD/GAUBERT Martine	TREBUCHON-DA FONSECA Agnès
REYNAUD Rachel	TRIGLIA Jean-Michel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth	TROPIANO Patrick
RICHERI Raphaëlle	TSIMARATOS Michel

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 retraite mars 2021
FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne

PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à MI

REVIS Joana

PROFESSEUR DES UNIVERSITES MEDECINE GEN

GENTILE Gaëtan

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE

GUIDA Pierre

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

GUIEU Régis
GUIS Sandrine
GUYE Maxime
GUYOT Laurent
GUYS Jean-Michel Surnombre
HABIB Gilbert
HARDWIGSEN Jean
HARLE Jean-Robert
HOUVENAEGHEL Gilles
JACQUIER Alexis
JOURDE-CHICHE Noémie
JOUVE Jean-Luc
KAPLANSKI Gilles
KARSENTY Gilles
KERBAUL François détachement
KRAHN Martin
LAFFORGUE Pierre
LAGIER Jean-Christophe
LAMBAUDIE Eric
LANCON Christophe
LA SCOLA Bernard
LAUNAY Franck
LAVIELLE 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
MANCINI Julien
MEGE Jean-Louis
MERROT Thierry
METZLER/GUILLEMAIN Catherine
MEYER/DUTOUR Anne
MICCALEF/ROLL Joëlle
MICHEL Fabrice
MICHEL Gérard
MICHEL Justin
MICHELET Pierre
MILH Mathieu
MILLION Matthieu
MOAL Valérie
MORANGE Pierre-Emmanuel
MOULIN Guy
MOUTARDIER Vincent
NAUDIN Jean
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
NICOLLAS Richard
NGUYEN Karine
OLIVE Daniel
OLLIVIER Matthieu
OUAFIK L'Houcine
OVAERT-REGGIO Caroline
PADOVANI Laetitia

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

TURRINI Olivier

VALERO René

VAROQUAUX Arthur Damien

VELLY Lionel

VEY Norbert

VIDAL Vincent

VIENS Patrice

VILLANI Patrick

VITON Jean-Michel

VITTON Véronique

VIEHWEGER Heide Elke détachement

VIVIER Eric

XERRI Luc

AHERFI Sarah	ELDIN Carole	PAULMYER/LACROIX Odile
ANGELAKIS Emmanouil (<i>disponibilité</i>)	FAURE Alice	PESENTI Sébastien
ATLAN Catherine (<i>disponibilité</i>)	FOLETTI Jean- Marc	RADULESCO Thomas
BEGE Thierry	FRANKEL Diane	RESSEGUIER Noémie
BELIARD Sophie	FROMNOT Julien	ROBERT Philippe
BENYAMINE Audrey	GASTALDI Marguerite	ROBERT Thomas
BERTRAND Baptiste	GELSI/BOYER Véronique	ROMANET Pauline
BEYER-BERJOT Laura	GIUSIANO Bernard	SABATIER Renaud
BIRNBAUM David	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	SARI-MINODIER Irène
BONINI Francesca	GONZALEZ Jean-Michel	SAVEANU Alexandru
BOUCRAUT Joseph	GOURIET Frédérique	SECQ Véronique (<i>disponibilité</i>)
BOULAMERY Audrey	GRAILLON Thomas	STELLMANN Jan-Patrick
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUERIN Carole	SUCHON Pierre
BOUSSEN Salah Michel	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	TABOURET Emeline
BUFFAT Christophe	GUIDON Catherine	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	GUIVARCH Jokthan	TOGA Isabelle
CARRON Romain	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOMASINI Pascale
CASSAGNE Carole	HRAIECH Sami	TOSELLO Barthélémy
CERMOLACCE Michel	KASPI-PEZZOLI Elise	TROUSSE Delphine
CHAUDET Hervé	L'OLLIVIER Coralie	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHRETIEN Anne-Sophie	LABIT-BOUVIER Corinne	VELY Frédéric
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VION-DURY Jean
CUNY Thomas	LAGARDE Stanislas	ZATTARA/CANNONI Héléne
DADOUN Frédéric (<i>disponibilité</i>)	LAGIER Aude (<i>disponibilité</i>)	
DALES Jean-Philippe	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	
DARIEL Anne	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DAUMAS Aurélie	LOOSVELD Marie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	MAAROUF Adil	
DELLIAUX Stéphane	MACAGNO Nicolas	
DESPLAT/JEGO Sophie	MAUES DE PAULA André	
DEVILLIER Raynier	MEGE Diane	
DUBOURG Grégory	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
DUCONSEIL Pauline	NINOVE Laetitia	
DUFOUR Jean-Charles	NOUGAIREDE Antoine	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

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

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
 CALVET-MONTREDON Céline
 FORTE Jenny
 JANCZEWSKI Aurélie
 NUSSLI Nicolas
 ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle

THERY Didier

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

BOURRIQUEN Maryline

EVANS-VIALLAT Catherine

LAZZAROTTO Sébastien

LUCAS Guillaume

MATHIEU Marion

MAYENS-RODRIGUES Sandrine

MELLINAS Marie

ROMAN Christophe

TRINQUET Laure

**ESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants**

ANATOMIE 4201

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)
LAGIER Aude (MCU-PH) *disponibilité*

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
DANIEL Laurent (PU-PH)
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
GARCIA Stéphane (PU-PH)
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
MACAGNO Nicolas (MCU-PH)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH) *disponibilité*

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)
BRUDER Nicolas (PU-PH)
LEONE Marc (PU-PH)
MICHEL Fabrice (PU-PH)
VELLY Lionel (PU-PH)

BOUSSEN Salah Michel (MCU-PH)
GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
POUGET Benoît (MCF)
VERNA Emeline (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

CHARREL Rémi (PU PH)
DRANCOURT Michel (PU-PH)
FENOLLAR Florence (PU-PH)
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)

LA SCOLA Bernard (PU-PH)
RAOULT Didier (PU-PH) *Surnombre*

AHERFI Sarah (MCU-PH)
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) *disponibilité*
DUBOURG Grégory (MCU-PH)
GOURIET Frédérique (MCU-PH)
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)

LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
GABERT Jean (PU-PH)
GUIEU Régis (PU-PH)
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
FROMNOT Julien (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
ROMANET Pauline (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

ANGLAIS 11

BRANDENBURGER Chantal (PRCE) *retraite mars 2021*
FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne (PRCE)

BIOLOGIE CELLULAIRE 4403

ROLL Patrice (PU-PH)

FRANKEL Diane (MCU-PH)
GASTALDI Marguerite (MCU-PH)
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)
PERRIN Jeanne (PU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301

GUEDJ Eric (PU-PH)

CARDIOLOGIE 5102

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)

GUYE Maxime (PU-PH)
TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)
RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)
VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIostatistiques, Informatique Médicale
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

GAUDART Jean (PU-PH)
GIORGI Roch (PU-PH)
MANCINI Julien (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)
DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)
GIUSIANO Bernard (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)
BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU-PH)
OLLIVIER Matthieu (PU-PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH) *Disponibilité*
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

ROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702 CANCÉROLOGIE ; RADIOTHERAPIE

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony (PU-PH)
HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)
LAMBAUDIE Eric (PU-PH)
PADOVANI Laetitia (PH-PH)
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)
TABOURET Emeline (MCU-PH)

BONELLO Laurent (PU-PH)
BONNET Jean-Louis (PU-PH)
CUISSSET Thomas (PU-PH)
DEHARO Jean-Claude (PU-PH)
FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)
HABIB Gilbert (PU-PH)
PAGANELLI Franck (PU-PH)
THUNY Franck (PU-PH)

CHIRURGIE VISCÉRALE ET DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)
DUCONSEIL Pauline (MCU-PH)
GUERIN Carole (MCU-PH)
MEGE Diane (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402 CHIRURGIE INFANTILE 5402

GUYS Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH) détachement
DARIEL Anne (MCU-PH)
FAURE Alice (MCU-PH)
PESENTI Sébastien (MCU-PH)

FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503 CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
 D'JOURNO Xavier (PU-PH)
 DODDOLI Christophe (PU-PH)
 FOUILLOUX Virginie (PU-PH)
 GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
 MACE Loïc (PU-PH)
 THOMAS Pascal (PU-PH)
 TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004

CASANOVA Dominique (PU-PH)
 LEGRE Régis (PU-PH)
 BERTRAND Baptiste (MCU-PH)
 HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
 AMABILE Philippe (PU-PH)
 BARTOLI Michel (PU-PH)
 BOUFI Mourad (PU-PH)
 MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
 PIQUET Philippe (PU-PH)
 SARLON-BARTOLI Gabrielle (PU PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
 DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
 GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
 GRANDVAL Philippe (PU-PH)
 VITTON Véronique (PU-PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

LEPIDI Hubert (PU-PH)

PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003

BERBIS Philippe (PU-PH)
 DELAPORTE Emmanuel (PU-PH)
 GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)
 GROB Jean-Jacques (PU-PH)
 RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

GENETIQUE 4704

BEROUD Christophe (PU-PH)
 KRAHN Martin (PU-PH)
 LEVY Nicolas (PU-PH)
 NGYUEN Karine (PU-PH)

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

TOGA Caroline (MCU-PH)
 ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

BOURRIQUEN Maryline (MAST)
 EVANS-VIALLAT Catherine (MAST)
 LUCAS Guillaume (MAST)
 MAYEN-RODRIGUES Sandrine (MAST)
 MELLINAS Marie (MAST)
 ROMAN Christophe (MAST)
 TRINQUET Laure (MAST)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH) Surnombre
 BRETELLE Florence (PU-PH)
 CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
 COURBIERE Blandine (PU-PH)
 CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
 D'ERCOLE Claude (PU-PH)

ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5404

BRUE Thierry (PU-PH)
 CASTINETTI Frédéric (PU-PH)
 CUNY Thomas (MCU PH)

AUQUIER Pascal (PU-PH)
 BERBIS Julie (PU-PH)
 BOYER Laurent (PU-PH)
 GENTILE Stéphanie (PU-PH)

BLAISE Didier (PU-PH)
 COSTELLO Régis (PU-PH)
 CHIARONI Jacques (PU-PH)
 GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
 MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
 VEY Norbert (PU-PH)

LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)
 RESSEGUIER Noémie (MCU-PH)

DEVILLIER Raynier (MCU PH)
 GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
 LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
 LOOSVELD Marie (MCU-PH)
 SUCHON Pierre (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

IMMUNOLOGIE 4703

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
 MEGE Jean-Louis (PU-PH)
 OLIVE Daniel (PU-PH)
 VIVIER Eric (PU-PH)

BARTOLI Christophe (PU-PH)
 LEONETTI Georges (PU-PH)
 PELISSIER-ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
 PIERCECCHI-MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
 CHRETIEN Anne-Sophie (MCU PH)
 DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
 DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
 ROBERT Philippe (MCU-PH)
 VELY Frédéric (MCU-PH)

BERLAND Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
 LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)
 MILLION Matthieu (PU-PH)
 PAROLA Philippe (PU-PH)
 STEIN Andréas (PU-PH)

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
 VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

ELDIN Carole (MCU-PH)

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

MEDECINE D'URGENCE 4805

SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

KERBAUL François (PU-PH) *détachement*
 MICHELET Pierre (PU-PH)

**MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU
 VIEILLISSEMENT ; ADDICTOLOGIE 5301**

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
 DISDIER Patrick (PU-PH)
 DURAND Jean-Marc (PU-PH)
 EBBO Mikael (PU-PH)
 GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
 HARLE Jean-Robert (PU-PH)
 ROSSI Pascal (PU-PH)
 SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

BENYAMINE Audrey (MCU-PH)

MEDECINE GENERALE 5303

GENTILE Gaëtan (PR Méd. Gén. Temps plein)

CASANOVA Ludovic (MCF Méd. Gén. Temps plein)

GUIDA Pierre (PR associé Méd. Gén. à mi-temps) retraite au 25/09/2012 (MOAL Valérie (PU-PH)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)

FORTE Jenny (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUSSLI Nicolas (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps) DUFOUR Henry (PU-PH)

THERY Didier (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps) (nomination au 1/11/2012) FUENTES Stéphane (PU-PH)

NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)

RACCAH Denis (PU-PH)

VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité

BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)

SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

OPHTALMOLOGIE 5502

DAVID Thierry (PU-PH)

DENIS Danièle (PU-PH)

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)

FAKHRY Nicolas (PU-PH)

GIOVANNI Antoine (PU-PH)

LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)

MICHEL Justin (PU-PH)

NICOLLAS Richard (PU-PH)

TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

RADULESCO Thomas (MCU-PH)

REVIS Joana (PAST) (Orthophonie) (7ème Section)

NEPHROLOGIE 5203

BRUNET Philippe (PU-PH)

BURTEY Stéphanne (PU-PH)

DUSSOL Bertrand (PU-PH)

JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)

MOAL Valérie (PU-PH)

ROBERT Thomas (MCU-PH)

NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)

FUENTES Stéphane (PU-PH)

REGIS Jean (PU-PH)

ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)

SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)

GRAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)

AUDOIN Bertrand (PU-PH)

AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)

CECCALDI Mathieu (PU-PH)

EUSEBIO Alexandre (PU-PH)

FELICIAN Olivier (PU-PH)

PELLETIER Jean (PU-PH)

MAAROUF Adil (MCU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

DA FONSECA David (PU-PH)

POINSO François (PU-PH)

GUIVARCH Jokthan (MCU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)

MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)

SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502**PHILOSOPHIE 17**

RANQUE Stéphane (PU-PH)

