

Avant l'IA : en quoi des mesures d'ergonomie avancées et les techniques de lecture rapide peuvent améliorer les performances diagnostiques humaines en imagerie oncologique

Axel Bartoli

▶ **To cite this version:**

Axel Bartoli. Avant l'IA : en quoi des mesures d'ergonomie avancées et les techniques de lecture rapide peuvent améliorer les performances diagnostiques humaines en imagerie oncologique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02361246

HAL Id: dumas-02361246

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02361246

Submitted on 13 Nov 2019

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

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

Faculté des sciences médicales et paramédicales
Aix*Marseille Université

Avant l'IA : en quoi des mesures d'ergonomie avancées et les techniques de lecture rapide peuvent améliorer les performances diagnostiques humaines en imagerie oncologique ?

T H È S E A R T I C L E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

DE MARSEILLE

Le 13 Juin 2019

Par Monsieur Axel BARTOLI

Né le 2 mai 1991 à Marseille 08eme (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de RADIODIAGNOSTIC ET IMAGERIE MÉDICALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur MOULIN Guy	**Président**
Monsieur le Professeur GORINCOUR Guillaume	**Directeur**
Monsieur le Professeur JACQUIER Alexis	**Assesseur**
Monsieur le Professeur VIDAL Vincent	**Assesseur**
Monsieur le Professeur Associé GAUBERT Jean-Yves	**Assesseur**

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

Doyen Georges LEONETTI

Vice-doyen aux Affaires Générales et aux Sciences Médicales : Patrick DESSI
Vice-doyen aux Sciences Paramédicales : Philippe BERBIS

Direction d'école :

- **Ecole de Médecine :** Jean-Michel VITON
- **Ecoles de Maïeutique :** Carole ZAKARIAN
- **Ecoles des Sciences de la Réadaptation :** Philippe SAUVAGEON
- **Ecoles des Sciences Infirmières :** Sébastien COLSON

Assesseurs :

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

Chargés de mission :

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

Chef des services généraux : Déborah ROCCHICCIOLI
Chefs de service :

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

DOYENS HONORAIRES

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

Mis à jour 01/01/2019

PROFESSEURS HONORAIRES

MM AGOSTINI Serge
ALDIGHIERI René
ALESSANDRINI Pierre
ALLIEZ Bernard
AQUARON Robert
ARGEME Maxime
ASSADOURIAN Robert
AUFFRAY Jean-Pierre
AUTILLO-TOUATI Amapola
AZORIN Jean-Michel
BAILLE Yves
BARDOT Jacques
BARDOT André
BERARD Pierre
BERGOIN Maurice
BERNARD Dominique
BERNARD Jean-Louis
BERNARD Pierre-Marie
BERTRAND Edmond
BISSET Jean-Pierre
BLANC Bernard
BLANC Jean-Louis
BOLLINI Gérard
BONGRAND Pierre
BONNEAU Henri
BONNOIT Jean
BORY Michel
BOTTA Alain
BOURGEADE Augustin
BOUVENOT Gilles
BOUYALA Jean-Marie
BREMOND Georges
BRICOT René
BRUNET Christian
BUREAU Henri
CAMBOULIVES Jean
CANNONI Maurice
CARTOUZOU Guy
CAU Pierre
CHABOT Jean-Michel
CHAMLIAN Albert
CHARREL Michel
CHAUVEL Patrick
CHOUX Maurice
CIANFARANI François
CLEMENT Robert
COMBALBERT André
CONTE-DEVOLX Bernard
CORRIOL Jacques
COULANGE Christian
DALMAS Henri
DE MICO Philippe
DESSEIN Alain
DELARQUE Alain
DEVIN Robert
DEVRED Philippe
DJIANE Pierre
DONNET Vincent
DUCASSOU Jacques
DUFOUR Michel
DUMON Henri
ENJALBERT Alain

