UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉS DE MÉDECINE

ANNÉE 2021 2021 TOU3 1599

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

par

Viet-Tam VAN

le 03 septembre 2021

EVALUATION DE LA GÉNÉRALISATION D'UN MODÈLE DE DEEP LEARNING ENTRAINÉ À PARTIR DU DATASET SIIM-ACR 2019 POUR LA DÉTECTION DE PNEUMOTHORAX

Directeur de thèse : Dr Simon FREISS

JURY

Monsieur le Professeur Nicolas SANS	Président
Madame le Professeur Marie FARUCH-BILFELD	Assesseur
Monsieur le Professeur Fabrice BONNEVILLE	Assesseur
Monsieur le Docteur Simon FREISS	Assesseur
Monsieur le Professeur Loïc BOUSSEL	Membre invité
Monsieur Othmane Hassani	Membre invité

UNIVERSITÉ TOULOUSE III PAUL SABATIER
Université de Toulouse
FACULTÉ DE MÉDECINE PURPAN

TABLEAU du PERSONNEL HOSPITALO-UNIVERSITAIRE

des Facultés de Médecine de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier

au 1er septembre 2020

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard
Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Yves
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. ADOUE Daniel
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. BARRET André
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri
Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri
Professeur Honoraire	M. DAHAN Marcel
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard
Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles
Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard
Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques
Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Professeur Honoraire	M. GLOCK Yves
Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves
Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. LANG Thierry
Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. REGIS Henri
Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. TKACZUK Jean
Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques

Professeurs Émérites

Professeur ADER Jean-Louis
Professeur ALBAREDE Jean-Louis
Professeur ARBUS Louis
Professeur ARLET-SUAU Elisabeth
Professeur BOCCALON Henri
Professeur BONEU Bernard
Professeur CARATERO Claude
Professeur CHAMONTIN Bernard
Professeur CHAP Hugues
Professeur CONTÉ Jean
Professeur COSTAGLIOLA Michel
Professeur DABERNAT Henri
Professeur FRAYSSE Bernard
Professeur DELISLE Marie-Bernadette
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard
Professeur JOFFRE Francis
Professeur LAGARRIGUE Jacques
Professeur LANG Thierry
Professeur LARENG Louis
Professeur LAURENT Guy
Professeur LAZORTHES Yves
Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur MANELFE Claude
Professeur MASSIP Patrice
Professeur MAZIERES Bernard
Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur RISCHMANN Pascal
Professeur RIVIERE Daniel
Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur SALVAYRE Robert
Professeur SARRAMON Jean-Pierre
Professeur SIMON Jacques

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN

37 allées Jules Guesde - 31000 TOULOUSE **Doyen : Didier CARRIE**

P.U. - P.H.
Classe Exceptionnelle et 1ère classe

M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie
M. AMAR Jacques (C.E)	Thérapeutique
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie
M. AVET-LOISEAU Hervé (C.E.)	Hématologie, transfusion
Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)
M. BONNEVIALLE Paul (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.
M. BOSSAVY Jean-Pierre (C.E)	Chirurgie Vasculaire
M. BRASSAT David	Neurologie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique
M. BUREAU Christophe	Hépato-Gastro-Entéro
M. CALVAS Patrick (C.E)	Génétique
M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie
M. CHAIX Yves	Pédiatrie
Mme CHARPENTIER Sandrine	Médecine d'urgence
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. DEGUINE Olivier (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie
M. FERRIERES Jean (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie
M. FOURNIÉ Pierre	Ophtalmologie
M. GAME Xavier	Urologie
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie
Mme LAMANT Laurence (C.E)	Anatomie Pathologique
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale
M. LANGIN Dominique (C.E)	Nutrition
M. LAUWERS Frédéric	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine d'urgence
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie
M. MALAVAUD Bernard	Urologie
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique
M. MARCHOU Bruno (C.E)	Maladies Infectieuses
M. MAZIERES Julien	Pneumologie
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie
M. OSWALD Eric (C.E)	Bactériologie-Virologie
M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie
M. PARINAUD Jean (C.E)	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.
M. PAUL Carle	Dermatologie
M. PAYOUX Pierre	Biophysique
M. PAYRASTRE Bernard (C.E)	Hématologie
M. PERON Jean-Marie	Hépato-Gastro-Entérologie
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie
M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie
M. RECHER Christian (C.E)	Hématologie
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie
M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. SALES DE GAUZY Jérôme (C.E)	Chirurgie Infantile
M. SALLES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie
M. SANS Nicolas	Radiologie
Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire
M. TELMON Norbert (C.E)	Médecine Légale
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépato-Gastro-Entérologie

P.U. - P.H.
2ème classe

Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie
M. BONNEVIALLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. CAVAIGNAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. LOPEZ Raphael	Anatomie
M. MARTIN-BLONDEL Guillaume	Maladies infectieuses, maladies tropicales
M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. PAGES Jean-Christophe	Biologie Cellulaire et Cytologie
Mme PASQUET Marlène	Pédiatrie
M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
Mme RUYSSEN-WITRAND Adeline	Rhumatologie
Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. SIZUN Jacques	Pédiatrie
M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie

P.U. Médecine générale

M. MESTHÉ Pierre
M. OUSTRIC Stéphane (C.E)

Professeur Associé Médecine générale

M. ABITTEBOUL Yves
Mme IRI-DELAHAYE Motoko
M. POUTRAIN Jean-Christophe

Professeur Associé en Bactériologie - Virologie ; Hygiène Hospitalière

Mme MALAVAUD Sandra

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL

133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex **Doyen : Elie SERRANO**

P.U. - P.H.
Classe Exceptionnelle et 1ère classe

M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
M. ACAR Philippe	Pédiatrie
M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie
M. ARNAL Jean-François	Physiologie
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépato-Gastro-Entérologie
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire
M. CHAYNES Patrick	Anatomie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie
M. COURBON Frédéric	Biophysique
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
M. DELABESSE Eric	Hématologie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice (C.E)	Thérapeutique
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prév.
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis (C.E)	Chirurgie plastique
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie
M. HUYGHE Eric	Urologie
M. KAMAR Nassim (C.E)	Néphrologie
M. LARRUE Vincent	Neurologie
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie
M. MALECAZE François (C.E)	Ophtalmologie
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation
M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie
Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation
M. OTAL Philippe	Radiologie
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile
M. RITZ Patrick (C.E)	Nutrition
M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie
M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie
M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie

P.U. - P.H.
2ème classe

M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile
M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire
M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
Mme DALENC Florence	Cancérologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
Mme FARUCH-BILFELD Marie	Radiologie et Imagerie Médicale
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. LE CAIGNEC Cédric	Génétique
M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. PUGNET Grégory	Médecine interne, Gériatrie
M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. RENAUDINEAU Yves	Immunologie
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. SOLER Vincent	Ophtalmologie
Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
M. TACK Ivan	Physiologie
M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. YSEBAERT Loic	Hématologie

P.U. Médecine générale

Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve

Professeur Associé de Médecine

M. BOYER Pierre

M. STILLMUNKES André

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN
37, allées Jules Guesde – 31000 Toulouse

M.C.U. - P.H.

M. APOIL Pol Andre	Immunologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie
Mme AUSSEIL-TRUDEL Stéphanie	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme BELLIERE-FABRE Julie	Néphrologie
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion
M. BIETH Eric	Génétique
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition
Mme CASSAGNE Myriam	Ophtalmologie
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie
M. CONGY Nicolas	Immunologie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie
M. CUROT Jonathan	Neurologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie
M. GANTET Pierre	Biophysique
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
M. HAMDI Safouane	Biochimie
Mme HITZEL Anne	Biophysique
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie
Mme MASSIP Clémence	Bactériologie-virologie
Mme MONTASTIER-SIMMERMAN Emilie	Nutrition
Mme MOREAU Marion	Physiologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
Mme PERROT Aurore	Hématologie ; Transfusion
M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique
M. TREINER Emmanuel	Immunologie
M. VIDAL Fabien	Gynécologie obstétrique
Mme VIJA Lavinia	Biophysique et médecine nucléaire

M.C.U. Médecine générale

M. BRILLAC Thierry

Mme DUPOUY Julie

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE- RANGUEIL
133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE cedex

M.C.U. - P.H

Mme ABRAVANEL-LEGRAND Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
Mme BREHIN Camille	Pédiatrie
Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire
M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
M. CHASSAING Nicolas	Génétique
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme CORRE Jill	Hématologie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
M. DEGBOE Yannick	Rhumatologie
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme FLOCH Pauline	Bactériologie-Virologie; Hygiène Hospit.
Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GALLINI Adeline	Epidémiologie
M. GASQ David	Physiologie
M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
M. GUERBY Paul	Gynécologie-Obstétrique
M. GUIBERT Nicolas	Pneumologie ; Addictologie
Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme MAUPAS SCHWALM Françoise	Biochimie
M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. MOULIS Guillaume	Médecine interne
Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme QUELVEN Isabelle	Biophysique et Médecine Nucléaire
M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme SIEGFRIED Aurore	Anatomie et Cytologie Pathologiques
Mme VALLET-GAREL Marion	Physiologie
M. VERGEZ François	Hématologie
M. YRONDI Antoine	Psychiatrie d'Adultes ; Addictologie

M.C.U. Médecine générale

M. BISMUTH Michel

M. ESCOURROU Emile

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr CHICOULAA Bruno
Dr FREYENS Anne
Dr PUECH Marielle

Dr BIREBENT Jordan
Dr BOURGEOIS Odile
Dr LATROUS Leila
Dr. BOUSSIER Nathalie

01/10/2020

REMERCIEMENTS

A MA FAMILLE

Maman et Papa : c'est pas dentaire mais avec toutes mes caries on allait se moquer de moi là bas ! Merci de m'avoir soutenu dans les périodes très difficiles, je n'aurais rien pu faire sans vous ! Depuis la PACES quand j'étais malade après des intoxications alimentaires au concours de l'internat où j'étais tout le temps fatigué de travailler !