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)

MATHIEU Marion (MAST)

L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)

TOGA Isabelle (MCU-PH)

PHYSIOLOGIE 4402

PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)

BARLOGIS Vincent (PU-PH)

CHAMBOST Hervé (PU-PH)

DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)

FABRE Alexandre (PU-PH)

GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)

MICHEL Gérard (PU-PH)

MILH Mathieu (PU-PH)

OVAERT-REGGIO Caroline (PU-PH)

REYNAUD Rachel (PU-PH)

TSIMARATOS Michel (PU-PH)

TOSELLO Barthélémy (MCU-PH)

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)

BREGEON Fabienne (PU-PH)

GABORIT Bénédicte (PU-PH)

MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)

TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BONINI Francesca (MCU-PH)

BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)

DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)

DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)

LAGARDE Stanislas (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)

THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

BAILLY Daniel (PU-PH)

LANCON Christophe (PU-PH)

NAUDIN Jean (PU-PH)

RICHIERI Raphaëlle (PU-PH)

CERMOLACCE Michel (MCU-PH)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)

BARLESI Fabrice (PU-PH)

CHANEZ Pascal (PU-PH)

GREILLIER Laurent (PU PH)

REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

CHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PSYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

LAZZAROTTO Sébastien (MAST)

TOMASINI Pascale (MCU-PH)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

RHUMATOLOGIE 5001

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)

CHAGNAUD Christophe (PU-PH)

CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)

GIRARD Nadine (PU-PH)

JACQUIER Alexis (PU-PH)

MOULIN Guy (PU-PH)

PANUEL Michel (PU-PH) surnombre

PETIT Philippe (PU-PH)

VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)

VIDAL Vincent (PU-PH)

GUIS Sandrine (PU-PH)

LAFFORGUE Pierre (PU-PH)

PHAM Thao (PU-PH)

ROUDIER Jean (PU-PH)

HERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4801

AMBROSI Pierre (PU-PH)

VILLANI Patrick (PU-PH)

STELLMANN Jan-Patrick (MCU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

J'aimerais remercier le professeur Kathia Chaumoitre qui a su me guider et m'aiguiller dans la rédaction de ce travail de recherche, en étant accessible et disponible.

Merci aux membres de la société Gleamer pour leur réactivité.

Merci à Sébastien Pesenti et Gabriel Urbina d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Merci à Stéphanie Coze et Michel Panuel de m'avoir initié à la radio-pédiatrie dans l'exigence et la bienveillance.

Merci à l'ensemble du service de radiologie du CH de Salon de Provence qui m'a permis de découvrir cette belle spécialité qu'est la radiologie dans une ambiance agréable et chaleureuse. Merci à Rémi Pasquali de m'avoir pris sous son aile pour les laborieuses interprétations de mes premières imageries.

Merci à l'équipe de radiologie du BMT où j'ai fait mes premières armes aux côtés de personnes que j'estime qui sont Farouk Tradi et Alexandre Allary.

Merci à l'équipe de radiologie de radiopédiatrie de la Timone, et plus particulièrement Guillaume Gorincourt et Alexia Dabadie qui m'ont ouvert les yeux sur la possibilité de travailler d'une manière que je conçois pour ma vie future.

Merci à toute l'équipe de radiologie de l'hôpital de Laveran et notamment Robin Naccache pour ces 7 mois qui furent très enrichissants sur tous les plans, avec une exigence professionnelle de tous les instants.

Merci à toute l'équipe de radiologie de l'Institut Paoli Calmette, dont je ne pourrai sortir un nom, vu l'homogénéité du niveau de compétence et de bienveillance de cette équipe.

Merci à l'équipe du service de radiologie de la conception pour l'initiation à des domaines que j'appréhendais, notamment à Julian qui est moyennement compétent tant sur le plan radiologique, que sportif.

Merci à Clément et Arnaud avec qui nous avons passé nos récréations à rêver d'avion de chasse et de Newtew.

Merci à Jeremy avec qui j'ai fait plus de bêtises, que tous les patients inclus dans ma thèse, dont la plupart ne peuvent être dévoilés.

Merci à la classe européenne du Collège de la Voie Domitienne pour tous ces moments passés entre amis, particulièrement à Port Aventura (merci papa !).

Merci à Andréas, Mathieu, Tiphanie et à nouveau à Clément pour nos aprem pâtes au pesto/Fifa sur nos « perm » au lycée, et là aussi que de bêtises météorologiques (extincteur...), culturelle (l'origine du monde), botanique, j'en passe et des meilleurs.

Merci à John qui est devenu un vrai ami, que j'ai rencontré sur les bancs de l'amphi Giraud et que j'espère encore longtemps challenger sur le plan sportif (promis on parle plus de la Corse). Je sais que je peux compter sur toi mon Jonny et c'est bien le plus important !

Merci Jibis pour toutes ces bêtises (et oui encore...), ce raid fini en hématurie et cette dent cassée en manade qui me laissera un souvenir de toi gravé à vie. Peut-être qu'un jour j'irais plus vite que toi sur les 10 x 200 m sur le stade de Salon...

Merci à la team ASMM : Vivi, Katin et Thomas pour ces moments partagés, ces sandwiches préparés à 3h du matin, et d'autres aventures sportives en devenir je l'espère.

Merci à l'équipe Tam Bia pour ces deux merveilleux mois passés à voyager en Asie, je vous ai tous découvert, autant que j'ai compris ce qui me rendait heureux lors de ce périple. J'espère vous revoir tous rapidement, pour vivre à nouveau de tels moments.

Merci à Gibbs pour ces parties de tennis d'un médiocre niveau de part et d'autre.

Merci à Axel pour tous ces instants partagés depuis la salle bleue, jusqu'à notre diplôme de docteur en médecine, merci de ta bienveillance et de ta gentillesse. Tous ces moments vécus ensemble avec Jibis et John sont tellement précieux à mes yeux qu'ils ne demandent qu'à être réitérés.

Merci à los Soclos, ma promotion que je chérie tant, et pour qui j'ai une immense affection malgré nos différences et nos divergences. Je vous estime tous tellement, je vous souhaite le meilleur, d'être heureux, épanouis et surtout de ne pas nous perdre de vue.

Merci Antoine de ton manque d'exigence, de savoir vivre, et d'intérêt pour le bien commun.

Merci Christelle de ton mariage moyen, et de ne jamais au grand jamais râloter.

Merci Laurent de ton intellect pataud, et de tes analyses si superficielles quelque soit le sujet.

Merci Léa d'être casanière, un peu planplan et toujours fatiguée.

Merci Julien d'être si bordélique, si flemmard, si peu convenable, si peu ponctuel, si peu quelqu'un que j'apprécie tant.

Merci Sivadji de ton extravagance, de ton histrionisme patent, et de ta méchanceté perpétuelle.

Merci Blandine pour ta retenue, ton discours polissé et ton humour « so british » en toute circonstance.

Merci à Quentin si peu fragile, qui ne connaît pas la peur, sauf devant une quelconque œuvre culturelle.

Merci Tim de me mettre en avant sur le plan sportif avec ton niveau abyssal. Réa te va si mal.

Merci Abdelmajid pour ton indécatesse et ton mauvais goût. Paris te va si mal.

Merci d'être juste mes amis, c'est tout ce qui m'importe.

Merci à toutes les pièces rapportées de la promo, particulièrement Marie, qui est l'exact opposé de moi, avec qui je ne partage rien, et qui n'est jamais motivée de quoi que ce soit.

Merci Thomas de m'accompagner dans mes problèmes digestifs, lors de ces petits dej à discuter des heures « d'amis communs ».

Merci Mathieu et Idir pour ce semestre à rigoler, objectif Rolex et Louboutin le sang.

Merci toute la promo 2018 d'être toutes et tous sympathiques, agréables et compétents. Ce fût un vrai bonheur d'avoir pu être votre co-interne (particulièrement le calcul caliciel inférieur droit de Baptiste !).

Merci Alex de ta perpétuelle feinte du lacet dans laquelle je tomberai toujours.

Merci Robin de me montrer que l'on peut faire un top 10 sur un marathon, tout en étant un excellent radiologue.

Merci Farouk pour tout ce que tu nous as appris, j'espère que tu auras le poste que tu mérites.

Merci Pierre de m'avoir presque convaincu qu'il est envisageable d'être abonné à Radiographics, Valeurs actuelles et Le Canard enchainé en même temps.

Merci François pour ces debriefs de la coupe du monde, de l'Euro, du Mercato, de l'Equipe TV à la console.

Merci Julian pour ces heures de désaccord à parler de sport, de l'arrivée des Vuelta, de l'UTMB, de l'OM, des échos os et de la RCP ORL.

Merci Alexia de m'avoir convaincu que l'on pouvait concilier une pratique radiologique de pointe et une vie personnelle épanouie, toujours vêtue en Pata' !

Merci Gilles, Jean, et Nassima pour votre bienveillance, et vos qualités pédagogiques bien plus développées qu'ailleurs.

Merci Ana d'avoir relu l'ensemble de mes premiers scanners, de ta gentillesse et de ta disponibilité à toute épreuve, tu fais l'unanimité et ce n'est pas un hasard.

Merci François pour ce trail en chaussures de tennis un lendemain de garde, une bien belle innovation.

Merci Camille d'avoir testé le Van avant moi, afin que je puisse avoir un retour avant de choisir la motorisation.

Merci Marie la catho-déglino, profite de ta parenthèse enchantée à l'autre bout du monde.

Merci à toutes les personnes que j'ai croisées depuis la première année de médecine, qui m'ont permis de définir qui je voulais être et ne pas être en tant que médecin radiologue.

Merci à Maurice et Marie-Jeanne pour leur bienveillance et leur générosité de tous les instants, mais surtout merci d'avoir mis au monde un petit truc qui râle un 4 décembre sous les tropiques.

Merci à Patrick, Catherine, Laurent, Guillaume et Alexandre d'être là pour Marie et pour nous, j'espère que l'on partagera bien plus de moments dans un proche avenir.

Merci notre Papi Planche, que je n'ai que trop peu connu, d'être le socle des valeurs transmises par mon papa. Tu peux être fier de ta famille, car nous, ta famille, sommes fiers de toi.

Merci notre Mamie Planche, malgré ton cœur de granit, tes yeux trahissent ton affection, qui est réciproque.

Merci Yvan d'avoir un interlocuteur nîmois pour parler sport. Cela pimente un peu WhatsApp.

Merci notre Quiqui de ta gentillesse, de ta sympathie, de ton affection et de nous avoir appris à aimer la différence.

Merci Seb d'avoir été le grand frère que je n'ai pas eu. Merci pour la découverte de toutes ces si bonnes BD, du concert au Zénith et de ces avant-matches un peu trop arrosés au stade de France.

Merci à tous mes cousins Planche, j'espère avoir plus de temps pour partager des moments ensemble.

Merci notre Papou d'être l'aventurier, le génie, le voyageur, le grand-père, qui m'inspire tant. Merci notre Mamou d'être bienveillante à un point qu'il n'est possible d'imaginer, ta finesse d'esprit ne cessera de m'épater. Je suis si fier d'avoir des grands-parents comme vous.

Merci à Marie de m'avoir montré qu'il était possible de devenir médecin, sans en avoir l'ascendance.

Merci Nathalie de partager nos passions de trek en pays perdu, et d'une Lozère belle et préservée.

Merci Alice d'avoir été la grande sœur que je n'ai jamais eu, merci pour ces premières soirées au Royal, cette semaine à rigoler plus qu'à travailler à Toulouse, et ce regard protecteur qui s'est porté sur moi.

Merci à tous mes cousins Crépin, j'espère avoir du temps pour partager plus de moments ensemble.

Mon petit clan, ma petite tribu. Vous êtes la base de tout sans quoi je ne suis rien. Il est impossible de retranscrire à quel point je vous aime, et je suis fier de vous.

Mon papa que j'admire tant, ta force, ta volonté, et ta culture resteront pour moi inatteignables. Tu m'as tellement donné.

Ma maman que j'admire tant, ta gentillesse, ta classe, et ton côté solaire resteront pour moi inatteignables. Tu m'as tellement donné.

Mes meilleurs copains, mes meilleurs ennemis, mes compagnons de cordés, mes adversaires, mes partenaires, tout simplement mes petits frères, j'aimerais passer toute ma vie à vos côtés. Je vous admire tant, un peu trop même ; mais comme je suis heureux de pouvoir partager des moments de vie avec vous ! Vous êtes géniaux, puisse le temps nous permettre de continuer à voyager, et vivre ensemble indéfiniment.

Marie-Noëlle Chanet, nous sommes si différents, si opposés et pourtant si passionnés. Tout ne fut et ne sera pas toujours simple. Mais nous ferons notre tour du monde, nous aurons notre maison, notre van, nos 50 vélos et nous accomplirons nos projets.

Tu as tellement de qualités qui me sont étrangères, tellement brillante, tellement consciencieuse, tellement humaine, tellement râleuse, je t'admire tant.

A tes côtés je suis pleinement heureux et épanoui, et je me sens capable de tout, même de me poser quelque part pour construire une vie à deux (c'est dire !). Vers l'infini et pour toujours ma Ninette, je t'aime.