MM FAVRE Roger
FIECHI Marius
FARNARIER Georges
FIGARELLA Jacques
FONTES Michel
FRANCOIS Georges
FUENTES Pierre
GABRIEL Bernard
GALINIER Louis
GALLAIS Hervé
GAMERRE Marc
GARCIN Michel
GARNIER Jean-Marc
GAUTHIER André
GERARD Raymond
GEROLAMI-SANTANDREA André
GIUDICELLI Roger
GIUDICELLI Sébastien
GOUDARD Alain
GOUIN François
GRILLO Jean-Marie
GRISOLI François
GROULIER Pierre
HADIDA/SAYAG Jacqueline
HASSOUN Jacques
HEIM Marc
HOUEL Jean
HUGUET Jean-François
JAQUET Philippe
JAMMES Yves
JOUVE Paulette
JUHAN Claude
JUIN Pierre
KAPHAN Gérard
KASBARIAN Michel
KLEISBAUER Jean-Pierre
LACHARD Jean
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
MICHOTEY Georges
MILLET Yves
MIRANDA François
MONFORT Gérard
MONGES André
MONGIN Maurice
MONTIES Jean-Raoul
NAZARIAN Serge
NICOLI René

MM 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
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

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

1974

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

1975

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

1976

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

1977

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

1978

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

1980

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

1981

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

1982

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

1985

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

1986

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

1987

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

1988

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

1989

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

1990

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

1991

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

1992

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

1994

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

1995

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

1997

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

1998

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

1999

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

2000

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

2001

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

2002

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

2003

M. le Professeur T. MARRIE (Canada)
Sir G.K. 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 EMERITE

2008

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

2009

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

2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014

2011

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

2012

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

2013

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

2014

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

2015

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

2016

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

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

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

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

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

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

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE *A MI-TEMPS*

ADNOT Sébastien
FILIPPI Simon

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIEN HOSPITALIER

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

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

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

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic
GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

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

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

MATHIEU Marion
REVIS Joana

PROFESSEURS 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)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH)

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)

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS *11*

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

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)
GUYE Maxime (PU-PH)
MUNDLER Olivier (PU-PH) Surnombre
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 MEDICALE ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION *4604*

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
GAUDART Jean (PU-PH)
GIORGI Roch (PU-PH)

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

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

ANTHROPOLOGIE *20*

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (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)

AHERFI Sarah (MCU-PH)
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) disponibilité octobre 2018
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)
FROMONOT Julien (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE *4403*

ROLL Patrice (PU-PH)

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

CARDIOLOGIE *5102*

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)
BONELLO Laurent (PU PH)
BONNET Jean-Louis (PU-PH)
CUISSET 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 DIGESTIVE *5202*

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE *5302*

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE *5002*

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH) Disponibilité
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE *4702*

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)
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

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

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE *5103*

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (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)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE *4202*

LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) disponibilité
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE *5003*

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

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE *5404*

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

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION *4601*

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) Surnombre
THIRION Xavier (PU-PH)

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

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

GUERIN Carole (MCU PH)

CHIRURGIE INFANTILE *5402*

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

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE *5503*

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

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOLOGIE *5004*

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

BERTRAND Baptiste (MCU-PH)
HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE *5201*

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH) Surnombre
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRANDVAL Philippe (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE *4704*

BEROUD Christophe (PU-PH)
KRAHN Martin (PU-PH)
LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

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

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE *5403*

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

IMMUNOLOGIE *4703*

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

FERON François (PR) (69ème section)

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)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES *4503*

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

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE D'URGENCE *4805*

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

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

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

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

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)

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION *4701*

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)

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

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE *4603*

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

TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION *4905*

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

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL *4602*

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

NEPHROLOGIE *5203*

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stépahne (PU-PH)
DUSSOL Bertrand (PU-PH)
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
MOAL Valérie (PU-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)

OPHTALMOLOGIE *5502*

DENIS Danièle (PU-PH)
HOFFART Louis (PU-PH) *Disponibilité*
MATONTI Frédéric (PU-PH) Disponibilité

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)
DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité
REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE *4502*

RANQUE Stéphane (PU-PH)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
MARY Charles (MCU-PH)
TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE *5401*