Thang : le meilleur des grands frères ni plus ni moins, attention les vacances on va faire un maximum de rando !!!!!!!

Bà ngoại : cảm ơn bà rất nhiều ! Con nhớ bà nhiều lam !

Bà n i : cảm ơn bà rất nhiều, con đã hạnh phúc khi bà n i đến Toulouse !

A MES MAÎTRES

Monsieur le Professeur Christophe Cognard,

Merci pour votre enseignement en pathologie vasculaire cérébrale.

Soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Professeur Hervé Rousseau,

Un grand merci pour votre savoir-faire remarquable et votre simplicité.

Soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Professeur Philippe Otal,

Un grand merci pour ton implication dans l'enseignement des internes, des cours vidéos on ne peut plus complets aux lundis après midis scolaires.

Sois assuré de mon profond respect.

A MES AMIS

Adrien Doumergue : peut-être plus challenger tft mais clairement challenger best buddy !

Eilean Besnard : du lycée à Tours à maintenant, merci de m'avoir supporté, ça a beaucoup compté dans les moments difficiles !

Adrien Morisse : BRO !! tu me manques !!

Julie Konsane : Best buddy du fit game et du study game ! Dommage que tu laisses un cimetière de plantes derrière toi… Aha je plaisante c'est surement les plantes qui avaient un problème génétique tu as clairement la main la plus verte de toute l'Occitanie.

Francis : Le plus beau gosse de tout Tahiti !! Toujours un immense plaisir de te voir dans les parages, reviens nous voir quand tu veux !!

Randy : ça y est tu es devenu mon bro à vie, plus jamais tu pourras te débarrasser de moi aie aie aie

Rosalie et Anais : Les spécialistes du brunch et des sorties weekend rando ! Merci pour tous ces super moments passés à Toulouse tous ensemble !

Basile : Chess Grandmaster, il va falloir que tu me laisses gagner au bout d'un moment

Noémie : Merci de m’avoir soutenu dans les moments les plus difficiles et d’avoir toujours cru en moi

Ashley : Em ooiiii ! Cảm ơn Em khi Em mời đi ăn ở Albi !!! Ngon lam !!

Antoine Averseng : Coach de Tennis et running, si tu pouvais arrêter de parler de mes 4km de Foix ce serait cool hein

Hugo : Les plus gros biceps de toute la CMF française mais surtout les meilleurs goûters du CHIVA avec toi ! ça me manque de plus être ton voisin bro…

A MES CO-INTERNES ET CHEFS :

Thomas Charvolin : Bon on le sait tous les deux mais je te laisse gagner au tennis pour que tu aies envie de rejouer avec moi hein ! Je plaisante, je sous estime souvent la bête mais elle répond présent à chaque fois, il faudrait que j'arrête d'être surpris au bout d'un moment aha

Julien Duplantier : Un peu fragile des tractions, un peu moins fragile sur des skis mais surtout bien plus solide en amitié et c'est tout ce qui compte ne t'inquiète pas ! Je te porterai sur le dos si jamais tu te sens un peu fatigué sur nos prochaines courses en montagne…

Maxence : Toujours là pour moi, des scans des urgences aux échos d'hématomes de chevilles à chercher des thromboses surales, j'oublie pas ce que tu fais pour moi en permanence…

Pierre Marek : bon courage pour ton déménagement !! on se revoit bientôt pour un tennis j'espère!

Chloé : promis je saurais danser le rock soon

Alexandre Nguyen : Anh oii !! la fratrie vietnamienne !!!

Estelle : grande, sportive, intelligente, mais est ce que tu as des défauts ?? A bientôt en rando !!

Rokia : La douceur incarnée, trop de chance de t'avoir en co-interne, j'espère bientôt pour une super colloc du fit du healthy du study et surtout du fun !!!

Sylvain : Stp ne m'oublie pas quand tu deviendras riche du Bitcoin aha ! Merci pour tout frérot, je n'oublie pas que tu es celui qui m'a introduit à la vie toulousaine quand je n'étais qu'un pauvre petit tourangeaux qui ne connaissait rien du tout !

Louis Paoli : Essaie de pas casser ta douzième raquette quand on ira jouer au tennis

Sabine : Tu grimpes du 6a je te suis au bout du monde

Loïc : tu m'emmènes à nouveau dans ta berline de luxe quand tu veux !

Franck Lapègue: Mentor en radiologie et en escalade, je ne désespère pas de pouvoir repartir en montagne avec toi dès que tu auras un peu plus de temps ! Un grand merci à toi pour tous tes conseils aussi bien en alpinisme que dans la vie de tous les jours !!

Rafy : les pecs les plus puissants de toute la salle de sport de l'internat, merci de me coacher aussi bien en radiologie qu'en sport de temps en temps !

Elorie : la plus souriante de la radiologie toujours plus vivante en soirée aha merci de m'avoir guidé dès le 1er semestre ! J'espère te revoir bientôt sur toutes les 6a de Toulouse !

Julie Avet L’oiseau : la fraîcheur de vivre, ne change pas :)

Gildas : Professionnel de la plongée, j’espère que j’arriverais à te mettre à l’alpinisme aha

Julien Almeida : Jujuuuuuuu ! On s’est fait rouler dessus par les gardes de Rangueil mais on en est sorti grandi aha

Romain : un jour on m’a appelé le nouveau romain bilger de la radiologie. Bien sûr c’était une blague mais sur le moment il n’y avait pas plus beau compliment pour moi

Guilhem : Un mec respectable et respecté, mais ça c’était avant que tu ne te convertisses aux pissettes au babyfoot...

Hamza Loihbi : sympa, fun, extrêmement intelligent et grand de surcroît (non je suis pas du tout jaloux), tu es un vrai bro. Reste comme tu es !

Hamza Hamzaoui : Le meilleur de Montpellier, si seulement c’était pareil au babyfoot…

Kevin Rachita : Karnage records

Aris : Tonton flingueur

Antoine Filliole : Sourire BN

Emmanuel Lacroix : le meilleur swing de toute la radiologie occitane

Adrien Guenego : un 1er semestre passé ensemble beaucoup trop court, j'espère te revoir à l'occasion ! Merci pour tous tes conseils...

Céline : La gâchette de l'Ouest du bloc et la chef la plus fun en soirée !! Merci pour tout Céline !!

Hubert : Traileur de l'extrême, à quand un tennis ensemble ??

Hélène : Je n'oublie pas que tu es la première personne à m'avoir appris à présenter lors du congrès occitanie aux Abattoirs. Tes conseils me sont très précieux et encore aujourd'hui j'y pense encore dès lors que je fais une présentation… Merci à toi !

Sam : merci pour toutes ces gardes passées ensemble à parler IA et autres !

Narimène : toujours un plaisir de t'avoir dans les parages ! bon courage à toi pour la suite !

Delphine : merci de me supporter en garde et astreinte aha

A L'EQUIPE DES SECRETAIRES

Merci à vous tous pour votre sourire et bonne humeur même à chaque fois que je viens vous embêter ! Si c'est avec plaisir que je viens travailler à Purpan c'est clairement en partie grâce à vous...

A L'EQUIPE DES MANIPS DE PURPAN

On ne vous le dit et vous félicite pas assez, vous travaillez beaucoup et très dur, je ne vous en remercierai jamais assez ! Le CHU et clairement moi avons beaucoup de chances de tous vous avoir ! Merci aux coups d'extincteurs de Malou, au repas vietnamien de Carole, au calme de Hakim, Kevin et Valentin, à la gentillesse de Clémence, aux apéros en tout genre d'Eléonore (et sa table à elle et à personne d'autre à Racine),... Il va falloir faire beaucoup beaucoup beaucoup de soirées pour fêter tout ça !!