TABLE DES MATIERES

Introduction	4
Matériels et Méthodes	7
Conflits d'intérêts et affiliation à l'entreprise Gleamer	7
Autorisation de l'étude et protection des données personnelles	7
Logiciel d'Intelligence Artificielle d'aide a la détection de fractures : Boneview®.....	7
Matériel utilisé pour les radiographies.....	10
Population étudiée et critères d'inclusion/exclusion des patients dans l'étude.....	10
Anonymisation des données à caractère personnelle	11
Lecture et interprétation des imageries médicales	11
Analyse statistique des données recueillies.....	12
Résultats	14
Caractéristiques de la population étudiée	14
Interprétations radiologiques, analyse par articulation	15
• Coude	15
• Poignet.....	18
• Genou	20
• Cheville	24
Interprétations radiologiques, analyse générale des concordances diagnostiques.....	26
• Senior et Interne, sans le concours de l'intelligence artificielle, analyse des concordances diagnostiques	26
• Interne et IA, analyse des concordances diagnostiques	27
• Senior et IA, analyse des concordances diagnostiques	27
• Senior et Interne, avec le concours de l'intelligence artificielle, analyse des concordances diagnostiques	28
Significativité statistique de la modification des performances et de la concordance diagnostique	29
Discussion	32
Conclusion.....	38
Bibliographie.....	39

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Interprétation du coefficient Kappa selon Landis et al. (23)	13
Tableau 2 : Résumé des interprétations des imageries en fonction du site étudié.....	14
Tableau 3 : Résumé des caractéristiques démographiques de la population étudiée.....	15
Tableau 4 : Comparatif des interprétations radiologiques du coude entre le senior, l'interne et l'IA	16
Tableau 5 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relative à l'articulation du coude.....	17
Tableau 6 : Comparatif des interprétations radiologiques du poignet entre le senior, l'Interne et l'IA	18
Tableau 7 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relatives à l'articulation du poignet	19
Tableau 8 : Comparatif des interprétations radiologiques du genou entre le senior, l'Interne et l'IA	20
Tableau 9 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relatives à l'articulation du genou	23
Tableau 10 : Comparatif des interprétations radiologiques de la cheville entre le senior, l'Interne et l'IA.....	24
Tableau 11 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relatives à l'articulation de la cheville.....	26
Tableau 12 : Concordances diagnostiques entre l'Interne et le Senior.....	27
Tableau 13 : Concordances diagnostiques entre l'Interne et l'IA.....	27
Tableau 14 : Concordances diagnostiques entre le senior et l'IA.....	28
Tableau 15 : Concordances diagnostiques entre l'Interne avec l'IA et le senior.....	29
Tableau 16 : Concordance et performance diagnostiques de l'Interne avec et sans le concours de l'IA	30
Tableau 17 : Concordances et performances diagnostiques comparées entre l'Interne et l'IA	31

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple de radiographies initiales du poignet face (A) et profil (B)	8
Figure 2 : Exemple de radiographies du poignet face (A) et profil (B) après identification par le logiciel Boneview® des régions d'intérêt et capture secondaire envoyée sur le PACS (C)...	9
Figure 3 : Exemple d'une radiographie du coude gauche, de profil, avec une fracture du processus coronoïde (flèche) visualisée par l'Interne et non détectée par le logiciel d'IA.....	16
Figure 4 : Exemple d'une radiographie du coude gauche, de profil, avec une fracture de la métaphyse radiale non visualisée par l'Interne et détectée par le logiciel d'IA.....	17
Figure 5 : Exemple d'une radiographie du poignet droit, de profil, avec une fracture en motte de beurre de la métaphyse radiale non visualisée par l'Interne et détectée par l'IA.....	19
Figure 6 : Exemple d'une radiographie du genou droit, de face, avec une fracture en motte de beurre de la métaphyse tibiale (flèche) non visualisée par l'Interne et détectée par la suite par le logiciel d'IA	21
Figure 7 : Exemple d'une radiographie d'un genou gauche de profil (A) et de face (B) avec une maladie des exostoses multiples, détectée à tort par l'IA comme des fractures métaphysaires	22
Figure 8 : Exemple d'une radiographie d'un genou gauche, de face, avec un fragment ostéo-chondrale au sein de l'échancrure inter-condylienne (flèche) visualisée par l'Interne et non décelée par le logiciel d'IA	23
Figure 9 : Exemple d'une radiographie de la cheville droite, de face, avec fracture ostéo-chondrale de la pointe de la fibula (flèche) non visualisée par l'Interne et détectée par le logiciel d'IA	25

INTRODUCTION

Les suspicions de fractures du squelette appendiculaire représentent le premier motif de consultation au sein des urgences pédiatriques (1), avec un taux correspondant à plus d'un tiers des admissions. L'exploration de ces patients repose sur l'imagerie médicale et plus particulièrement, en première intention, sur la radiographie standard (2).

Cette modalité d'imagerie est relativement accessible tant sur le plan économique que technique. Elle représente, de ce fait, la principale méthode d'imagerie dans le monde (3)(4).

Bien qu'accessible, l'interprétation des radiographies traumatiques du squelette appendiculaire demande une expertise certaine, a fortiori lorsqu'il s'agit de radiographies pédiatriques où les différentes phases de croissance osseuse et les variantes anatomiques peuvent prêter à confusion et se révéler être une source d'erreurs diagnostiques (5)(6).

Le territoire français présente une carence en médecins spécialisés en radiologie avec une forte disparité territoriale. Cette disparité est encore plus marquée quand il s'agit de radiologie-pédiatrique, discipline principalement pratiquée dans les centres hospitalo-universitaires (7)(8).

Ce manque de praticiens spécialisés se traduit fréquemment par l'interprétation des radiographies pédiatriques ostéo-articulaires, dans un contexte d'urgence, par les médecins urgentistes sans avis immédiat ou secondaire radio-pédiatrique ou à minima radiologique (2). Ce manque d'expertise radiologique est source d'erreurs de diagnostic (9)(10).

Ces dernières représentent jusqu'à 80 % (11) des erreurs commises dans les services d'accueil des urgences et sont à l'origine de morbidités supplémentaires (12). Une mauvaise interprétation d'une radiographie peut, en effet, entraîner de graves complications tel qu'un cal vicieux, diminuant l'amplitude des mouvements du patient, une arthrose post-traumatique ou encore un effondrement articulaire, pouvant nécessiter à terme une chirurgie (2).

Outre une morbidité augmentée, les erreurs de diagnostic relatives aux fractures du squelette appendiculaire représentent une cause fréquente de dépôt de plainte contre les établissements hospitaliers et les professionnels de santé. Aux États-Unis d'Amérique, ces erreurs de

diagnostic représentent le deuxième motif d'action en justice, après les néoplasies mammaires (13).

Apporter un dispositif d'aide au diagnostic aux urgentistes et permettre à un plus grand nombre de radiologues d'être assistés pour l'interprétation des radiographies pédiatriques traumatiques, permettrait d'éviter certains incidents et poursuites judiciaires.

L'essor que connaît, depuis de nombreuses années, la conception des logiciels d'Intelligence Artificielle (IA) aidant à la détection d'anomalies sur les examens d'imagerie médicale constitue, dans ce contexte, une piste à explorer. Ces logiciels ont notamment été développés pour la détection des néoplasies mammaires sur mammographies (14) et des nodules pulmonaires sur examens tomodensitométriques (15).

De surcroît, l'avènement récent du *deep-learning* permet d'atteindre des performances diagnostiques intéressantes concernant plusieurs modalités d'imagerie et de détection de pathologies diverses (16)(17). Des études ont montré l'intérêt de l'utilisation de logiciels d'IA, d'aide au diagnostic, dans l'interprétation de radiographies pour suspicion de fracture du squelette appendiculaire chez l'adulte (7) ou, de certaines articulations ciblées, chez l'enfant (18)(19)(20).

À l'heure actuelle, en radiopédiatrie, seuls des logiciels permettant une évaluation automatique et systématisée de l'âge osseux sont utilisés en pratique courante (21). Concernant la détection de fracture des membres chez l'enfant, quelques études isolées existent (18)(20). Bien que ciblées principalement sur l'articulation du coude et notamment les fractures supra-condyliennes, elles affichent des performances diagnostiques remarquables avec une sensibilité de détection oscillant entre 91% et 93% et une spécificité allant de 84 à 91%.

La présente étude analyse les performances et la concordance diagnostique relatives aux examens radiographiques recherchant une fracture du squelette appendiculaire, avec comme *gold standard* l'interprétation d'un senior de radiopédiatrie ayant plus de 20 ans d'expérience en comparaison avec un Interne de radiologie en fin de cursus, pouvant être assimilé à un radiologue généraliste, avec et sans le concours d'un logiciel d'IA d'aide à la détection de fracture.

Les données de performance et concordance diagnostique ont pu être évaluées via l'interprétation de quatre séries de 100 examens radiologiques pédiatriques traumatiques pour les principales articulations que sont le genou, la cheville, le coude et le poignet, issues de patients âgés de moins de 16 ans, reçus au Service d'Accueil des Urgences Pédiatriques du Centre Hospitalier Universitaire de l'hôpital Nord de Marseille. Ces radiographies ont été réalisées en 2020.

L'objectif de cette étude comparative est d'évaluer l'apport de l'IA seule ou en soutien d'un radiologue non spécialisé en radiopédiatrie dans le cadre de lésions traumatiques du squelette appendiculaire de l'enfant.

MATERIELS ET METHODES

CONFLITS D'INTERETS ET AFFILIATION A L'ENTREPRISE GLEAMER

L'étude en objet, a été menée et écrite par des praticiens hospitaliers non rémunérés et non affiliés à l'entreprise Gleamer. Ladite entreprise, développant le logiciel d'IA, n'a financé par aucun moyen les différentes étapes de l'étude. En outre, les professionnels de santé n'ont aucun conflit d'intérêts à déclarer en lien avec le sujet d'étude.

AUTORISATION DE L'ETUDE ET PROTECTION DES DONNEES PERSONNELLES

La présente étude a fait l'objet d'une approbation préalable par le Conseil d'Administration de l'Hôpital Nord de Marseille. Conformément au RGPD¹, les modalités de mise en place de l'étude n'ont pas nécessité le consentement du patient. En conséquence, un numéro RGPD a été attribué à l'étude par le délégué à la protection des données de l'A.P.H.M.

LOGICIEL D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE D'AIDE A LA DETECTION DE FRACTURES : BONEVIEW®

Notre étude et les interprétations radiologiques qui en découlent, se basent sur l'utilisation d'un logiciel d'IA d'aide à la détection des fractures mis à notre disposition par l'entreprise française Gleamer, nommé Boneview®.

L'ensemble de données d'entraînement comprenait 15% de patients âgés de moins de 18 ans.

Le logiciel Boneview®, d'aide à la détection de fracture, a été développé à partir d'un ensemble de données provenant de 312 602 radiographies de patients souffrants de traumatismes. Ces patients ont été hospitalisés dans plus de 60 services de radiologie privés français, de janvier 2011 à mai 2021. Sur la base de cet échantillon de données, divisé de manière aléatoire en 70% d'ensemble d'entraînement, 10% de validation et 20% de tests internes, un réseau neuronal de *deep-learning*, basé sur le framework "Detectron 2" (7), a été conçu, entraîné, optimisé et validé pour détecter et localiser les fractures sur radiographies

¹ Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016, relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données). Également nommé Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD).

numériques à résolution native. L'ensemble de données d'entraînement comprenait 15% de patients âgés de moins de 18 ans.

Ce système d'IA met en évidence chaque région d'intérêt par une case et fournit un score de confiance concernant l'existence d'une fracture dans la région d'intérêt.

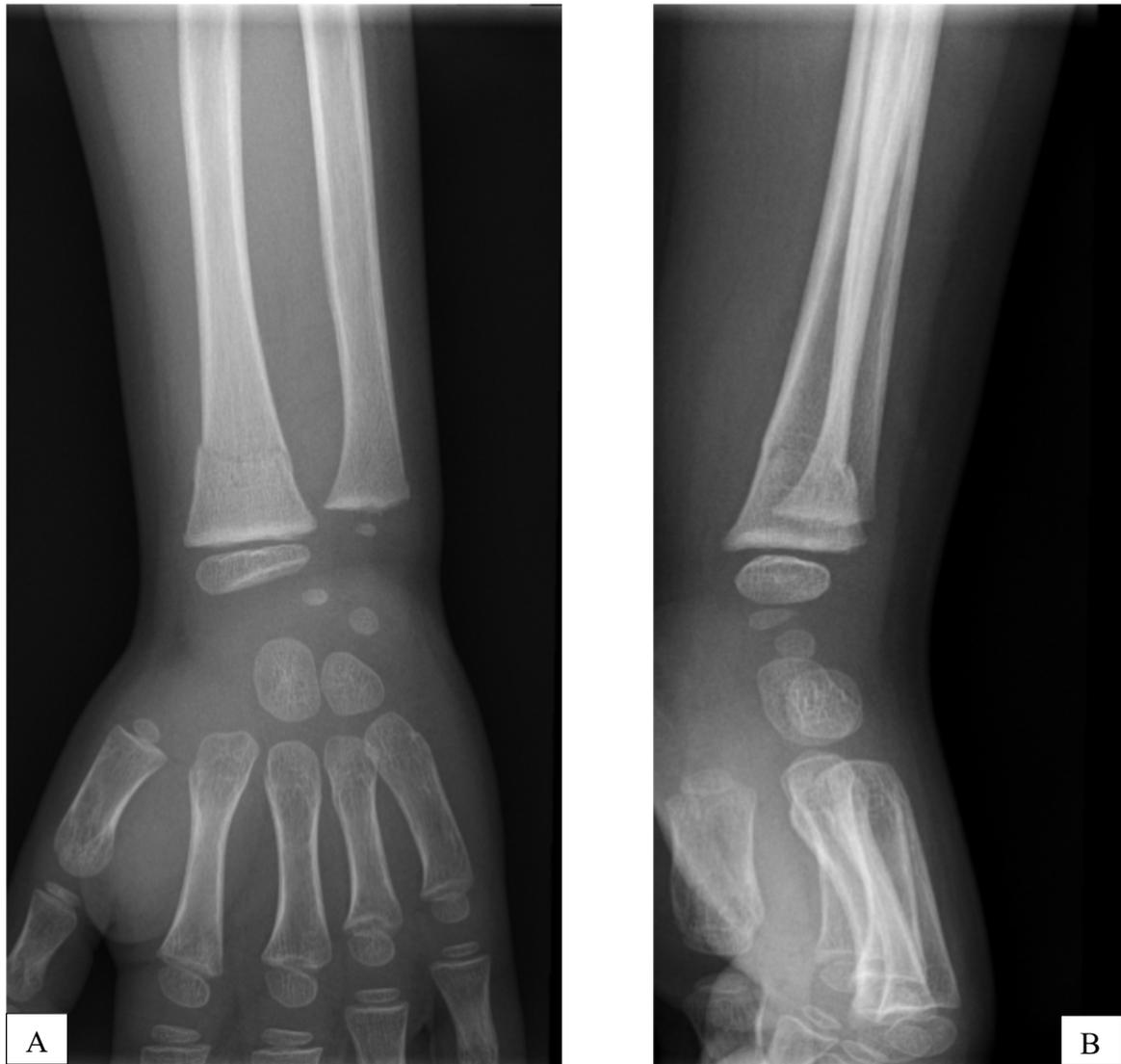


Figure 1 : Exemple de radiographies initiales du poignet face (A) et profil (B)