ANDRE Nicolas (PU-PH)
CHAMBOST Hervé (PU-PH)
DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
MICHEL Gérard (PU-PH)
MILH Mathieu (PU-PH)
REYNAUD Rachel (PU-PH)
SARLES Jacques (PU-PH)
TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)
TOSELLO Barthélémy (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE *4903*

BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE *4302*

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
JACQUIER Alexis (PU-PH)
MOULIN Guy (PU-PH)
PANUEL Michel (PU-PH)
PETIT Philippe (PU-PH)
VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
VIDAL Vincent (PU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE *4802*

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

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE *5001*

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE *4904*

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSO François (PU-PH)

PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE - PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE *4803*

BLIN Olivier (PU-PH)
FAUGERE Gérard (PU-PH) Surnombre
MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
SIMON Nicolas (PU-PH)
BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

PHILOSPHIE *17*

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

MATHIEU Marion (MAST)

PHYSIOLOGIE *4402*

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
BREGEON Fabienne (PU-PH)
GABORIT Bénédicte (PU-PH)
MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
BONINI Francesca (MCU-PH)
BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)
DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE *5101*

ASTOUL Philippe (PU-PH)
BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
GREILLIER Laurent (PU PH)
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)
TOMASINI Pascale (MCU-PH)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE *4804*

AMBROSI Pierre (PU-PH)
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE *5204*

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

À Paul Bartoli,

À Paulette et Guy Jouve,

J'aurais aimé voir votre sourire en tenant dans vos mains ce travail,
Vos souvenirs me sont si chers,
Je vous dois tant.

REMERCIEMENTS

À notre Maître et Président du jury,

Monsieur le Professeur G. MOULIN,
Vous me faîtes l'honneur de présider ce jury et je vous en remercie sincèrement.
Vous savoir présent à mes côtés et ceux de ma famille aujourd'hui est une joie immense.
Veuillez recevoir l'assurance de mon profond respect.

À nos Maîtres et Juges,

À Monsieur le Professeur G. GORINCOUR,
Vous me faîtes l'honneur de diriger cette thèse.
Merci de l'avoir réalisé avec tant de dynamisme, de tact et de bienveillance.
Merci pour votre passion de transmettre. Le leadership c'est avoir confiance en soi mais surtout donner confiance aux autres, ce que vous réussissez parfaitement.

À Monsieur le Professeur A. JACQUIER,
Vous me faîtes l'honneur de juger cette thèse.
Merci pour votre enseignement, votre confiance, votre savoir.
Travailler avec vous est un vrai plaisir, fondé sur une immense estime à votre égard.
Soyez assuré de mon grand respect et de ma gratitude.

À Monsieur le Professeur V. VIDAL,
Vous me faîtes l'honneur de juger cette thèse.
Pour avoir été à l'origine de ce projet, comme tant d'autres. Vous êtes pour moi l'exemple d'une parfaite union entre maestria technique et esprit éclairé. Votre ouverture d'esprit, votre efficacité et votre franchise me sont très importantes.

À Monsieur le Professeur J-Y. GAUBERT,
Vous me faîtes l'honneur de juger cette thèse.
Merci de la considération que vous m'avez portée durant toute ma formation et plus généralement votre attention à tous les internes.
Votre enseignement est précieux, votre disponibilité plus qu'agréable.

A ma famille :

À Natacha, mon Amour. Merci pour ton soutien indéfectible, ton intelligence et ta douceur. Tu illumines ma vie et seuls m'importent nos projets futurs. Tous nos projets. Je t'aime.

À mes parents, vous formez à deux l'exemple sur lequel je fonde ma vie personnelle et professionnelle. Merci pour tout ce que vous m'avez transmis, chaque jour et sans limites. Je vous aime tellement.

À mon frère, cet être unique, ce compagnon de vie. Pour les temps bénis de notre enfance. Pour les marches franchies ensemble. Pour nos futurs toujours liés.

À ma grand-mère chérie, j'espère te rendre fière et être à la hauteur de tout ce que tu m'as apporté.