A L'EQUIPE DE L'ECHOGRAPHIE

Béa, Cyril, Virginie, Patrice, merci pour tous ces cafés ensemble c'est toujours un plaisir de faire une petite pause avec vous !

A L'EQUIPE DE RANGUEIL

Que de noms à remercier !! Beaucoup de travail avec un rythme soutenu mais toujours un plaisir de travailler à n'importe quel poste que ce soit l'IRM, le scan, l'écho ou encore le bloc !! A très bientôt je l'espère ! Merci Adrien pour ton dynamisme légendaire, Charline pour ta bonne humeur constante, Tema pour ta gentillesse de tous les instants, Pierre, Alexandre, Chloé, Paul, Samia, Séverine, Micha, pour tous ces bons moments passés ensemble que je n'oublierai jamais !

A L'EQUIPE DE NEURORADIOLOGIE

Sofia : Je t'adore tout simplement, j'espère qu'on pourra enfin faire des randonnées ensemble !! A bientôt en Crête ? :)

Annick Sevely : Merci pour les enseignements de Neuro-pédiatrie, j'ai énormément appris ! Merci également pour les conseils sur les meilleurs restaurants de Toulouse…

Raluca : Une gentillesse doublée d'une compétence neuroradiologique redoutable, un combo plus que gagnant !

Philippe Tall : merci pour tout ! Je n'oublierai pas la gentillesse avec laquelle tu m'as accueilli au bloc…

Jean Darcourt : Toujours un plaisir de discuter avec toi aussi bien de neuroradio que de montagne !!

A L'EQUIPE DE DATA SCIENCE DU CHU TOULOUSE

Prosper : merci de m'avoir laissé te harceler sans arrêt depuis le début ! Promis je me calme au bout d'un moment aha

Sophie et Othmane : ça va beaucoup me manquer de plus pouvoir travailler avec vous et prendre des petits cafés de bon matin… j'espère que vous m'oublierez pas !!

A MON PRESIDENT DE JURY

Monsieur le Professeur Nicolas SANS

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier et Chef du service de radiologie du CHU de Purpan

Je suis très honoré de votre présence en tant que président du jury aujourd'hui et je vous remercie infiniment pour la confiance et le temps que vous m'accordez. Développer des partenariats innovants, tester des nouvelles solutions encore et encore, valider certaines et améliorer d'autres : votre démarche est exemplaire et j'en suis extrêmement admiratif.

Soyez assuré de mon respect le plus sincère et de ma profonde considération.

A MON DIRECTEUR DE THÈSE

Monsieur le Docteur Simon FREISS

Assistant dans le service de Neuroradiologie du CHU de Purpan

Mon cher Simon, merci de m'avoir suivi depuis le tout début, je m'en souviens encore de mon 1er semestre avec toi en ostéoarticulaire. Qui l'eut cru à ce moment qu'on en serait à ce stade depuis ?! Je ne compte plus le nombre de matinée à discuter tous les deux sans arrêt de nouvelles idées… J'espère que tu ne m'oublieras pas sous le soleil des cocotiers et les vagues de Teahupoo ! Je te souhaite plein de bonheur à toi et à toute ta famille, tu vas me manquer !!

AUX MEMBRES DU JURY

Madame le Professeur Marie FARUCH-BILFELD

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier dans le service de radiologie du CHU de Purpan

Merci merci et encore merci pour tout... Je pourrais m'étaler pendant des longueurs infinies sur pourquoi je suis absolument admiratif de tout ton parcours et ton travail et comment j'aimerais être aussi fort que toi tout simplement. Je suis clairement le plus chanceux des internes d'avoir pu travailler à tes côtés.

Recevoir ta confiance est un des plus grands privilèges et honneurs qui m'aient été donnés.

<u>AUX MEMBRES DU JURY</u>

Monsieur le Professeur Fabrice BONNEVILLE

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier de Neuroradiologie diagnostique et thérapeutique du CHU de Purpan

C'est un immense honneur pour moi de vous avoir parmi mon jury de thèse.
Je suis complètement admiratif de vos qualités d'orateur hors pair et de votre expertise inégalée en radiologie. Vous êtes à l'origine de l'ensemble de ma démarche concernant le machine learning et je ne saurais vous en remercier assez…
Soyez assuré de mon profond respect.

<u>AUX MEMBRES DU JURY</u>

Monsieur le Professeur Loïc BOUSSEL

Professeur des Universités

Chef de service d'imagerie de l'hôpital de la Croix-Rousse à Lyon

Un immense merci pour tout ce que vous faîtes, sans vous rien de tout ce que j'ai pu entreprendre n'aurait été possible. Votre capacité à coder sur Spyder n'est égalée que par votre gentillesse et votre disponibilité…

Soyez assuré de mon profond respect.

Table des matières

PREAMBULE 19

1) Motivation et démarche 19

2) Premières lignes de formations 20

3) GAiAR 21

4) Premier projet 23

ABSTRACT 25

KEY POINTS 26

INTRODUCTION 27

METHODS 28

1) Machine learning self-formation 28

2) Study design 29

3) Data 29

a- Training and Validation set 29

b- Local Test Set 30

c- De-identification method 31

d- Pre-processing 32

4) Model 33

a- Structure 33

b- Hyperparameters 34

5) Evaluation 35

a- Metrics 35

b- Testing data 35

RESULTS 35

DISCUSSION 39

CONCLUSION 43

REFERENCES 44

PREAMBULE

1) Motivation et démarche

J'ai commencé mon internat avec l'essor de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'imagerie médicale. L'idée que je me faisais de ce sujet lorsque j'ai choisi la spécialité de radiologie après le concours de l'internat était très différente de la réalité. Je m'imaginais l'intelligence artificielle comme un outil magique prêt à réaliser des miracles. Comme beaucoup je me suis rapidement intéressé à ce domaine sans vraiment savoir comment aborder le sujet. Il s'agissait pour moi de pas seulement comprendre les grandes notions mais apprendre à réaliser des projets personnels. Dans cette optique, il était essentiel pour moi d'apprendre à coder et à créer des algorithmes, de mettre "les mains dans le cambouis". Pour acquérir véritablement un savoir-faire, il faut le pratiquer et non pas connaître seulement la théorie. Très rapidement je me suis perdu dans les notions un peu abstraites de deep learning, d'intelligence artificielle, etc, tout en essayant d'apprendre la radiologie au plus vite pour gagner en autonomie. Après un passage d'un an en périphérie, je suis revenu étudier à Toulouse avec plus de maturité et prêt à m'intéresser de nouveau au sujet du machine learning.

Sans véritable formation universitaire ou enseignant, je ne savais pas comment aborder l'apprentissage du domaine. C'est avec beaucoup de frustration que je revenais sans cesse à la case départ.

2) Premières lignes de formations

Ma première rencontre déterminante fut avec le Pr Fabrice Bonneville qui a su lancer mon projet d'apprentissage du machine learning, en me mettant en contact avec des références de l'intelligence artificielle : Pr Loïc Boussel, chef de service d'imagerie de l'hôpital de la Croix-Rousse à Lyon et Mr Prosper Burq, data scientist au CHU de Toulouse.

En quelques jours, j'ai eu l'opportunité d'échanger avec le Pr Loïc Boussel qui a guidé les premières lignes de mon autoformation. Ainsi j'ai commencé à apprendre à coder en Python. Python est un des langages de programmation informatique qui permet de communiquer à son ordinateur les instructions et les programmes qu'on aimerait lui faire exécuter. Comme une véritable langue vivante, apprendre à coder en Python nécessite d'apprendre une certaine syntaxe avec ses règles particulières. De nombreux tutoriels d'apprentissage de très bonne qualité existent sur Internet avec un accès complètement gratuit (https://www.w3schools.com/PYTHON/).

Comme le Pr Boussel, Mr Prosper Burq a su me donner des lignes d'apprentissages et des liens de ressources gratuites extrêmement pertinentes pour m'autoformer au machine learning (https://openclassrooms.com/fr/courses/235344-apprenez-a-programmer-en-python, https://inria.github.io/scikit-learn-mooc/). En 2021 se former gratuitement au machine learning est devenu très accessible (par exemple les cours de Stanford "Convolutional Neural Networks for Visual Recognition" sont en accès libre sur internet.)

Avec un peu de patience et de travail régulier, les progrès ont été rapides et il a été possible de commencer à travailler sur des petits projets après avoir acquis les bases. J'ai pu m'essayer sur des petits projets concrets de classification : présence ou non

de pneumopathie sur des radiographies thoraciques, de fractures sur des radiographies d'épaules…

3) GAiAR

Fig. 1 : Logo de GAiAR, Groupe Appliqué en Intelligence Artificielle pour la Radiologie. *Ce groupe ouvert à tous fournit des ressources et une aide à toute personne souhaitant se former au machine learning appliqué à l'imagerie médicale.*

Bien que passionné, mon approche d'auto-formation "semi-guidée" était assez déroutante par rapport aux enseignements de mon parcours médical.