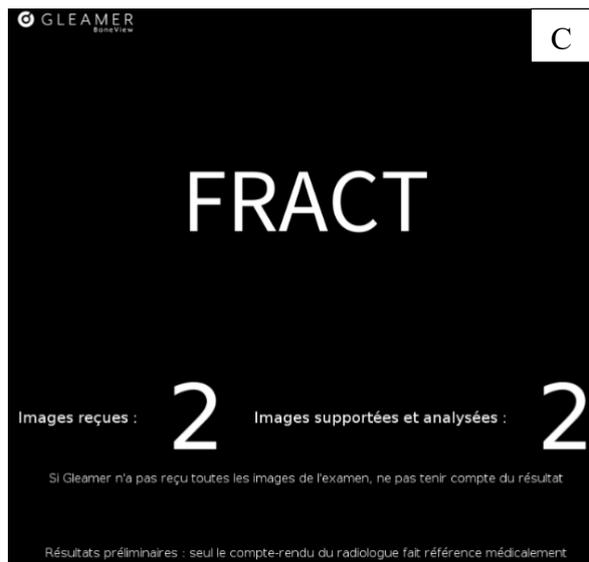
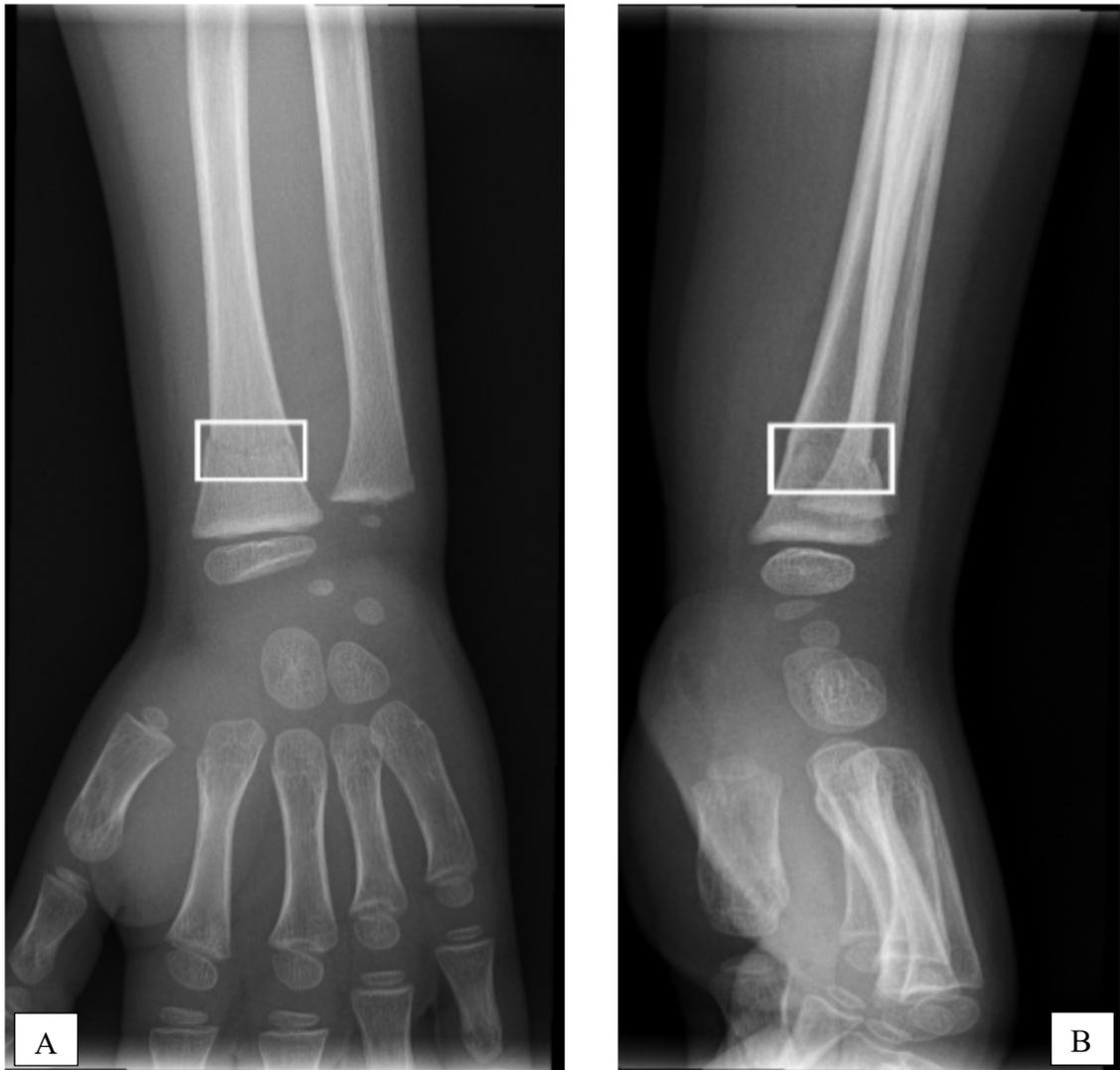


Figure 2 : Exemple de radiographies du poignet face (A) et profil (B) après identification par le logiciel Boneview® des régions d'intérêt et capture secondaire envoyée sur le PACS (C).

Ladite intelligence artificielle affiche l'information « fracture » dès lors que la certitude diagnostique avoisine les 90 % ou « doute fracture » lorsque la certitude diagnostique est comprise entre 70 et 90 %.

MATERIEL UTILISE POUR LES RADIOGRAPHIES

Les tables de radiographie utilisées pour réaliser les examens des patients venant consulter au service d'accueil des urgences pédiatriques de l'Hôpital Nord de Marseille, sont des tables PHILIPS® capteur plan. Les incidences en cas de traumatisme sont acquises en face et profil. Aucune incidence oblique n'a été réalisée chez les patients de notre étude et aucun cliché comparatif n'a été réalisé.

POPULATION ETUDIEE ET CRITERES D'INCLUSION/EXCLUSION DES PATIENTS DANS L'ETUDE

L'échantillon de 400 examens radiographiques, correspondant à 804 radiographies, utilisé au cours de l'étude, a été construit rétrospectivement à partir du 31 janvier 2020. Une recherche ante-chronologique, dans la base de données d'examens radiologiques, a permis de réunir 100 patients consécutifs, ayant fait l'objet d'une exploration radiographique lors d'une consultation aux urgences pédiatriques à l'hôpital Nord de Marseille, pour l'examen des articulations du coude, du poignet, du genou et de la cheville.

L'ensemble des radiographies sélectionnées a été pris à un moment (t) unique pour chaque patient, moment correspondant à la consultation initiale aux urgences.

Les patients sélectionnés devaient avoir moins de 16 ans, avoir été admis au service d'accueil des urgences pédiatriques de l'hôpital Nord de Marseille pour traumatisme et avoir bénéficié d'un examen radiographique d'une des quatre articulations précitées.

Les patients présentant une incertitude sur leur âge ou un historique clinique flou, avec une notion traumatique incertaine, n'ont pas été retenus. Le suivi du patient après le traumatisme a été vérifié grâce au dossier patient informatisé (Axigate ®) afin d'exclure les dossiers dont l'évolution clinique n'était pas en faveur du diagnostic initial.

Les radiographies de contrôle « post-réduction d'une luxation » ou « réfection de plâtre » ont également été exclues de l'analyse de la présente étude.

ANONYMISATION DES DONNEES A CARACTERE PERSONNELLE

Dans le but de garantir une anonymisation des données relatives aux patients, deux étapes de codification ont été nécessaires. La première étape a associé le nom du patient à un numéro d'hospitalisation. Ledit numéro d'hospitalisation a, par la suite, été remplacé par un numéro, créer aléatoirement, non rattachable au nom du patient. Cette codification aléatoire a permis une interprétation anonymisée de l'ensemble des examens inclus dans l'étude tel que le prévoit la loi sur la protection des données personnelles.

LECTURE ET INTERPRETATION DES IMAGERIES MEDICALES

L'ensemble des 400 examens radiographiques, recueilli dans le cadre de l'étude, a été interprété par un radiologue senior spécialisé en radiopédiatrie ayant plus de 20 ans d'expérience (Pr. K. Chaumôtre et Pr. M. Panuel). Ces imageries ont également fait l'objet d'une interprétation par un Interne de radiologie en fin de cursus (M. A. Planche). Les lecteurs étaient aveugles aux comptes rendus des autres radiologues impliqués ainsi qu'au diagnostic formulé par l'IA.

L'ensemble des interprétations a été réalisé sur des consoles de radiologie dédiées, sans limite de temps et avec l'accès au « bon d'examen », comportant les données cliniques du patient, rédigées par le médecin urgentiste.

Il doit être notifié, qu'afin d'être en adéquation avec les capacités de détection du logiciel Boneview®, que la recherche d'épanchement sur les imageries recueillies a été secondairement exclue. Un tel épanchement ne pouvant être détecté par l'IA que dans la région du coude, sa prise en compte aurait entravé l'homogénéité des résultats.

Par la suite, les imageries médicales ont été extraites du serveur de l'Assistance Public Hôpitaux de Marseille sous format DICOM², anonymisées et envoyées, de manière sécurisée, à la société Gleamer. Après traitement de ces examens, par le logiciel d'aide à la détection de fracture Boneview®, un envoi sécurisé des résultats obtenus à destination de l'Interne de radiologie a été effectué.

² Le format *Digital Imaging and Communication in Medicine* désigne la norme relative au format des fichiers numériques créés lors d'examens d'imagerie médicale.

Ultérieurement, l'Interne a réalisé une nouvelle interprétation, en aveugle de sa précédente analyse, de l'ensemble des examens d'imagerie recueillis avec l'aide du logiciel d'intelligence artificielle Boneview®.

Après cette seconde interprétation, l'Interne n'a modifié son compte-rendu dans le seul cas où, le logiciel Boneview® avait décelé une fracture non visualisée lors de sa première interprétation. A contrario, les comptes rendus n'ont fait l'objet d'aucune normalisation dès lors que l'IA signifiait une absence de fracture. Un défaut de confiance dans les performances de l'intelligence artificielle, notamment dans sa spécificité, a conduit l'Interne à ne prendre en considération que les diagnostics dits « en excès ».

Les comptes rendus résultants desdites interprétations, rédigés par l'Interne et le senior, ont été classés de manière binaire en deux catégories : « présence d'une fracture ou doute sur l'existence d'une fracture » versus « pas de fracture visible sur l'imagerie ». La même dichotomie catégorielle a servi de classification à l'interprétation des imageries faites par le logiciel Boneview®.

ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES RECUEILLIES

En considérant l'interprétation du Professeur universitaire comme référence « senior », les données recueillies lors de l'étude ont fait l'objet d'une analyse statistique.

Les sensibilités, les spécificités, les valeurs prédictives positives et négatives des interprétations par articulation, effectuées par l'Interne avec ou sans l'appui de l'intelligence artificielle, ont été évaluées.

La sensibilité d'un test mesure sa capacité à donner un résultat positif lorsqu'une hypothèse est vérifiée. Elle s'oppose à la spécificité, qui mesure la capacité d'un test à donner un résultat négatif lorsque l'hypothèse n'est pas vérifiée.

La validité prédictive est quant à elle explorée par la valeur prédictive positive qui correspond à la probabilité que la maladie soit présente lorsque le test est positif. La valeur prédictive négative est, à contrario, la probabilité que la maladie ne soit pas présente lorsque le test est négatif.

Afin d'être comparé, l'ensemble de ces valeurs ont fait, par la suite, l'objet d'un test de Student (t) apparié avec un seuil de significativité à 5%.

En outre, les données d'interprétation, ont été analysées par un test de concordance-diagnostique dit test non paramétrique Kappa de Cohen (K). Ce test permet de chiffrer l'accord entre deux ou plusieurs observateurs ou techniques lorsque les jugements sont qualitatifs.