À mon parrain, ma marraine et ma « marraine » Françou, merci pour votre présence protectrice, aimante et joyeuse à mes côtés depuis toujours.

À Marion, ma cousine chérie.

À Paul, mon petit cousin que j'affectionne tant. À Jean-Romain, Nicolas, Michel et Anne, mes cousins adorés. À Françoise, Brigitte et Philippe, toujours aimants et attentifs.

Aux radiologues de cette famille qui, de près ou de loin, m'ont orienté vers cette passionnante spécialité.

A mes Maîtres :

Aux Professeurs Chagnaud, Champsaur, Chaumoitre, Le Corroller, Girard, Panuel, Petit et Varoquaux, aux Docteurs Gazagnes et Piana. Bénéficier votre savoir dans vos services ou lors des enseignements est une chance.

À mes co-internes:

Je mesure ma chance de faire un métier qui me plaît tant, notamment grâce à mes co-internes, qui tous, ont amené de la joie, du soutien et des rires dans le travail, faisant toute la beauté de cette période de vie commune si particulière. Merci, et plus particulièrement,

À Charlotte et Lisa, les Bella de mon internat.

À Julian, François, Robin, François, Jean-François et Alexandre. Votre présence, dans un service de radiologie ou dans une soirée, rend les gens heureux et moi le premier.

Aux Glisseurs et Glisseuses, à Marie B, à Elodie et Anaïs pour nous avoir accueilli, à Pierre et Paul pour nous avoir tout expliqué et à Antoine et Julien de prendre la relève.

Aux générations précédentes qui, par leur compagnonnage ont mis en œuvre cette si belle obligation qui nous oblige : *"Je jure de communiquer les préceptes généraux, les leçons orales et tout le reste de la doctrine à mes fils, à ceux de mon maître et aux disciples assermentés suivant la loi médicale"*.
Et plus particulièrement les Docteurs Barral, Brun, Dabadie, Daidj, Dehaene, Dory-Lautrec, Falque, Fernandez, Gaudon, Grob, Izaaryene, Kheiri, Louis, Reyre, Rouabah, Scemama, Soussan, Tradi.

Aux générations suivantes, toujours plus stimulantes et brillantes.

Aux manipulateurs radio, nos partenaires essentiels de travail. Et notamment l'équipe de l'angiographie Timone (en particulier Renaud, François, J-Ed et Paulin), Xavier, Clémence, Emilie, Julie, Lisa…
À Virginie et Valérie pour leur patience et leur aide. À Brigitte, Robert et Éric pour leur accueil dans ce service si particulier.

À Madame Bernard et au Professeur Guye, à Stanislas, Zak et Thibault pour leur accueil et leur aide au laboratoire CRMBM.

À M. Nicolas Lisiak, essentiel dans ce projet, pour sa gentillesse, ses capacités hors normes.

À mes amis :

À Mathilde et Marie, pour n'avoir gardé que de fabuleux souvenirs de ces années de travail à vos côtés. Les liens tissés alors, ont encore renforcé une amitié qui compte particulièrement pour moi.

À Mathieu, Axelle et Victoire, amis sincères et brillants médecins.

À tous mes amis qui, de Cristinacce à Chamonix, de Karpathos à la rue Jean Fiolle, de la Ciotat aux Goudes me font me sentir heureux au sein d'un groupe unique, m'acceptent tel que je suis et accompagnent mon parcours avec bienveillance et sincérité. J'espère être à la hauteur de votre amitié.

À Arnaud, Aurélien, Jean-Baptiste, Maxime, Nicolas, Sébastien.

À Audrey, Claire, Clémence, Fanny et Marie, Flore, Floriane, François, Gerome, Gladys, Hadrien, J-E, Jean-Guillaume, Julie, Laure, Manon F., Manon M-P, Margaux, Mathieu M., Maxime C., Raphael, Romain, Thom.

À Yannis, Nico, Édouard et Matthieu. À Dani et Kikou. À Thomas et Rémi.

Aux amis de Natacha devenus, avec grande joie, mes amis.