En effet la médecine m'a appris à valoriser en permanence le travail en équipe depuis la préparation aux différents concours universitaires jusqu'à l'ensemble de mes stages cliniques. C'est par la coopération mutuelle de l'ensemble des acteurs de soins que nous sommes plus à même d'offrir le meilleur standard de soins aux patients.

Rapidement je me suis mis à chercher des camarades afin de s'entraider, partager les petites astuces ou encore raconter les galères de tous les jours. En contactant l'UNIR et grâce à l'aide d'autres internes ayant contacté le Pr Boussel, nous avons fini par fédérer une petite communauté de toute personne intéressée par le machine learning appliqué à l'imagerie. La grande partie sont des internes de radiologie, mais

il y a également des radiologues diplômés aussi bien dans le milieu public que libéral, des ingénieurs, des data scientists… Cette diversité de milieux et de formations est un atout majeur dans l'ensemble de nos échanges. Notre objectif est avant tout éducatif : il s'agit d'échanger, de partager, de se soutenir dans l'apprentissage du code et du machine learning appliqué à la radiologie.

En prenant exemple sur la communauté de radiologie américaine basé sur un serveur Discord (https://www.acr.org/Member-Resources/rfs/Resident-and-Fellow-News/March-2021/RadDiscord) nous avons également créée un serveur Discord librement et gratuitement acessible de tous.

En prenant appui sur l'ensemble des ressources techniques de cette plateforme, Pr Boussel a ainsi pu réaliser des premiers cours et ateliers de travail en live qui se sont terminés mi-juin avec un séminaire de deux jours regroupant des ingénieurs et une dizaine d'internes de radiologie et de radiologues de toute la France.

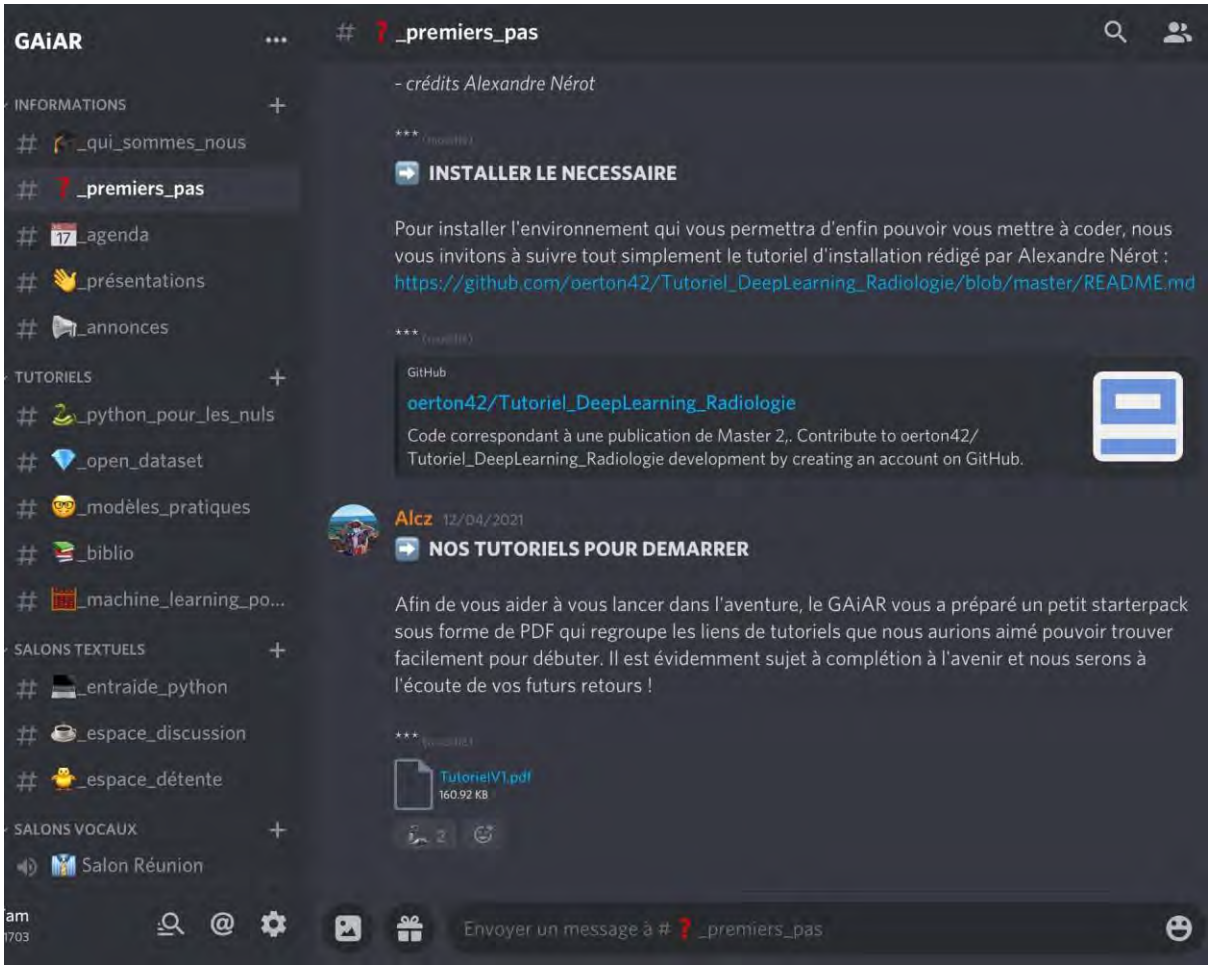


Fig. 2 : Capture d'écran du serveur Discord. *Le serveur Discord GAiAR est organisé en plusieurs espaces de travails et de discussion*

4) Premier projet

Si c'est par l'exercice que l'on acquiert de la compétence, c'est en codant des projets personnels que l'on est plus à même d'acquérir des compétences dans le domaine du machine learning.

Après avoir acquis des bases simples de codage et de machine learning j'ai commencé à m'attaquer à mon premier projet personnel. De nombreux datasets d'excellente qualité sont maintenant disponibles gratuitement sur Internet. J'ai ainsi commencé à travailler sur le Dataset SIIM-ACR 2019 (Society for Imaging Informatics in Medicine - American College of Radiology) pour plusieurs raisons. Tout d'abord la

radiographie thoracique, une image en 2D, me semblait à priori plus facile à travailler qu'une imagerie en coupe.

Deuxièmement, le pneumothorax est une pathologie fréquente et il est ainsi facile de réaliser un dataset test local à Toulouse. Enfin il s'agit d'un dataset récent de très bonne qualité annoté par des experts de l'ACR.

En travaillant sur ce premier projet, je me suis naturellement rapproché de Simon Freiss, Assistant au sein du service de Neuroradiologie du CHU de Purpan, qui avait travaillé sur un modèle de Deep Learning entraîné pour la détection de foyers de pneumopathies à la radiographie thoracique pédiatriques pour son travail de thèse en 2018 (Approches d'intelligence artificielle appliquées à la lecture de radiographies thoraciques pédiatriques). Dans la continuité de ce travail, le docteur Simon Freiss m'a proposé de travailler sur la généralisation d'un modèle entraîné sur une base de données publique.

L'objectif de notre travail était de tester sur une base de données locale un modèle de Deep learning de reconnaissance de Pneumothorax entraîné sur un Dataset public. Pour cela, nous avons entraîné et validé un modèle de deep learning à partir du Dataset SIIM-ACR, composé de 12047 radiographies thoraciques, avec 8296 "Pneumothorax" and 3286 "No pneumothorax". Ce modèle a ensuite été évalué sur des radiographies thoraciques extraites du PACS du CHU de Toulouse, composé de 103 "Pneumothorax" and 103 "No pneumothorax". Le gold standard pour le diagnostic de pneumothorax était un scanner thoracique réalisé le même jour.

Nous vous présentons le résultat de ce travail sous la forme d'article selon les recommandations du journal Diagnostic and Interventional Imaging.

ABSTRACT

PURPOSE

The purpose was to create a deep learning (DL)-based image classification program on publicly available dataset for pneumothorax detection and evaluate the generalization of this model against Chest X-rays from our institution.

MATERIALS AND METHODS

A deep learning model was trained and validated on publicly available SIIM-ACR Dataset. This dataset is composed of 12047 chest radiographs images, with 8296 pneumothorax and 3286 without pneumothorax. Local chest X-rays were then retrospectively queried from our local institution from 2020 to create a balanced local test set consisting of 103 “Pneumothorax” and 103 “No pneumothorax”. CT scan of the same day of the chest X-ray was used as ground truth. Performances were assessed using area under receiver operating characteristics curve (AUROC), sensitivity and specificity.