L'estimation de l'accord entre les jugements catégoriels appliqués aux mêmes objets, fournis par deux ou plusieurs observateurs ou techniques, prend en compte la concordance aléatoire et permet ainsi de s'en affranchir.

La « concordance » signifie la proportion de sujets pour lesquels il y a accord entre les observateurs (22). On évalue ladite concordance grâce au calcul d'un coefficient nommé *kappa*. Ce coefficient varie de 0 à 1 en fonction du niveau de concordance observé.

Le tableau, ci-après, expose l'interprétation généralement admise du coefficient *kappa*. Cette interprétation, basée sur une étude unique et subjective (23), reste cependant discutable.

Tableau 1 : Interprétation du coefficient Kappa selon Landis et al. (23)

Coefficient Kappa	Estimation du degré de concordance
0	Mauvais
0 à 0.2	Négligeable
0.2 à 0.4	Faible
0.4 à 0.6	Moyen
0.6 à 0.8	Bon
0.8 à 1	Excellent

RESULTATS

CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION ETUDIEE

Au cours de l'interprétation des quatre séries de 100 examens radiographiques pédiatriques traumatiques des principales articulations, par le *gold standard*, représenté par le senior, 242 examens ne présentaient ni fracture ni épanchement, 124 présentaient une fracture et 34 uniquement un épanchement. Afin d'être en adéquation avec les capacités de détection du logiciel Boneview®, les données relatives aux épanchements ont été exclues de la suite de l'analyse.

Ces résultats, présentés dans le Tableau 2, mettent en évidence, en fonction de l'articulation explorée, une forte disparité des taux d'examens présentant une anomalie dite traumatique.

Seuls 9 % des examens intéressants un genou traumatique sont pathologiques contre 25 % concernant les chevilles traumatiques, 36 % concernant les coudes traumatiques et 54 % concernant les poignets traumatiques.

Tableau 2 : Résumé des interprétations des imageries en fonction du site étudié

Localisation	Pas de fracture / épanchement	Épanchement sans fracture	Fracture	Nombre d'examens
Coude	54	10	36	100
Poignet	46	0	54	100
Genou	75	16	9	100
Cheville	67	8	25	100
Total	242	34	124	400
% Total	60,5%	8,5 %	31%	100%

L'âge moyen des 400 patients inclus était de 9,44 ans avec une fourchette d'âge entre 11 mois et 16 ans et une médiane d'âge à 10 ans.

Concernant le sex-ratio, 237 des 400 patients (59,25%) étaient des garçons et seulement 163 patients étaient des filles (40,75%). Les garçons étaient en moyenne plus âgés que les filles avec un âge moyen de 9,96 ans contre 8,74 ans.

Tableau 3 : Résumé des caractéristiques démographiques de la population étudiée

Localisation	Moyenne d'âge	Moyenne d'âge ♀	Moyenne d'âge ♂	Médiane d'âge	Fourchette d'âge (an)	Nombre de ♀	Nombre de ♂
Coude	7.1 ans	6,1 ans	8 ans	6 ans	[1-16]	43	57
Poignet	9.3 ans	8,2 ans	9,9 ans	10 ans	[1-15]	36	74
Genou	11.3 ans	11,4 ans	11,2 ans	12 ans	[2-16]	33	77
Cheville	10 ans	9,4 ans	10,64 ans	11 ans	[0,92-16]	51	49
Total	9.4 ans	8,7 ans	9,9 ans	10 ans	[0,92-16]	163	237

INTERPRETATIONS RADIOLOGIQUES, ANALYSE PAR ARTICULATION

- **Coude**

Avec 7 fractures non visualisées et 2 fractures décelées à tort (**Tableau 4**), l'interprétation radiologique effectuée par l'Interne, sans le concours de l'IA, affiche, en référence au *gold standard*, une sensibilité de 0,81 associée à une spécificité évaluée à 0,97 (**Tableau 5**).

D'autre part, l'interprétation des examens d'imagerie par le logiciel d'IA Boneview® affiche une discordance en défaut moins élevée, avec seulement 5 examens radiographiques faussement négatifs, et un taux de faux positifs plus élevé avec 8 examens discordants par excès (**Tableau 4**).

En outre, l'association avec l'IA a permis à l'Interne de radiologie d'améliorer la valeur prédictive négative et la sensibilité de ses interprétations (**Tableau 5**). La sensibilité atteint dès lors 0,92 et 4 examens faussement négatifs, en première lecture, ont pu être redressés. Toutefois, avec 7 examens supplémentaires positifs à tort, la valeur prédictive positive et la spécificité des interprétations décroît passant de 0,97 à 0,86 (**Tableau 5**).

La concordance κ a quant à elle été améliorée, avec l'aide de l'IA, passant de 0,80 à 0,93 (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparatif des interprétations radiologiques du coude entre le senior, l'interne et l'IA

		Senior	Interne	IA	Interne + IA
Nombre d'exams radiographiques	Fracture	36	31	42	37
	Pas de fracture	64	69	58	63
	Discordance en excès		2	8	9
	Discordance en défaut		7	5	3
Concordance diagnostique (K)	Senior		0,80	0,71	0,93
	Interne			0,66	

IA : logiciel Boneview®.

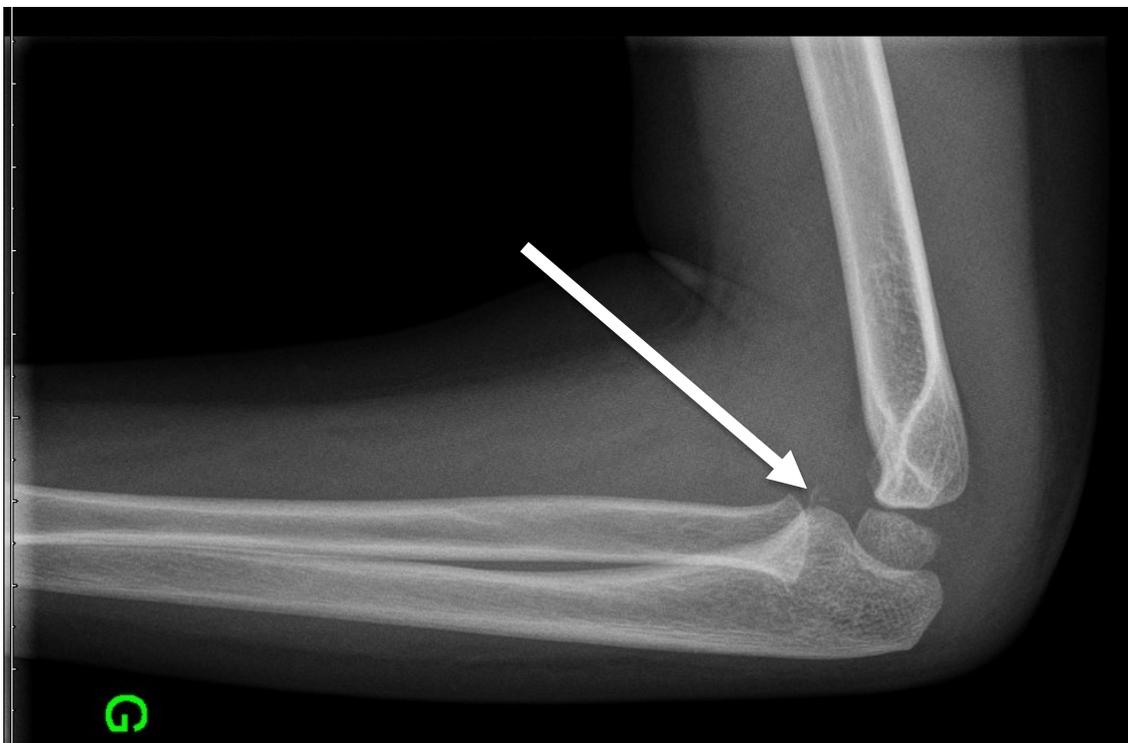


Figure 3 : Exemple d'une radiographie du coude gauche, de profil, avec une fracture du processus coronoïde (flèche) visualisée par l'Interne et non détectée par le logiciel d'IA.

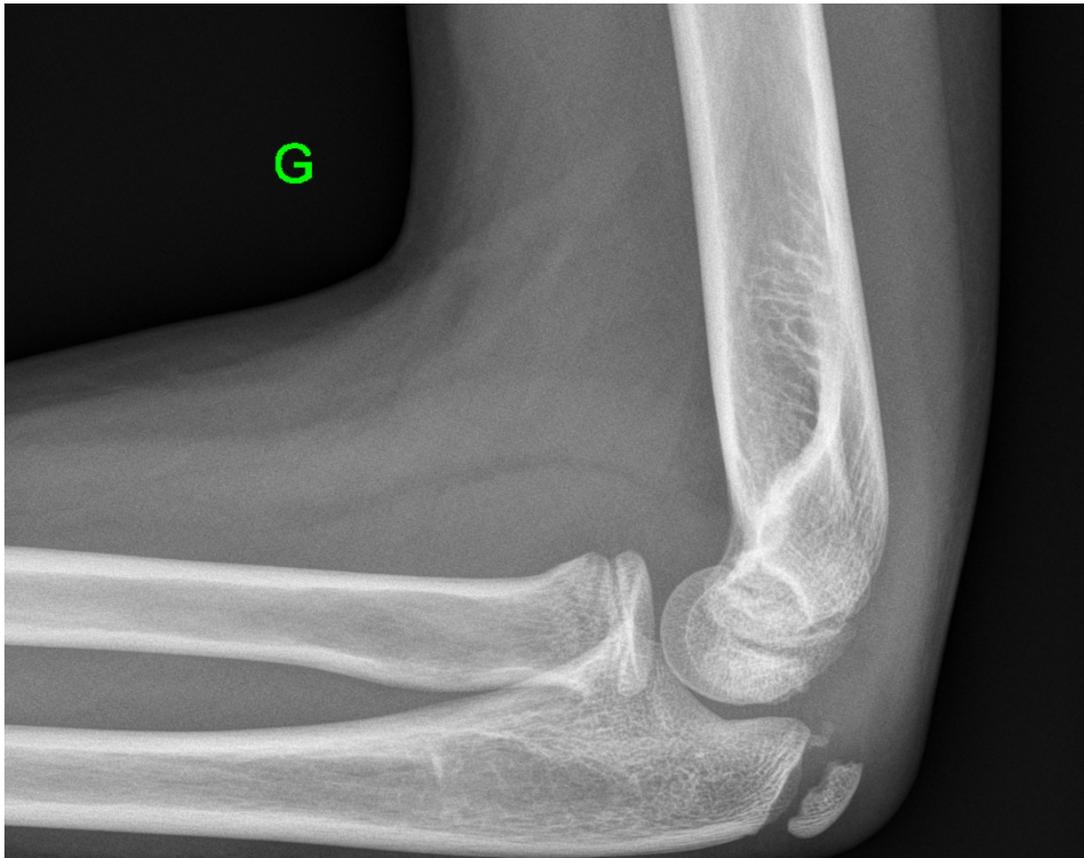


Figure 4 : Exemple d'une radiographie du coude gauche, de profil, avec une fracture de la métaphyse radiale non visualisée par l'Interne et détectée par le logiciel d'IA

Tableau 5 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relative à l'articulation du coude

Conclusions d'examens			Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
	Senior +	Senior -				
Interne +	29	2	0,80	0,97	0,93	0,90
Interne -	7	67				
Interne/IA +	34	9	0,92	0,86	0,79	0,95
Interne/IA -	3	54				
IA +	34	8	0,87	0,87	0,81	0,91
IA -	5	53				

- **Poignet**

Avec 7 fractures non visualisées et seulement 1 fracture décelée à tort (**Tableau 6**), l'interprétation radiologique effectuée par l'Interne, sans le concours de l'IA, affiche, en référence au *gold standard*, une sensibilité de 0,86 associée à une spécificité évaluée à 0,98 (**Tableau 7**).

D'autre part, l'interprétation des examens d'imagerie par le logiciel d'IA Boneview® affiche une discordance en défaut moins élevée, avec seulement 1 examen radiographique faussement négatif, et un taux de faux positif plus élevé avec 2 examens discordants par excès (**Tableau 6**).

En outre, l'association avec l'IA a permis à l'Interne de radiologie d'améliorer la valeur prédictive négative et la sensibilité de ses interprétations (**Tableau 7**). La sensibilité atteint dès lors 0,98 et 6 examens faussement négatifs, en première lecture, ont pu être redressés. Toutefois, avec 7 examens supplémentaires positifs à tort, la valeur prédictive positive et la spécificité des interprétations décroît passant de 0,98 à 0,94 (**Tableau 7**).

La concordance κ a quant à elle été améliorée, avec l'aide de l'IA, passant de 0,86 à 0,94 (**Tableau 6**).

Tableau 6 : Comparatif des interprétations radiologiques du poignet entre le senior, l'Interne et l'IA

		Senior	Interne	IA	Interne + IA
Nombre d'exams radiographiques	Fracture	54	49	49	53
	Pas de fracture	46	51	51	47
	Discordance en excès		1	2	3
	Discordance en défaut		7	1	1
Concordance diagnostique (K)	Senior		0,86	0,94	0,94
	Interne			0,84	

IA : logiciel Boneview®.



Figure 5 : Exemple d'une radiographie du poignet droit, de profil, avec une fracture en motte de beurre de la métaphyse radiale non visualisée par l'Interne et détectée par l'IA.