Au SMUC, mon club pour toujours. À mes coéquipiers et mes éducateurs.

Au CASE SC, quelle belle famille. Et tout particulièrement Antho, Terence, Flo, Eric, Pom, Beco, Toune, Jéré, Vano, Tius et tous les autres aussi bien sûr.

Aux Iris, lieu spirituel et d'évolution.

À l'école de Provence et la faculté de Médecine de Marseille pour leur enseignement.

À David Bowie, Calcutta et Giorgio Poi, Jarvis Cocker, Romain Guerret et Alex Rossi, Townes van Zandt, Philip Glass et Murat pour leur écoute abusive durant l'écriture de cette thèse.

À Palneca et La Ciotat.

À Marseille.

PARTIE 1

Article Original – Version Française

AVANT l'IA : EN QUOI DES MESURES D'ERGONOMIE AVANCÉES ET LES TECHNIQUES DE LECTURE RAPIDE PEUVENT AMÉLIORER LES PERFORMANCES DIAGNOSTIQUES HUMAINES EN IMAGERIE ONCOLOGIQUE ?

RÉSUMÉ :

INTRODUCTION:

La principale cause d'erreur en imagerie oncologique est l'échec de détection d'une lésion. A l'heure du développement des techniques d'Intelligence Artificielle (IA) en Radiologie, l'objectif était de comparer les capacités de détection de lésions suspectes par des radiologues de même expérience soumis à différentes conditions d'interprétation et bénéficiant d'une formation en « lecture rapide ».

MATERIEL ET METHODES :

Des examens tomodensitométriques oncologiques étaient sélectionnés et interprétés par un radiologue sénior produisant un compte-rendu "Gold-Standard" selon les recommandations internationales. Des internes de radiologie interprétaient ces examens et notaient les lésions sur une grille standardisée. Ils étaient randomisés en 3 groupes: groupe 1 dans des conditions d'interprétation standard, groupe 2 dans des conditions ergonomiques améliorées, le groupe 3 bénéficiait en plus d'une formation spécifique en « lecture rapide et efficace ».

La sensibilité de détection de chaque groupe comparée au Gold-Standard et la durée moyenne des séances d'interprétation étaient évaluées.

RESULTATS :

Au total, 13 examens tomodensitométriques étaient inclus. L'interprétation « Gold-Standard » identifiait un total de 67 lésions à détecter sur ces examens. 18 internes étaient divisés en 3 groupes de 6. Chaque groupe d'interne avait 402 (67x6) lésions à détecter. La sensibilité de détection globale était plus élevée dans: le groupe 3 vs. groupe 1 (91,2% versus 84,2%; p=0,005) et le groupe 3 vs. groupe 2 (91,2% versus 85,4%; p=0,036). La durée d'interprétation était plus courte dans le groupe 2 vs. groupe 1 (141 minutes versus 162 minutes; p = 0,036).

CONCLUSION :

Parallèlement au progrès de l'IA, les radiologues peuvent significativement améliorer leur capacités de détection lésionnelle en adaptant leur conditions de travail et leur méthode d'interprétation.

INTRODUCTION :

Les erreurs diagnostiques en médecine en général et en radiologie en particulier sont un enjeu majeur de santé publique. Les causes d'erreur au cours de l'interprétation d'examens radiologiques sont multiples (1)-(2)**,** notamment : défaut ou excès de détection des anomalies, mauvaise interprétation de ces anomalies, proposition inadéquate de prise en charge (choix de l'étape radiologique ou clinique suivante), mauvaise compréhension des résultats radiologiques par le correspondant.

En imagerie oncologique, la principale cause d'erreur est un défaut de détection des lésions (3). En effet, au cours des suivis radiologiques d'oncologie, l'histologie de la tumeur initiale est le plus souvent connue, rendant primordiale la détection d'autres lésions permettant d'évaluer l'extension tumorale.