RESULTS

The model showed good performance on internal testing with a sensitivity of 0.81, a specificity of 0.89, and consequent AUC of 0,98. Attempting to classify our local test set demonstrated lower performance. Our model AUC dropped from 0,98 to 0,72 on our external validation set from Toulouse, with a sensitivity of 0,40 and specificity of 0,78.

CONCLUSION

It is possible for a radiologist to learn, understand and use artificial intelligence as a new tool. Generalization of our model to our local test set produced a significant drop out in performance metrics. Robust solid extrinsic validation is needed before Artificial Intelligence clinical implementation.

KEY POINTS

- A deep learning algorithm was created for pneumothorax detection on chest X-rays using publicly available dataset.
- The model showed good performance on internal testing but generalization to our local test set produced lower performance metrics.
- Robust solid extrinsic validation is needed before Artificial Intelligence clinical implementation.

INTRODUCTION

Although the demise of radiology was predicted a few years ago with the advent of machine learning[1,2], the radiologist community has shown to be one of the most innovative specialties and has played an active part in developing artificial intelligence through collaborative work[3]. Multidisciplinary data teams with industrial partnerships have led to great results bringing AI closer to clinical implementation[4].

However, with the significant investment and progress of big tech companies into the healthcare industry[5–7], isn't there a risk for radiology to be outpaced and reduced to a simple "data provider"?

An iconic researcher on neural networks and machine learning, professor Geoffrey Hinton from the University of Toronto stated in 2016 that "people should stop training radiologists now" and "it is just completely obvious that within 5 years deep learning will do better than radiologists"[8].

Yet, radiology has a long tradition of innovation, mastering and seizing constantly new imaging techniques and tools (radiography, ultrasonography, computed tomography, magnetic resonance imaging...)[9]. While many have seen artificial intelligence as a direct competitor to the radiologist role, it is first and foremost a new tool with great potential. Can Radiology turn the tables around and use artificial intelligence as a new tool for its practice? One solution can rely on the use of free open dataset from the radiologist community[10,11] in order to implement independently artificial intelligence into daily practice. Many high stakes are at play: can radiology stay leader as one of the most innovative specialties and continually improve its relevance and value ?

Multiple high-quality datasets labelled by radiologic experts are publicly available for free[12]. Recently, SIIM (Society for Imaging Informatics in Medicine) and ACR (American College of Radiology) societies made a specific pneumothorax dataset freely available for public consumption[13].

We decided to work on pneumothorax detection on chest radiography as our first machine learning model for several reasons. Machine learning needs a significant amount of data and chest radiography is the most commonly performed diagnostic imaging procedure throughout the world and pneumothorax is a frequent condition. Furthermore, we can compare our performance to several AI algorithms already published. Lastly, while multiple pneumothorax classification models have been published using famous public datasets (NIH Chest X-ray8 dataset[14],...), few studies validate these models against real medical images[15].

Therefore, we decided to create a model trained on publicly available SIIM-ACR Data challenge 2019 for pneumothorax detection and evaluate the generalization of this deep learning (DL)-based image classification program against Chest X-rays from our institution.

METHODS

1) Machine learning self-formation

A 3rd year radiology resident have been learning python programming and machine learning for computer vision with only-free online resources[16–18], CERF (Collège des Enseignants en Radiologie de France) residency training[19] and GAiAR (Groupe Appliqué en Intelligence artificielle pour la Radiologie) help. GAiAR is a french

national radiologic community that provides valuable free resources and help for anyone interested in AI applied to radiology.

2) Study design

This retrospective study was approved by the institutional review boards of participating institutions (CERIM, Comité d'Ethique pour la Recherche en Imagerie Médicale) under CRM-2105-166 IRB number, which waived the requirement for patient consent.

3) Data

a- Training and Validation set

The training dataset consists of an open SIIM-ACR Data challenge 2019 freely available on kaggle (https://www.kaggle.com/c/siim-acr-pneumothorax-segmentation). This dataset is created from NIH chest X-ray 14 dataset[14] with multicentric adjucated crowdsourcing annotation from the American College of Radiology[13].

This dataset is composed of 12047 chest radiographs images in DICOM format with pixel-level annotations, with 8296 labelled Pneumothorax and 3286 labelled without pneumothorax.

We splitted this open source dataset into classic 80/20% train-validation sets. Hence the training set consisted of 9215 Chest X-ray (79.56 %) and the Validation set consisted of 2397 Chest Xray (20.44 %).

b- Local Test Set

The local test set was made by retrieving chest X-ray from our institutional PACS from 2020. The “Pneumothorax” population studies were retrospectively identified by using free-text search in CT radiology reports for the term “pneumothorax” and retrieving chest X-ray from the same day. The same methodology was applied to the “No pneumothorax” population study. We decided to use this methodology to ensure a reproducible and reliable ground truth for our local chest X-ray test set. Furthermore this methodology helped to prevent time consuming labelling by thoracic experts. There was no patient overlap between the two populations studies and only 1 chest X-ray study was obtained from each unique patient. Our final local test set was balanced and consisted of 103 “Pneumothorax” chest X-rays and 103 “No pneumothorax” chest X-rays (Fig. 2).

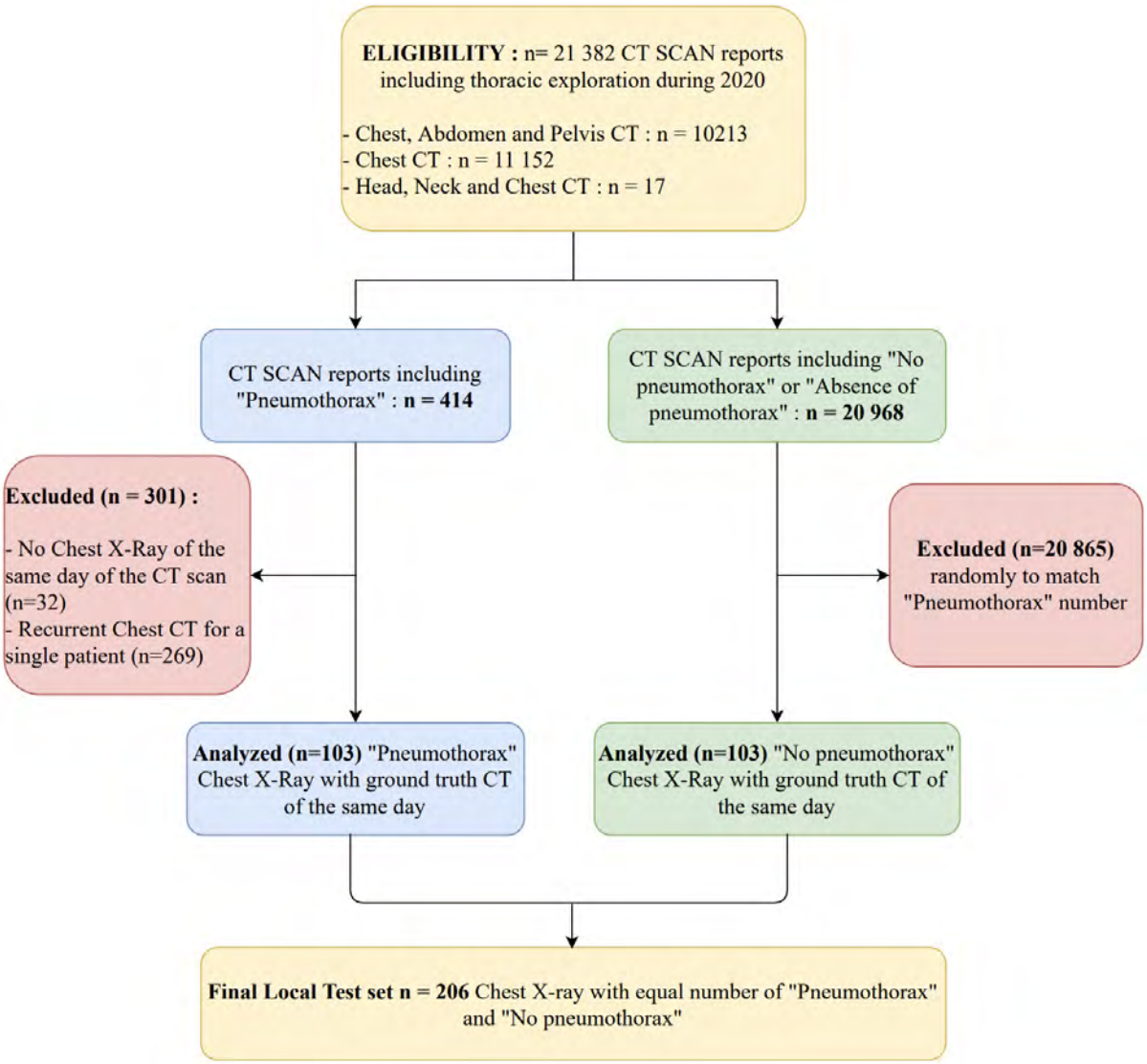


Fig. 3 : Flow chart for Local Test set chest X-ray selection.

c- De-identification method

Our local institutional DICOM files were de-identified using built-in PACS MCKESSON-MAINCARE SOLUTIONS anonymization function. Data was stored behind the institution firewall.

d- Pre-processing

Parsing of the original database was performed in order to slightly fit towards our motivation: determining the existence of a pneumothorax. The initial annotation is comprised in the form of images IDs and RLE segmentation mask for each pneumothorax and a mask value of -1 for images without pneumothorax. We performed file manipulation to transform the initial segmentation labeling to Binary classification : presence or absence of pneumothorax.