Tableau 7 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relatives à l'articulation du poignet

Conclusions d'examens		Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
	Senior +				
Interne +	42	0,86	0,98	0,98	0,88
Interne -	7				
Interne/IA +	52	0,98	0,94	0,94	0,98
Interne/IA -	1				
IA +	47	0,98	0,96	0,96	0,98
IA -	1				

- **Genou**

Avec seulement une fracture non visualisée et 4 fractures décelées à tort (**Tableau 8**), l'interprétation radiologique effectuée par l'Interne, sans le concours de l'IA, affiche, en référence au *gold standard*, une sensibilité de 0,88 associée à une spécificité évaluée à 0,96 (**Tableau 9**).

D'autre part, l'interprétation des examens d'imagerie par le logiciel d'IA Boneview® affiche une discordance en défaut plus élevée, avec 4 examens radiographiques faussement négatifs, et un faible taux de faux positif avec seulement 1 examen discordant par excès (**Tableau 8**).

En outre, l'association avec l'IA a permis à l'Interne d'améliorer la valeur prédictive négative et la sensibilité de ses interprétations (**Tableau 9**). La sensibilité atteint dès lors la valeur idéale d'1, le seul examen faussement négatif, en première lecture, ayant pu être décelé. Toutefois, avec 1 examen supplémentaire positif à tort, la valeur prédictive positive et la spécificité des interprétations décroît passant de 0,96 à 0,94 (**Tableau 9**).

La concordance κ a quant à elle été améliorée, avec l'aide de l'IA, passant de 0,73 à 0,76 (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Comparatif des interprétations radiologiques du genou entre le senior, l'Interne et l'IA

		Senior	Interne	IA	Interne + IA
Nombre d'examens radiographiques	Fracture	9	12	4	14
	Pas de fracture	91	88	96	86
	Discordance en excès		4	1	5
	Discordance en défaut		1	6	0
Concordance diagnostique (K)	Senior		0,73	0,43	0,75
	Interne			0,20	

IA : logiciel Boneview®.

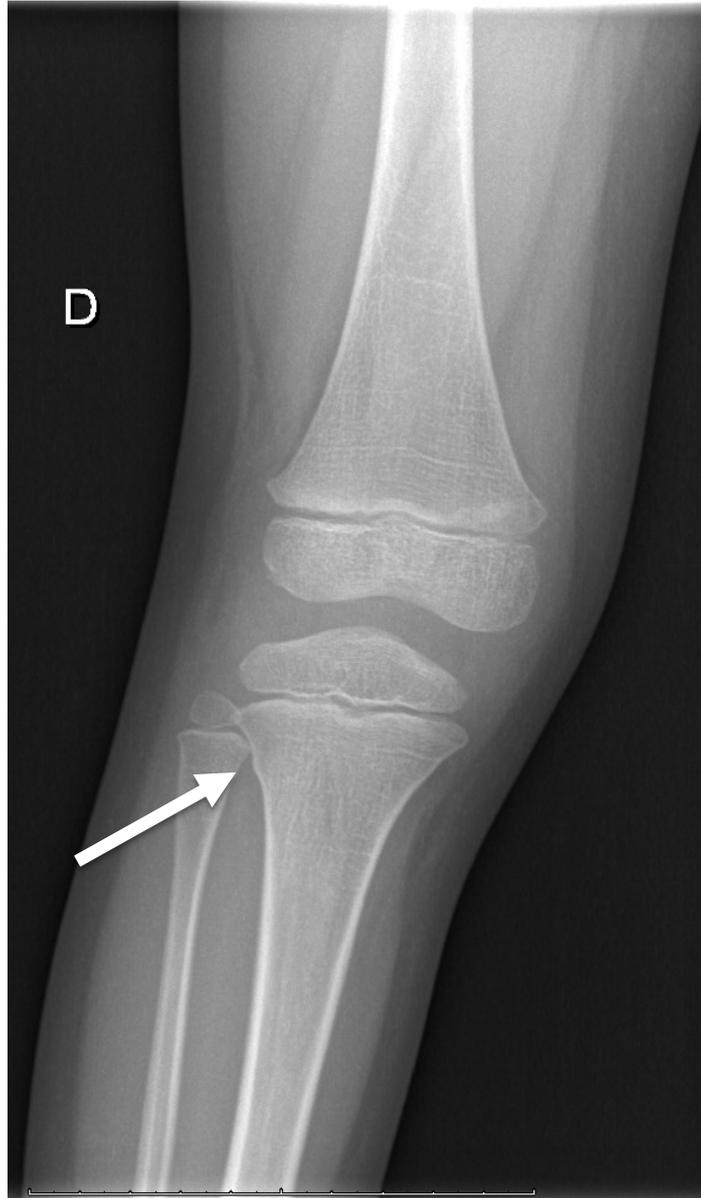


Figure 6 : Exemple d'une radiographie du genou droit, de face, avec une fracture en motte de beurre de la métaphyse tibiale (flèche) non visualisée par l'Interne et détectée par la suite par le logiciel d'IA



Figure 7 : Exemple d'une radiographie d'un genou gauche de profil (A) et de face (B) avec une maladie des exostoses multiples, détectée à tort par l'IA comme des fractures métaphysaires



Figure 8 : Exemple d'une radiographie d'un genou gauche, de face, avec un fragment ostéo-chondrale au sein de l'échancrure inter-condylienne (flèche) visualisée par l'Interne et non décelée par le logiciel d'IA

Tableau 9 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relatives à l'articulation du genou

Conclusions d'examens			Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
	Senior +	Senior -				
Interne +	8	4	0,89	0,96	0,67	0,99
Interne -	1	87				
Interne/IA +	9	5	1	0,94	0,64	1
Interne/IA -	0	86				
IA +	3	1	0,33	0,99	0,75	0,94
IA -	6	90				

- **Chevilles**

Avec 7 fractures non visualisées et 7 fractures décelées à tort (**Tableau 10**) l'interprétation radiologique effectuée par l'Interne, sans le concours de l'IA, affiche, en référence au *gold standard*, une sensibilité de 0,73 associée à une spécificité évaluée à 0,90 (**Tableau 11**).

D'autre part, l'interprétation des examens d'imagerie par le logiciel d'IA Boneview® affiche une discordance en défaut plus élevée, avec 10 examens radiographiques faussement négatifs, et un taux de faux positif équivalent avec 7 examens discordants par excès (**Tableau 10**).

En outre, l'association avec l'IA a permis à l'Interne d'améliorer la valeur prédictive négative et la sensibilité de ses interprétations (**Tableau 11**). La sensibilité atteint dès lors 0,85 et 3 examens faussement négatifs, en première lecture, ont pu être redressés. Toutefois, avec 5 examens supplémentaires positifs à tort, la valeur prédictive positive et la spécificité des interprétations décroît passant de 0,90 à 0,83 (**Tableau 11**).

La concordance κ a quant à elle été améliorée, avec l'aide de l'IA, passant de 0,66 à 0,69 (**Tableau 10**).

Tableau 10 : Comparatif des interprétations radiologiques de la cheville entre le senior, l'Interne et l'IA

		Senior	Interne	IA	Interne + IA
Nombre d'exams radiographiques	Fracture	25	26	26	27
	Pas de fracture	75	74	74	73
	Discordance en excès		7	7	12
	Discordance en défaut		7	10	4
Concordance diagnostique (K)	Senior		0,66	0,47	0,69
	Interne			0,66	

IA : logiciel Boneview®.



Figure 9 : Exemple d'une radiographie de la cheville droite, de face, avec fracture ostéo-chondrale de la pointe de la fibula (flèche) non visualisée par l'Interne et détectée par le logiciel d'IA

Tableau 11 : Tableau de contingence et données de performances diagnostiques relatives à l'articulation de la cheville

Conclusions d'examens	Senior +		Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
	Senior +	Senior -				
Interne +	19	7	0,73	0,90	0,73	0,90
Interne -	7	67				
Interne/IA +	23	12	0,85	0,83	0,66	0,94
Interne/IA -	4	61				
IA +	19	7	0,65	0,90	0,73	0,86
IA -	10	64				

INTERPRETATIONS RADIOLOGIQUES, ANALYSE GENERALE DES CONCORDANCES DIAGNOSTIQUES

- *Senior et Interne, sans le concours de l'intelligence artificielle, analyse des concordances diagnostiques*

Les résultats de la présente étude montrent une concordance diagnostique moyenne, entre l'Interne et le senior, de 0,76 avec une faible disparité en fonction des différentes articulations étudiées.

Bien que la disparité des résultats soit faible, la concordance diagnostique présente un meilleur score lorsqu'il s'agit de l'articulation du poignet avec un résultat de 0,86. Comme le montre le tableau de résultats ci-dessous, ce score de concordance, est diminué dès lors qu'il concerne les articulations du coude, du genou et de la cheville pour être respectivement de 0,80, 0,73 et 0,66.

Tableau 12 : Concordances diagnostiques entre l'Interne et le Senior

	Coude	Poignet	Genou	Cheville	Moyenne
Concordance diagnostique (kappa)	0.80	0.86	0.73	0.66	0,76

- *Interne et IA, analyse des concordances diagnostiques*

À contrario des résultats précédemment exposés, dès lors qu'il s'agit de mettre en parallèle l'interprétation radiologique faite par l'Interne et l'interprétation proposée par le logiciel Boneview® d'IA d'aide à la détection des fractures, le score de concordance diagnostique moyen chute.

Le Tableau 13, ci-dessous, retranscrit un score de concordance diagnostique moyen, sur l'ensemble des 400 examens interprétés par l'Interne de radiologie et le logiciel Boneview®, de 0.59 avec un score maximal de 0.84, pour l'articulation du poignet, et un score minimal de 0.20 pour l'articulation du genou. Dans cet intervalle, les interprétations relatives aux articulations de la cheville et du coude donnent des scores de concordance-diagnostique mesurés de 0.66.

Tableau 13 : Concordances diagnostiques entre l'Interne et l'IA

	Coude	Poignet	Genou	Cheville	Moyenne
Concordance diagnostique (kappa)	0.66	0.84	0.20	0.66	0,59

- *Senior et IA, analyse des concordances diagnostiques*

Parallèlement, les résultats de la présente étude montrent une concordance diagnostique moyenne, entre le senior et le logiciel Boneview®, légèrement supérieure à celle précédent citée, concernant l'Interne et ledit logiciel, pour atteindre un score de 0.64.

Dans les résultats décrits dans le Tableau 14, il est à souligner une forte disparité en fonction des différentes articulations étudiées. Les interprétations des imageries relatives à l'articulation du poignet présentent une concordance diagnostique quasi parfaite avec un score atteignant 0.94 tandis que le score relatif à l'articulation du genou atteint péniblement la valeur de 0.43. Ce score de concordance est modifié dès lors qu'il concerne les articulations de la cheville et du coude, pour être respectivement de 0.47 et 0.71.

Tableau 14 : Concordances diagnostiques entre le senior et l'IA

	Coude	Poignet	Genou	Cheville	Moyenne
Concordance diagnostique (kappa)	0.71	0.94	0.43	0.47	0,64

Au vu des résultats précédemment énoncés, la concordance diagnostique moyenne du logiciel d'intelligence artificielle avec le senior reste inférieure à la concordance diagnostique entre l'Interne et le senior. L'articulation du poignet fait cependant exception. Le logiciel Boneview® présente une concordance de 0.94 avec le Professeur contre 0.86 seulement entre l'Interne et le Professeur.

- *Senior et Interne, avec le concours de l'intelligence artificielle, analyse des concordances diagnostiques*

Après une seconde interprétation par l'Interne, aidé du logiciel Boneview®, des 400 examens radiographiques recueillis, les résultats de la présente étude montrent une concordance diagnostique moyenne, entre l'Interne et le senior, de 0.83. Ce score met en évidence une amélioration de la concordance des diagnostics posés par l'Interne et le senior, comparativement à une interprétation des imageries sans le concours du logiciel d'IA.

L'amélioration la plus franche intéresse l'articulation du coude avec une augmentation du coefficient de concordance passant de 0.80 à 0.93. Le coefficient de concordance relatif à l'articulation du poignet présente également un accroissement passant de 0.86 à 0.94. En revanche, les coefficients de concordance diagnostique des articulations de la cheville et du genou montrent une progression plus modeste évoluant respectivement de 0.66 à 0.69 et de 0.73 à 0.76.

Tableau 15 : Concordances diagnostiques entre l'Interne avec l'IA et le senior

	Coude	Poignet	Genou	Cheville	Moyenne
Concordance diagnostique (kappa)	0.93	0.94	0.76	0.69	0,83

Il est à noter que les modifications d'interprétation, réalisées par l'Interne lors de la seconde visualisation des imageries avec le concours du logiciel Boneview®, ont uniquement pris en considération l'adjonction, dans les conclusions diagnostiques, de lésions traumatiques non détectées lors de la première interprétation. Aucune correction du compte-rendu n'a été effectuée, dès lors que le logiciel d'intelligence artificielle ne détectait pas, à contrario de l'Interne, une lésion traumatique.

SIGNIFICATIVITE STATISTIQUE DE LA MODIFICATION DES PERFORMANCES ET DE LA CONCORDANCE DIAGNOSTIQUE

Les résultats de l'étude mettent en évidence une amélioration significative de la sensibilité des interprétations effectuées par l'Interne avec le concours du logiciel d'IA Boneview®. La sensibilité moyenne passant de 0.82 à 0.94 avec une différence absolue de 0.12 ($p < 0.05$; [+0.1271 ; +0.1076]). Sans significativité statistique, la valeur prédictive négative s'en trouve elle aussi améliorée. A contrario, lesdites interprétations accusent une baisse, non significative, de leur spécificité et de leur valeur prédictive positive.