At the item level, we resized images by 1x224x224 [channels, height, width] from its original size 1x1024x1024 using a crop method.

At batch level, we performed data augmentation such as random flip (probability of 0,5), random rotation (uniformly from -10 to 10°), random zoom between (uniform distribution ranging from 1 to 1.1), random symmetric warp from magnitude -0.2 to +0.2, random lighting and contrast change (brightness and contrast control).

We then performed normalization by dividing the 8 bits images by 255.

4) Model

a- Structure

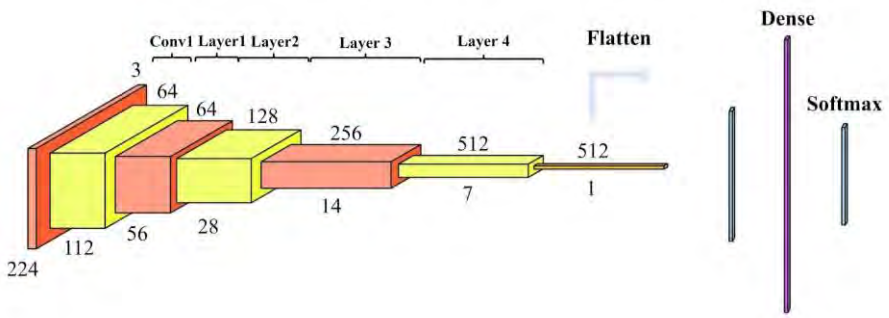


Fig. 4: Schematic representation of ResNet 34 architecture as a state-of-the-art ConvNet architecture. *A ConvNet architecture is a list of layers that transform an image volume into an output volume that is easier to process, without losing features which are critical for getting a good prediction. Each Layer accepts an input 3D volume and transforms it to an output 3D volume through a differentiable function. Bottom and top numbers correspond to volume dimensions (width, height, and depth) with bottom numbers as width and height (width and height equals) and top numbers as depth dimension. Once the input image has been converted into a suitable form to process (512x512x1), classic neural network process are used : "Flatten" layer to transform the image into a column vector, "Dense" layer, followed by a non-linear activation function "Softmax" layer.*

Deep neural networks are difficult to train. Transfer learning is a machine learning method where a model developed for a task is reused as the starting point for a model on a second task. Open-source pre-trained models enable researchers and

practitioners to use state-of-the-art models instead of re-inventing everything from scratch.

With the use of transfer learning, our model consisted of a pre-trained ResNet34[20] (Fig. 3) with frozen initial layers. This model won first place for the classification task in ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) 2015 challenge with a 3.57% error rate. ImageNet is a benchmark dataset with over 14 million images maintained by Stanford University.

The Pytorch 1.8.1 and Fastai 2.3.1 librairies were used to build the model; additional packages included kornia-0.5.2, pydicom-2.1.2, Numpy 1.19.5, Tensorflow_IO 0.18.0 and Pandas 1.1.5. All code freely available at : https://github.com/Happymaging/Projet-pneumothorax-SIIM.

b- Hyperparameters

Hyperparameters are model properties that govern the entire training process. They have an important impact on performance of the model and play a key role in the success of neural network architectures.

We used a suggested learning rate of 0,001, decayed based on the Adam algorithm. Crossentropy loss was used as a loss function.

5) Evaluation

a- Metrics

A receiver operator curve was created and the area under the curve was calculated using Scikit-learn.

b- Testing data

All external testing data was drawn from different sources than training data (CHU TOULOUSE).

The external testing data and the training data were different in format of Dicom Compressed pixel data. The SIIM-ACR training dataset is composed of DICOM with JPEG Baseline (Process 1) and the local test set is composed of DICOM with JPEG Lossless (Process 14, SV1).

To manage these differences, we used the Tensorflow I/O Dicom module 0.18.0.

RESULTS

Our self-made model for pneumothorax detection trained on SIIM (Society for Imaging Informatics in Medicine) - ACR (American College of Radiology) dataset resulted in an AUC of 0,98 with the open-source held-out validation dataset (Fig. 4).

Attempting to generalize our model to our local test set, results showed a significant drop out performance in sensitivity (0,40) and a lower specificity (0,78) with a consequent AUC of 0,72 (Table 1).

Table 1 : Output metrics for our ResNet34 model trained using the SIIM-ACR dataset. *There is a significant degradation in the output metrics when our own validation dataset is evaluated.*

Input Data	**AUC**	**Sensitivity**	**Specificity**
SIIM-ACR Validation set	0,98	0,81	0,89
Local Test set	0,72	0,40	0,78

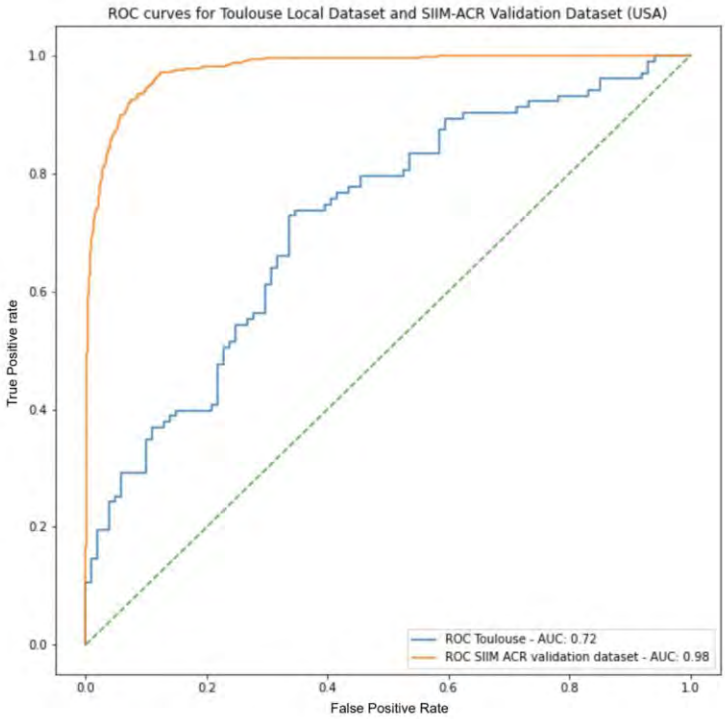
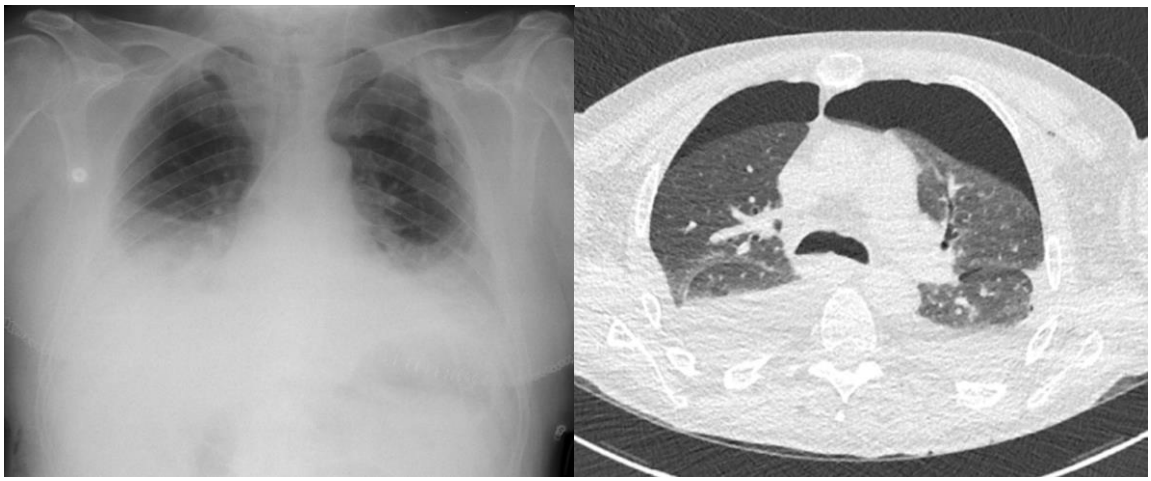


Fig. 5 : Receiver operator curve (ROC) for our ResNet34 model trained using the SIIM-ACR dataset.