Concernant la concordance diagnostique moyenne, une amélioration non statistiquement significative est également observée.

Ainsi, le logiciel d'IA permet à l'Interne d'améliorer ses performances diagnostiques avec une meilleure détection des fractures appendiculaires de l'enfant sans impacter de manière significative sa spécificité, sa VPP ou sa VPN.

Tableau 16 : Concordance et performance diagnostiques de l'Interne avec et sans le concours de l'IA

	Interne sans IA	Interne et IA	Différence absolue (p-value)	Intervalle de confiance à 95%
Sensibilité moyenne	0,82	0,94	0.1174 (p < 0.05)	[+0.1271 ; +0.1076]
Spécificité moyenne	0,95	0,89	0.0598 (p = 0.07)	[-0.0093 ; +0.1288]
Valeur prédictive positive moyenne	0.83	0.76	0.0684 (p = 0.09)	[-0.0198 ; +0.1565]
Valeur prédictive négative moyenne	0.92	0.97	0.0468 (p = 0.09)	[-0.0198 ; +0.1565]
Concordance diagnostique moyenne	0.76	0.83	0.062 (p = 0.12)	[-0.1548 ; 0.031]

En outre, la comparaison entre les performances diagnostiques de l'Interne et de l'IA montre, pour l'ensemble des indicateurs étudiés, une supériorité non statistiquement significative de l'Interne seul par rapport au logiciel d'IA. Il en est de même pour la concordance avec le senior qui est de 0.76 pour l'Interne, contre seulement 0.64 pour l'IA.

Tableau 17 : Concordances et performances diagnostiques comparées entre l'Interne et l'IA

	Interne sans IA	IA	Différence absolue (p-value)	Intervalle de confiance à 95%
Sensibilité moyenne	0,82	0,71	0.1107(p = 0.52)	[-0.3794 ; 0.6008]
Spécificité moyenne	0,95	0,93	0.02 (p = 0.48)	[-0.0678 ; 0.1139]
Valeur prédictive positive moyenne	0.83	0.81	0.015 (p = 0.75)	[-0.1219 ; 0.152]
Valeur prédictive négative moyenne	0.92	0.92	0.005(p = 0.90)	[-0.117 ; 0.1071]
Concordance diagnostique moyenne	0.76	0.64	0.21(p = 0.22)	[-0.1343 ; 0.3828]

DISCUSSION

La multitude de consultations pour suspicion de fracture, au sein des services des urgences pédiatriques, et les nombreuses erreurs de prise en charge qui en découlent font du diagnostic des fractures pédiatriques des membres un enjeu d'importance. Or, la carence que connaît le territoire français en radiologues spécialisés en pédiatrie, associée à la complexité diagnostique des fractures de l'enfant, font de cet enjeu de santé publique une problématique difficilement solvable.

L'aide d'un logiciel d'intelligence artificielle est une piste d'amélioration des performances diagnostiques des radiologues généralistes, amélioration des performances qui pourrait partiellement pallier à la faible démographie en radiologues spécialisés en pédiatrie et, ainsi, parfaire la prise en charge des populations juvéniles sur le territoire national.

Cette étude, démontre que l'utilisation d'un logiciel d'intelligence artificielle d'aide au diagnostic, par un Interne de radiologie en fin de cursus, assimilable à un radiologue généraliste, lui permet d'améliorer significativement sa performance diagnostique, avec comme *gold standard* un Professeur de radiopédiatrie expérimenté, lorsqu'il s'agit de la détection de fractures sur des radiographies traumatiques pédiatriques. Sa sensibilité de détection passe de 0,82 à 0,94 (intervalle de confiance à 95% [+0.1271 ; +0.1076]).

Pour mémoire et à titre d'exemple, le logiciel d'aide à la détection de fracture a permis de corriger 14 examens radiologiques faussement interprété par l'Interne, en première lecture, comme « normaux ». Cet accroissement de la sensibilité de détection des fractures est important car les complications et la morbidité d'une fracture passée inaperçue peuvent être significatives.

De surcroit, avec l'aide de l'IA, l'Interne a diagnostiqué 96% des fractures du poignet, 94% des fractures du coudes, 100% des fractures du genou et 92% des fractures de la cheville. Sans l'aide de l'IA, ces pourcentages n'étaient que de 78% des fractures du poignet, 67% des fractures du coudes, 88% des fractures du genou et 76% des fractures de la cheville.

Peu d'études ont, à notre connaissance, évalué les performances et concordances diagnostiques entre différentes interprétations formulées par des professionnels de la santé assistés par l'IA, dans la recherche de fractures osseuses pédiatriques du squelette

appendiculaire. En outre, à contrario de notre étude portant sur de multiples articulations, les quelques études publiées chez l'enfant, examinant les performances diagnostiques d'un logiciel de *deep-learning* pour la détection de fractures osseuses, se sont concentrées sur des articulations précises telles que celle du coude (18)(19,20), du poignet (2)(24)(25) ou encore de la hanche (26)(27). Les études d'England et al. et de Choi et al. sont encore plus spécifiques, se focalisant respectivement sur les fractures supra-condyliennes (19) et les épanchements articulaires du coude (20). Cette restriction du champ d'étude à une articulation unique ou à un type de fracture réduit nettement le potentiel de transposition à la pratique radiologique courante.

Bien que focalisées sur certaines articulations, lesdites études ont cependant toutes montré une amélioration significative des performances diagnostiques des praticiens avec le concours du logiciel de *deep-learning*. Cette amélioration des performances était particulièrement marquée chez des médecins peu expérimentés (Interne en début de cursus) (2), non spécialisés (médecin urgentiste, chirurgien, etc.) ou encore lors d'un travail nocturne. Les logiciels d'intelligence artificielle ont, par le biais de ces études, révélé des performances diagnostiques remarquables non influencées par des facteurs extérieurs tels que la fatigue, le stress ou la charge de travail (24).

D'autre part, quelques études publiées, chez l'adulte, examinant les logiciels d'IA pour la détection de fractures osseuses, utilisent des *viewers* (2) distincts des PACS pour l'interprétation des imageries. L'usage de deux systèmes d'interprétation est pourtant peu confortable en pratique courante. De plus, certaines études, comme l'étude pédiatrique de Rayan et al. (18), font usage d'algorithmes nécessitant un formatage des données d'imagerie avec une perte d'information (500 x 500 pixels) limitant fortement la capacité diagnostique des lésions discrètes ou de petites tailles. Alors que la plupart des études précédemment citées utilisent des images recadrées ou réduites, le système d'IA utilisé dans notre étude traite des images en pleine résolution avec plusieurs radiographies par patient et peut être directement intégré dans le *Work Flow* et le PACS³.

³ Le *Picture Archiving and Communication System* (PACS) est le système de gestion électronique des images médicales avec des fonctions d'archivage, de stockage et de communication rapide. Il est utilisé en complément du système réseautique de gestion des activités des services de radiologies, appelé Système d'Information Radiologique (SIR), pour la gestion des images. Comme le souligne la Société Française de Radiologie (SFR), c'est « un outil clé pour la prise en charge des patients et la cohérence des soins » (28).

Pour rester au plus près de la réalité du terrain, a également été conservé, l'ensemble des examens radiographiques de mauvaise qualité ainsi que les diagnostics évidents ou présentant une inhabituelle difficulté.

Il est à noter que la conception de l'étude a permis à tous les « lecteurs » d'interpréter la même imagerie avec et sans IA. Cette conception favorise une plus grande puissance statistique des résultats.

D'autre part, pour éviter un biais contextuel et garder une ligne de conduite proche de la pratique quotidienne des praticiens, les radiologues avaient accès, lors de l'interprétation des imageries, au « bon d'examen » rédigé par l'urgentiste ainsi qu'aux données cliniques du patient. Cette ligne de conduite n'a pas été, à notre connaissance, utilisée dans d'autres études. Lindsey et al. (2) déplorent d'ailleurs dans leur discussion un manque de transmission d'informations concernant l'évaluation globale du patient par le clinicien.

Contrairement à certains articles publiés sur la détection de fracture à l'aide d'un logiciel d'IA(7), la présente étude a considéré l'évaluation de la détection des fractures comme une tâche de classification binaire, excluant l'identification de fractures multiples sur une seule image. Cette méthodologie d'interprétation semble correspondre davantage à la pratique quotidienne. Une conclusion dichotome évoquant la « présence » ou « l'absence » d'une fracture influence majoritairement la prise en charge. La topographie, le nombre ou encore le type de fracture modifient plus rarement la prise en charge du patient.

Bien que l'étude présente une conception proche de la réalité du terrain, la dichotomie des conclusions peut être source d'erreurs d'interprétation. Après avoir identifié une première anomalie, les radiologues observés auront tendance à cesser de continuer à rechercher d'autres lésions. Ce biais d'interprétation est connu sous le nom de « satisfaction de la recherche » (29).

Il doit également être notifié, qu'afin d'être en adéquation avec les capacités de détection du logiciel Boneview, que la recherche d'épanchement sur les imageries recueillies a été exclue. Un tel épanchement ne pouvant être détecté par l'IA que dans la région du coude, sa prise en compte aurait entravé l'homogénéité des résultats. Ce biais est important car la visualisation

d'un épanchement est souvent le seul signe de fracture du coude chez l'enfant en raison des fractures incomplètes ou cartilagineuses.

Outre ce biais potentiel d'interprétation, comme beaucoup d'autres études pédiatriques publiées (18,20), l'étude fait usage exclusif d'échantillon monocentrique et rétrospectif. De surcroît, le contexte d'interprétation en urgence associé, le cas échéant, à des horaires de nuit, n'a pu être reproduit en raison du caractère rétrospectif de l'étude. Une étude prospective multicentrique incluant l'interprétation d'un médecin urgentiste permettrait d'évaluer l'apport direct d'un logiciel de *deep-learning* au sein des services d'accueil des urgences.

Bien qu'en pratique courante les interprétations réalisées par un Professeur de radiologie constituent le *gold standard*, l'adjonction d'une seconde lecture « senior » associée à une consultation clinique de suivi ou à des radiographies de contrôle, permettrait la consolidation du diagnostic. Un diagnostic, obtenu de la sorte, serait indiscutable.

Il est à noter, qu'en l'absence d'un consensus quant à la manière d'affirmer avec certitude la présence d'une lésion, la définition d'un *gold standard* porte à caution. Dans la majorité des études précitées le *gold standard* est constitué d'une simple ou double lecture par un radiologue expérimenté dans la surspécialité étudiée. Le choix d'un tel référentiel, bien que discutable, est en accord avec la pratique clinique courante qui prend pour référence l'expérience.

Par ailleurs, la conception de l'étude laisse place à deux effets d'interprétation l'un concerne uniquement l'Interne et l'autre l'ensemble des lecteurs.

Par effet d'entraînement, l'Interne a vu au fil des 400 interprétations une incontestable amélioration de ses performances d'identification des lésions traumatiques et, par conséquent, de sa concordance diagnostique avec le senior. L'expérience est indubitablement source d'acquisition de compétences.

L'effet Hawthorne a également pu affecter les lecteurs, conduisant, à une modification de leur comportement en réponse à leur conscience d'être observés. Une lecture plus approfondie, qu'à l'accoutumée, des examens radiographiques, influence directement les performances diagnostiques.

En outre, un défaut de confiance dans les performances de l'intelligence artificielle a conduit l'Interne à modifier son compte-rendu dans le seul cas où, le logiciel Boneview avait décelé une fracture non visualisée lors de sa première interprétation. A contrario, les comptes rendus n'ont fait l'objet d'aucune normalisation dès lors que l'IA signifiait une absence de fracture. La prise en considération de l'aide-diagnostique du logiciel dans certains de ces dossiers aurait amélioré les performances-diagnostiques. Une meilleure connaissance de la spécificité et des valeurs prédictives positives reliées aux caractéristiques intrinsèques de détection des fractures du logiciel, permettrait d'abolir les préjugés des praticiens.

Les résultats obtenus soulèvent parallèlement d'autres réflexions concernant, d'une part, la disparité d'examens pathologiques selon l'articulation étudiée et, d'autre part, la performance de détection des fractures pédiatriques du logiciel Boneview®.

Après l'interprétation par un senior des imageries recueillies, l'analyse des résultats montre, en fonction de l'articulation explorée, une forte disparité des taux d'examens présentant une anomalie dite pathologique. Seuls 9 % des examens intéressants le genou sont pathologiques contre 25 % concernant les chevilles, 36 % concernant les coudes et 54 % concernant les poignets. Cette disparité prêche à se questionner sur la pertinence des indications d'imagerie lors de l'exploration des traumatismes pédiatriques, notamment du genou. Une rationalisation de l'usage de la radiographie pourrait abaisser le nombre d'explorations irradiantes de l'enfant.

D'autre part, à l'inverse de ce à quoi on pouvait s'attendre, au vu des constatations faites dans certaines études de performances utilisant le logiciel Boneview® chez l'adulte (7), la présente étude révèle que l'Interne de radiologie, non assisté par l'IA, présente de meilleures performances et concordances diagnostiques avec le senior, dans la détection des fractures du squelette appendiculaire de l'enfant, que le logiciel seul. Ces différences sont cependant non statistiquement significatives.