Fig. 6 : Correctly classified pneumothorax from local test set with ground truth CT of the same day. The model inference returns a tuple of 3 elements: (“Pneumothorax”, tensor(0), tensor([0.1003, 0.8997]))

Fig. 7 : Incorrectly classified pneumothorax from local test set with ground truth CT of the same day. The model inference returns a tuple of 3 elements: (“No Pneumothorax”, tensor(0), tensor([0,87744, 0.2256])).



DISCUSSION

This study approach shows that it is possible, as a radiologist without any data science nor computer background, to learn, create and use deep learning models. We demonstrated that this algorithm was properly functioning by training and validating on the open source SIIM-ACR dataset, with excellent results (AUC of 0.98, sensitivity of 0,81 and specificity of 0,89). This result is in line with previous published algorithm made by data team[21]. Wang and al. used the same SIIM-ACR Pneumothorax Segmentation dataset similarly to our study for training and validation. Their study demonstrated an AUC score of 0.86 with CheXLocnet III for pneumothorax classification on validation set and an AUC score of 0,87 for testing set. However, our study differs significantly from Wang and al. study in the testing set since their study does not test their model against external local medical images. Using single center data, Hwang and al[22] developed a deep learning–based algorithm that can classify normal and abnormal results from chest X-rays with major thoracic diseases including pneumothorax. Their algorithm produced a median (range) area under the curve of 0.979 (0.973-1.000) for image-wise classification on external multicentric validation dataset. Gooßen et al[23]. achieved an AUCs of 0.96 for pneumothorax detection with deep learning techniques on DICOM X-ray images, obtained from the University of Washington Medical Center and affiliated institutions.

While many have predicted the demise of radiology a few years ago, current times have shown that not only artificial intelligence is far from replacing radiologists[24] but radiologists have gone a step further by re-appropriating artificial intelligence[9,25]. This study approach is consistent with the long radiologic tradition of innovation, considering artificial intelligence as a new innovative tool to master. As Pr Curtis

Langlotz (Professor of Radiology and Biomedical Informatics and Director of the Center for Artificial Intelligence in Medicine and Imaging, Stanford) recalls[26], the demise of radiology is a recurrent theme with the emergence of new technologies. It was already speculated with the introduction of the first MRI devices, as clear results would be managed by primary care physicians. Instead MRI images interpretation is complex and requires understanding of how a device functions to distinguish artifacts from reality. Radiologists then incorporated MRI physics into training residency and learned to protect patients from the machine's weaknesses. By seizing deep learning algorithms, radiologists should once again improve their relevance and value and stay leader as one of the most innovative specialties[27].

In a recent survey on perception of AI involving a large group of French radiologists, Waymel and al.[28] found that nearly all respondents would attend a dedicated training on AI should it be available, and a majority would even consider attending a technically advanced one (programming, neural network training). In the United States of America, Wiggins and al. piloted an elective Data Science Pathway (DSP)[29] for 4th-year residents in collaboration with the MGH & BWH (Mass General and Brigham and Women's Hospitals) Center for Clinical Data Science (CCDS), in order to prepare the next generation of radiologists. In the same manner, The French Society of Radiology (SFR) and the College of French Academic Radiologists (CERF), along with the recommendations of DRIM France IA now implements machine learning education into residency training to ensure the informed use of AI tools.[30] Our research method should help promote such technically advanced training especially among younger radiologists and residents.

Attempting to classify our local test dataset demonstrated lower performance. Our model AUC dropped from 0,98 to 0,72 on our external validation set, with a sensitivity of 0,40 and specificity of 0,78. Likewise, Taylor and al.[31] trained an automated classifiers to detect moderate and large pneumothorax in frontal chest x-ray and produced excellent AUC (0,94 and 0,96 for their “high sensitivity model” and “high specificity model” respectively) on internal testing. But external testing using the NIH dataset showed performance decline (sensitivity 0,28-0,48, specificity 0,85-0,97 and AUC 0,75 for both). In the same fashion, Rueckel and al.[32] showed that benchmark model CheXnet, trained on benchmark dataset Chest X-ray 14[14] and introduced by Rajpurkar et al.[33] with AUROCs for pneumothorax detection up to 0,8887, produces lower performance on external dataset with an AUROC of 0,765.
Generalizable algorithms remain a constant challenge for artificial intelligence clinical implementation. In that respect, the French national professional council for Radiology (G4) recommends “robust extrinsic validation [from] centralised cohort such as DRIM France IA, or multiple real life data from several centres” before AI algorithms deployment[30].

There are several possible reasons for the lack of generalization of our model. The first reasons are technical. Similarity of inputs are essential factors for a model generalization. The SIIM-ACR dataset is saved in DICOM format with a pixel range between 0 and 255, while our medical images in DICOM format have a pixel range of 0 to 4096 (bit size of 12). Although we preprocessed images to look alike at the item level and at batch level, we lost some data during the process (‘crop’ method).
The other reasons are related to the training dataset. We did not incorporate any local chest X-ray during the training process. With the same approach Kitamura and al. showed that a model trained on public datasets has suboptimal generalizability to local

real medical images[34]. By retraining on chest X-rays from their institution, their model showed consequently promising results. Furthermore, our training dataset is made from an imbalanced dataset with 4 times more “No pneumothorax” chest X-rays than “Pneumothorax” chest X-rays which might explain the lack of sensitivity from our model. Finally, thoracic tubes could be relevant confounders that could potentially eliminate the discriminant power of Pneumothorax detection algorithms trained on publicly available datasets[32]. In a second study, Rueckel and al.[35] significantly improve pneumothorax detection performance by the inclusion of in-image pixel annotation in algorithm training, allowing to reduce the confounding bias.

Our study has limitations. Firstly, the authors acknowledge their lack of experience in the field of data science and the technical weaknesses of their model. The help and collaboration with data scientists could have enhanced generalizability by better preprocessing data, choosing the most appropriate network architecture, and tuning artificial intelligence model. Second, our method for ground truth (CT) might generate a bias selection: patients presenting pneumothorax without CT scan were not included in our local test set. Lastly, although our local test set is balanced with equal numbers of “Pneumothorax” and “No pneumothorax“ studies, its size is small and could have been larger.

Artificial intelligence should not be seen like an obscure science nor like an elite domain reserved to PHDs in computer science. AI can create powerful tools with great positive applications as well as many limiting biases. Radiologists can and need to be fully involved in the creative process, no matter how unlikely the background. Deep

learning has never been as open and accessible as it is now with reliable resources and state-of-the-art models freely available.

CONCLUSION

While many have seen artificial intelligence as a direct competition to the radiologist role, this study shows that it is possible to learn, understand and use artificial intelligence as a new tool. Should we as radiologists learn how to code to better collaborate with data scientists?

Our model showed consistent results in line with previous published algorithms. However, attempting to generalize our model to our local Toulouse test set, our model produces a significant drop out in performance metrics. Generalization of artificial intelligence remains a constant challenge. Robust solid extrinsic validation is needed before artificial intelligence clinical implementation.

Professeur Nicolas SANS
Chef de Service d'Imagerie Médicale
PPR- Hall D – 1er Etage – CHU Purpan
TSA 40031
31059 TOULOUSE Cedex 9

Vu permis d'imprimer
Le Doyen de la Faculté de Médecine Toulouse - Purpan
Didier CARRIE

REFERENCES

1. The End of Radiology? Three Threats to the Future Practice of Radiology | Elsevier Enhanced Reader. doi:10.1016/j.jacr.2016.07.010

2. Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *N Engl J Med*. 2016;375(13):1216-1219. doi:10.1056/NEJMp1606181

3. Lassau N, Bousaid I, Chouzenoux E, et al. Three artificial intelligence data challenges based on CT and MRI. *Diagn Interv Imaging*. 2020;101(12):783-788. doi:10.1016/j.diii.2020.03.006

4. Blanc D, Racine V, Khalil A, et al. Artificial intelligence solution to classify pulmonary nodules on CT. *Diagn Interv Imaging*. 2020;101(12):803-810. doi:10.1016/j.diii.2020.10.004

5. Ardila D, Kiraly AP, Bharadwaj S, et al. End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography. *Nat Med*. 2019;25(6):954-961. doi:10.1038/s41591-019-0447-x

6. Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*. 2016;316(22):2402. doi:10.1001/jama.2016.17216

7. Chest Radiograph Interpretation with Deep Learning Models: Assessment with Radiologist-adjudicated Reference Standards and Population-adjusted Evaluation | Radiology. Accessed April 27, 2021. https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2019191293

8. Mukherjee S. A.I. Versus M.D. The New Yorker. Accessed May 16, 2021. https://www.newyorker.com/magazine/2017/04/03/ai-versus-md

9. Beregi J-P, Zins M, Masson J-P, et al. Radiology and artificial intelligence: An opportunity for our specialty. *Diagn Interv Imaging*. 2018;99(11):677-678. doi:10.1016/j.diii.2018.11.002

10. Halabi SS, Prevedello LM, Kalpathy-Cramer J, et al. The RSNA Pediatric Bone Age Machine Learning Challenge. *Radiology*. 2018;290(2):498-503. doi:10.1148/radiol.2018180736

11. Irvin J, Rajpurkar P, Ko M, et al. CheXpert: A Large Chest Radiograph Dataset with Uncertainty Labels and Expert Comparison. *ArXiv190107031 Cs Eess*. Published online January 21, 2019. Accessed April 27, 2021. http://arxiv.org/abs/1901.07031

12. Prior F, Almeida J, Kathiravelu P, et al. Open access image repositories: high-quality data to enable machine learning research. *Clin Radiol*. 2020;75(1):7-12. doi:10.1016/j.crad.2019.04.002

13. Filice RW, Stein A, Wu CC, et al. Crowdsourcing pneumothorax annotations using machine learning annotations on the NIH chest X-ray dataset. *J Digit Imaging*. 2020;33(2):490-496. doi:10.1007/s10278-019-00299-9

14. Wang X, Peng Y, Lu L, Lu Z, Bagheri M, Summers RM. ChestX-ray8: Hospital-Scale Chest X-Ray Database and Benchmarks on Weakly-Supervised Classification and Localization of Common Thorax Diseases. :10.

15. van Leeuwen KG, Schalekamp S, Rutten MJCM, van Ginneken B, de Rooij M. Artificial intelligence in radiology: 100 commercially available products and their scientific evidence. *Eur Radiol*. Published online April 15, 2021. doi:10.1007/s00330-021-07892-z

16. Python Tutorial. Accessed May 19, 2021. https://www.w3schools.com/python/

17. Stanford University CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. Accessed May 19, 2021. http://cs231n.stanford.edu/

18. Fast AI Video Viewer. Accessed May 19, 2021. https://course.fast.ai/videos/?lesson=1

19. 2020-2021 Webinar “Introduction à l’Intelligence Artificielle en Radiologie” | CERF - Collège des Enseignants en Radiologie de France. Accessed May 19, 2021. https://cerf.radiologie.fr/enseignement/des/modules-nationaux-et-referentiels/modules-de-base/2020-2021-webinar-introduction-%C3%A0

20. He K, Zhang X, Ren S, Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. *ArXiv151203385 Cs*. Published online December 10, 2015. Accessed April 27, 2021. http://arxiv.org/abs/1512.03385

21. Wang H, Gu H, Qin P, Wang J. CheXLocNet: Automatic localization of pneumothorax in chest radiographs using deep convolutional neural networks. *PLOS ONE*. 2020;15(11):e0242013. doi:10.1371/journal.pone.0242013

22. Hwang EJ, Park S, Jin K-N, et al. Development and Validation of a Deep Learning–Based Automated Detection Algorithm for Major Thoracic Diseases on Chest Radiographs. *JAMA Netw Open*. 2019;2(3):e191095. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.1095

23. Gooßen A, Deshpande H, Harder T, et al. Deep Learning for Pneumothorax Detection and Localization in Chest Radiographs. *ArXiv190707324 Cs Eess*. Published online July 16, 2019. Accessed May 16, 2021. http://arxiv.org/abs/1907.07324

24. European Society of Radiology (ESR). What the radiologist should know about artificial intelligence – an ESR white paper. *Insights Imaging*. 2019;10(1):44. doi:10.1186/s13244-019-0738-2

25. Chassagnon G, Dohan A. Artificial intelligence: from challenges to clinical implementation. *Diagn Interv Imaging*. 2020;101(12):763-764. doi:10.1016/j.diii.2020.10.007

26. Langlotz CP. Will Artificial Intelligence Replace Radiologists? *Radiol Artif Intell*. 2019;1(3):e190058. doi:10.1148/ryai.2019190058

27. Liew C. The future of radiology augmented with Artificial Intelligence: A strategy for success. *Eur J Radiol*. 2018;102:152-156. doi:10.1016/j.ejrad.2018.03.019

28. Waymel Q, Badr S, Demondion X, Cotten A, Jacques T. Impact of the rise of artificial intelligence in radiology: What do radiologists think? *Diagn Interv Imaging*. 2019;100(6):327-336. doi:10.1016/j.diii.2019.03.015

29. Wiggins WF, Caton MT, Magudia K, et al. Preparing Radiologists to Lead in the Era of Artificial Intelligence: Designing and Implementing a Focused Data Science Pathway for Senior Radiology Residents. *Radiol Artif Intell*. 2020;2(6):e200057. doi:10.1148/ryai.2020200057

30. Jacques T, Fournier L, Zins M, et al. Proposals for the use of artificial intelligence in emergency radiology. *Diagn Interv Imaging*. 2021;102(2):63-68. doi:10.1016/j.diii.2020.11.003

31. Taylor AG, Mielke C, Mongan J. Automated detection of moderate and large pneumothorax on frontal chest X-rays using deep convolutional neural networks: A retrospective study. *PLOS Med*. 2018;15(11):e1002697. doi:10.1371/journal.pmed.1002697

32. Rueckel J, Trappmann L, Schachtner B, et al. Impact of Confounding Thoracic Tubes and Pleural Dehiscence Extent on Artificial Intelligence Pneumothorax Detection in Chest Radiographs. *Invest Radiol*. 2020;55(12):792-

798. doi:10.1097/RLI.0000000000000707

33. Rajpurkar P, Irvin J, Zhu K, et al. CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning. *ArXiv171105225 Cs Stat*. Published online November 14, 2017. Accessed April 27, 2021. http://arxiv.org/abs/1711.05225

34. Kitamura G, Deible C. Retraining an open-source pneumothorax detecting machine learning algorithm for improved performance to medical images. *Clin Imaging*. 2020;61:15-19. doi:10.1016/j.clinimag.2020.01.008

35. Rueckel J, Huemmer C, Fieselmann A, et al. Pneumothorax detection in chest radiographs: optimizing artificial intelligence system for accuracy and confounding bias reduction using in-image annotations in algorithm training. *Eur Radiol*. Published online March 27, 2021. doi:10.1007/s00330-021-07833-w

VAN Viet-Tam 2021 TOU3 1599

EVALUATION DE LA GÉNÉRALISATION D'UN MODÈLE DE DEEP LEARNING ENTRAINÉ À PARTIR DU DATASET SIIM-ACR 2019 POUR LA DÉTECTION DE PNEUMOTHORAX

RÉSUMÉ EN FRANÇAIS:
L'objectif était de créer un modèle de classification d'images, basé sur le deep learning sur un dataset publiquement disponible, pour la détection de pneumothorax et d'évaluer la généralisation de ce modèle sur les radiographies thoraciques de notre institution.
Un modèle de deep learning a été entraîné et validé sur le dataset SIIM-ACR 2019. Ce jeu de données est composé de 12047 images de radiographies pulmonaires, dont 8296 pneumothorax et 3286 sans pneumothorax. Des radiographies thoraciques locales ont ensuite été analysées rétrospectivement dans notre institution locale à partir de 2020 pour créer un dataset Test local équilibré composé de 103 "Pneumothorax" et 103 "Non pneumothorax". Le scanner du même jour que la radiographie du thorax a été utilisé comme gold standard. Les performances ont été évaluées en utilisant l'aire sous la courbe (AUC), la sensibilité et la spécificité.
Le modèle créé par nos soins a montré de bonnes performances lors des tests internes avec une sensibilité de 0,81, une spécificité de 0,89 et une AUC conséquente de 0,98. La tentative de classification de notre dataset test local a montré une performance plus faible. L'AUC de notre modèle a chuté de 0,98 à 0,72 lors de notre validation externe de Toulouse, avec une sensibilité de 0,40 et une spécificité de 0,78.
Il est possible pour un radiologue d'utiliser l'intelligence artificielle comme un nouvel outil. La généralisation de notre modèle à notre dataset test local a produit une chute significative des métriques de performance. Une validation extrinsèque solide et robuste est nécessaire avant la mise en place de l'intelligence artificielle dans la pratique clinique.

TITRE EN ANGLAIS: Evaluation of deep learning model trained on SIIM-ACR 2019 Dataset for pneumothorax detection

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

MOTS-CLÉS : Intelligence artificielle; Radiographie thoracique; Machine learning; Réseaux neuronaux; Pneumothorax.

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :
Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

Directeur de thèse : Dr Simon FREISS