Les différentes phases de croissance osseuse et les variantes anatomiques de l'enfant peuvent prêter à confusion et pourraient se révéler être une source d'erreurs d'interprétation pour ledit logiciel. Face à la complexité diagnostique des fractures pédiatriques, les logiciels d'IA devraient être développés spécifiquement pour des radiographies d'enfants avec des kits d'apprentissage adaptés. Leurs performances de détection devraient être éprouvées au cours d'études prospectives multicentriques dédiées.

Enfin, après une analyse approfondie des fractures décelées en excès ou à défaut par l'IA, il semble que celle-ci soit performante dans la détection des interruptions et déformations corticales. Cette sensibilité de détection des anomalies corticales permet dans certains cas de récupérer de petites lésions non visualisées par le radiologue (**Figure 6**). Cependant, l'IA semble rencontrer des difficultés à déceler les fractures sans déformations corticales tels que les avulsions ou arrachements ostéo-chondraux (**Figure 8**). De plus, certaines imageries faussement positives peuvent être des superpositions d'images, créant une pseudo-déformation corticale, ou des lésions corticales non traumatiques (**Figure 7**), détectées à tort par le logiciel Boneview® comme une fracture. Il existe en conséquence une piste d'amélioration pour permettre au logiciel d'IA de visualiser plus de sous-types de fractures et de ne pas positiver toute anomalie corticale.

CONCLUSION

L'utilisation d'un logiciel d'IA permet à un Interne de radiologie, en fin de cursus, d'améliorer ses performances diagnostiques, avec comme référence un Professeur de radiopédiatrie expérimenté, concernant la détection de fractures pédiatriques appendiculaires grâce à une amélioration significative de sa sensibilité de détection.

En pratique, moins de fractures pédiatriques des membres passeraient inaperçues lors d'un passage aux urgences. Néanmoins, il reste nécessaire d'améliorer les performances diagnostiques pédiatriques de l'IA qui se montre moins efficace que chez l'adulte (7).

La singularité de la présente étude réside dans le fait d'étudier tous types de lésions traumatiques, sur les 4 principales articulations de l'enfant, tout en étant proche d'une activité « en vie réelle » avec l'utilisation du bon d'examen et d'un logiciel d'IA directement intégré au PACS du centre hospitalier.

L'amélioration et la généralisation de cet outil, permettraient aux radiologues non spécialisés en radiologie-pédiatrique, de réaliser une interprétation des radiographies traumatiques du squelette appendiculaire plus efficace en réduisant au maximum les radiographies faussement négatives. L'utilisation de logiciels d'intelligence artificielle pourrait ainsi pallier partiellement à la faible démographie en radiologues pédiatriques dans de nombreux centres hospitaliers en réduisant le nombre d'erreurs diagnostiques et toutes les conséquences juridiques et financières qui en résultent. La qualité et la sécurité des soins fournis dans les centres sous dotés en spécialistes, s'en trouveraient améliorées.

En outre, l'utilisation de logiciels d'IA pourrait réduire l'épuisement professionnel des radiologues (30) par l'amélioration des conditions de travail. Les coûts de santé, au fil des ans, s'en trouveraient également abaissés par une diminution des poursuites judiciaires et des dédommagements et l'amélioration de la prise en charge des populations pédiatriques.

Néanmoins, le coût, difficilement supportable pour certaines structures hospitalières lié à l'acquisition de ces logiciels reste une limite à leur emploi. En outre, bien que le logiciel Boneview® soit détenteur d'un marquage CE sur le territoire européen, la certification de tels logiciels novateurs, à titre de dispositifs médicaux, reste délicate dans certaines régions du monde (18)(31).

BIBLIOGRAPHIE

1. Poitou P, Loge I, Hastier-Gouin N, Guyet S, Belgaid A, Dufour D, et al. P508 - Motivation des consultations aux urgences pédiatriques. Arch Pédiatrie. 1 juin 2010;17(6, Supplement 1):177.
2. Lindsey R, Daluiski A, Chopra S, Lachapelle A, Mozer M, Sicular S, et al. Deep neural network improves fracture detection by clinicians. Proc Natl Acad Sci U S A. 6 nov 2018;115(45):11591-6.
3. Arasu VA, Abujudeh HH, Biddinger PD, Noble VE, Halpern EF, Thrall JH, et al. Diagnostic emergency imaging utilization at an academic trauma center from 1996 to 2012. J Am Coll Radiol JACR. mai 2015;12(5):467-74.
4. Care Quality Commission. A national review of radiology reporting within the NHS in England.
5. W. Anderson M, Keats T. Atlas of Normal Roentgen Variants That May Simulate Disease - 9th Edition. 2012.
6. DeFroda SF, Hansen H, Gil JA, Hawari AH, Cruz AI. Radiographic Evaluation of Common Pediatric Elbow Injuries. Orthop Rev. 20 févr 2017;9(1):7030.
7. Duron L, Ducarouge A, Gillibert A, Lainé J, Allouche C, Cherel N, et al. Assessment of an AI Aid in Detection of Adult Appendicular Skeletal Fractures by Emergency Physicians and Radiologists: A Multicenter Cross-sectional Diagnostic Study. Radiology. juill 2021;300(1):120-9.
8. M. Daniel CHASSEING. Rapport d'information de la Cour des comptes sur l'adaptation aux besoins des moyens matériels et humains consacrés à l'imagerie médicale, 2016. Report No.: 602.
9. Tranovich MJ, Gooch CM, Dougherty JM. Radiograph Interpretation Discrepancies in a Community Hospital Emergency Department. West J Emerg Med. 1 juill 2019;20(4):626-32.
10. Pennsylvania Patient Safety Advisory. Communication of radiograph discrepancies between radiology and emergency departments.
11. Guly H. Diagnostic errors in an accident and emergency department. Emerg Med J EMJ. juill 2001;18(4):263-9.
12. Teixeira PGR, Inaba K, Salim A, Rhee P, Brown C, Browder T, et al. Preventable morbidity at a mature trauma center. Arch Surg Chic Ill 1960. juin 2009;144(6):536-41; discussion 541-542.

13. Whang JS, Baker SR, Patel R, Luk L, Castro A. The causes of medical malpractice suits against radiologists in the United States. *Radiology*. févr 2013;266(2):548-54.
14. Fenton JJ, Taplin SH, Carney PA, Abraham L, Sickles EA, D'Orsi C, et al. Influence of computer-aided detection on performance of screening mammography. *N Engl J Med*. 5 avr 2007;356(14):1399-409.
15. Shaukat F, Raja G, Frangi AF. Computer-aided detection of lung nodules: a review. 2019;
16. 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*. févr 2017;542(7639):115-8.
17. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, Godwin J, Antropova N, Ashrafian H, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*. janv 2020;577(7788):89-94.
18. Rayan JC, Reddy N, Kan JH, Zhang W, Annapragada A. Binomial Classification of Pediatric Elbow Fractures Using a Deep Learning Multiview Approach Emulating Radiologist Decision Making. *Radiol Artif Intell*. 30 janv 2019;1(1):e180015.
19. England JR, Gross JS, White EA, Patel DB, England JT, Cheng PM. Detection of Traumatic Pediatric Elbow Joint Effusion Using a Deep Convolutional Neural Network. *AJR Am J Roentgenol*. déc 2018;211(6):1361-8.
20. Choi JW, Cho YJ, Lee S, Lee J, Lee S, Choi YH, et al. Using a Dual-Input Convolutional Neural Network for Automated Detection of Pediatric Supracondylar Fracture on Conventional Radiography. *Invest Radiol*. févr 2020;55(2):101-10.
21. Larson DB, Chen MC, Lungren MP, Halabi SS, Stence NV, Langlotz CP. Performance of a Deep-Learning Neural Network Model in Assessing Skeletal Maturity on Pediatric Hand Radiographs. *Radiology*. avr 2018;287(1):313-22.
22. Zhang-Yin JT. Évaluation de la concordance dans les études d'imagerie diagnostique : une étude de la qualité des données publiées. 18 juin 2015;69.
23. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74.
24. Blüthgen C, Becker AS, Vittoria de Martini I, Meier A, Martini K, Frauenfelder T. Detection and localization of distal radius fractures: Deep learning system versus radiologists. *Eur J Radiol*. mai 2020;126:108925.
25. Yahalomi E, Chernofsky M, Werman M. Detection of distal radius fractures trained by a small set of X-ray images and Faster R-CNN. *ArXiv181209025 Cs*, 21 déc 2018.

26. Gale W, Oakden-Rayner L, Carneiro G, Bradley AP, Palmer LJ. Detecting hip fractures with radiologist-level performance using deep neural networks. ArXiv171106504 Cs Stat, 17 nov 2017.
27. Cheng C-T, Ho T-Y, Lee T-Y, Chang C-C, Chou C-C, Chen C-C, et al. Application of a deep learning algorithm for detection and visualization of hip fractures on plain pelvic radiographs. Eur Radiol. oct 2019;29(10):5469-77.
28. Les radiologues plaident pour le développement des Pacs. Disponible sur : <https://www.ticsante.com/story/643/les-radiologues-plaident-pour-le-developpement-des-pacs.html>
29. Brady AP. Error and discrepancy in radiology: inevitable or avoidable? Insights Imaging. févr 2017;8(1):171-82.
30. Jalal S, Parker W, Ferguson D, Nicolaou S. Exploring the Role of Artificial Intelligence in an Emergency and Trauma Radiology Department. Can Assoc Radiol J J Assoc Can Radiol. févr 2021;72(1):167-74.
31. Chanet Marie, Les dispositifs médicaux : comparaisons et perspectives du droit européen et nord-américain, Bordeaux, LEH Édition, 2019, Mémoires numériques de la BNDS.

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.

Introduction - Les suspicions de fractures du squelette appendiculaire, représentent le premier motif de consultation au sein des urgences pédiatriques. Or, le territoire français présente une carence en radiologues avec une forte disparité territoriale d'autant plus marquée concernant la radiologie pédiatrique. Ce manque de praticiens spécialisés, se traduit fréquemment par l'interprétation des radiographies pédiatriques par les médecins urgentistes sans avis immédiat radiologique. Cette organisation est source d'erreurs de diagnostic. L'objectif de cette étude comparative est de démontrer qu'il est possible de pallier partiellement la faible démographie de radiologues spécialisés en radiopédiatrie grâce à un radiologue généraliste aidé d'un logiciel d'intelligence artificielle.

Matériels et Méthodes - Un échantillon de quatre séries de 100 examens radiographiques pour traumatismes des principales articulations que sont le genou, la cheville, le coude et le poignet, issues de patients âgés de moins de 16 ans, reçus au service des urgences pédiatriques de l'Hôpital Nord de Marseille, a été recueilli. Cet échantillon d'examen, correspondant à 804 radiographies, associées aux informations cliniques disponibles sur le « bon d'examen », rédigé par le médecin urgentiste, a été interprété par un Professeur universitaire spécialisé en radiopédiatrie ayant plus de 20 ans d'expérience, représentant le *gold standard*, et un Interne de radiologie, en fin de cursus. Par la suite, les imageries médicales ont été extraites du serveur de l'Assistance Public Hôpitaux de Marseille, anonymisées et envoyées, de manière sécurisée, à la société Gleamer. Après traitement de ces examens, par le logiciel d'aide à la détection de fracture Boneview, l'Interne a réalisé une nouvelle interprétation, en aveugle de sa précédente analyse. Les comptes rendus résultants desdites interprétations, rédigés par l'Interne et les Professeurs universitaires de radiopédiatrie, ont été classés de manière binaire en deux catégories : « présence d'une fracture ou doute sur l'existence d'une fracture » versus « pas de fracture visible sur l'imagerie ». Suite à ces interprétations un tableau de contingences a été construit, permettant d'extraire les données de performance diagnostique. La concordance diagnostique a également été évaluée grâce au calcul du coefficient Kappa de Cohen. La significativité des résultats a ensuite été mesurée grâce à un test de Student sur données appariées.

Résultats - Le concours du logiciel d'aide à la détection de fracture a amélioré la performance diagnostique de l'Interne. Sa sensibilité de détection s'est significativement accrue passant de 0.82 à 0.94 (différence absolue : 0.12 ; intervalle de confiance à 95% [+0.1271 ; +0.1076]). La valeur prédictive négative est également, de manière non significative, améliorée. Toutefois, le pendant, non significatif, de cette amélioration est une baisse de la spécificité et de la valeur prédictive positive. Plus concrètement, l'aide de l'IA a permis, sur 400 examens radiologiques, de détecter 14 dossiers faussement classés en « absence de fracture » par l'Interne, lors de sa première interprétation. En outre, sans significativité statistique, la concordance diagnostique de l'Interne avec le Professeur de radiopédiatrie, s'est également accrue passant de 0.76, sans l'aide l'IA, à 0.83 (différence absolue : 0.06 ; intervalle de confiance à 95% [0.1548 ; -0.031]).

Conclusion - La présente étude démontre que l'utilisation d'un logiciel d'intelligence artificielle permet à un Interne de radiologie, en fin de cursus, d'améliorer ses performances diagnostiques avec un Professeur de radiopédiatrie expérimenté concernant la détection de fractures sur des radiographies traumatiques pédiatriques avec une amélioration significative de la sensibilité de détection. La généralisation de cet outil permettrait aux radiologues, non spécialisés en pédiatrie, de réaliser des interprétations plus efficaces. La qualité et la sécurité des soins fournis dans les centres sous-dotés en spécialistes, s'en trouveraient améliorées.

Mots clés - Intelligence artificielle, apprentissage profond, radiologie d'urgence et de traumatologie, radiologie pédiatrique, radiographie.