La non-détection d'éventuelles lésions dans un bilan d'extension entraine une importante perte de chance pour les patients. À expérience clinico-radiologique équivalente, ces erreurs sont plutôt influencées par des facteurs dits « psychophysiologiques » (4) : fatigue (5)-(6) (visuelle (computer vision syndrome (7)-(8)) psychique et musculo-squelettique), temps de travail continu sur ordinateur (9), distraction. Ces facteurs dépendent notamment des conditions et de l'environnement de travail et sont donc modifiables. Plusieurs auteurs ont déjà édictés à ce sujet des règles utiles voire nécessaires à une interprétation radiologique optimale, dans un état de concentration de bonne qualité (10). Ces facteurs ont été étudiés isolément de façon à montrer qu'ils sont à l'origine de fatigue, de stress et de baisse de la productivité, mais les auteurs n'ont pas recherché le taux d'erreur d'interprétation radiologique que ces différentes conditions de travail pouvaient entrainer.

On note également, depuis plusieurs années l'apparition, dans le monde du travail hors médical, de techniques de concentration permettant une « lecture rapide » (11). Ces techniques de concentration comprennent des conseils sur la gestion du corps lors de ces séances de lecture (pauses, hydratation..), des exercices préparatoires permettant l'entrée dans un état de concentration optimale, des exercices visant à augmenter la plasticité cérébrale en particulier sur la coordination cérébrale. Elles ont montré leur efficacité notamment pour augmenter le nombre de mots lus par unité de temps et ce avec au moins la même compréhension du texte (12)-(13)-(14).

Il nous semblait intéressant d'évaluer l'apport de ces techniques à la lecture d'examens radiologiques. Notre objectif principal était donc de comparer, en imagerie oncologique, l'efficacité dans la détection de lésions suspectes par des radiologues de même expérience soumis à des conditions de travail contrôlées et différentes. Les objectifs secondaires étaient d'évaluer le temps d'interprétation de ces différents groupes de radiologues et d'évaluer l'apport de techniques de lecture rapide appliquée au domaine de la radiologie.

MATERIEL et METHODES :

Données d'imagerie

Des examens scanographiques ont été sélectionnés pour l'étude. Ils comprenaient des scanners cérébraux, abdomino-pelviens, thoraco-abdomino-pelviens ou cérébro-thoraco-abdomino-pelviens réalisés dans le cadre d'un premier bilan d'imagerie au moment de l'entrée des patients dans la maladie oncologique.

Ils ont fait l'objet d'une lecture par un sénior de radiologie spécialisé en oncologie (MD, PhD, 20 ans d'expérience). Cette interprétation a permis la réalisation d'une grille de résultats « Gold-standard » où étaient notées toutes les lésions classées objectivement comme suspectes selon les recommandations internationales. Cela concernait toutes les lésions certainement malignes mais aussi celles non caractérisables mais nécessitant un suivi, une expertise spécialisée ou d'autres examens complémentaires. Si celles-ci s'avèrent finalement bénignes après nouvel examen, suivi ou expertise, l'objectif est rempli puisque la lésion n'a pas été ratée initialement.

Étaient considérées comme devant être détectées :

- Au niveau cérébral, toute prise de contraste intra-parenchymateuse ou thrombose d'un sinus veineux (15)**;**
- Au niveau ganglionnaire, toute formation de plus de 10 mm de petit diamètre (16);
- Au niveau pulmonaire, tout nodule à l'exception des nodules formellement bénins c'est à dire de contenu graisseux (- 120 UH ; - 40 UH), en rapport avec une fistule artério-veineuse (vaisseaux convergents) ou avec des calcifications « bénignes » (globales, en pop-corn, lamellaires ou centrales) (17);
- Au niveau hépatique, toute formation intra-hépatique ne répondant pas aux critères de kyste simple (liquidien pur, absence de parois, pas de rehaussement). Concernant les autres lésions, la probabilité d'angiome ou d'HNF existe, mais ils ne sont pas toujours reconnaissables sur les seuls examens d'extension et nécessitent le plus souvent un examen approfondi 4 temps. Ces lésions doivent donc être notées;
- Au niveau surrénalien, toute formation surrénalienne ne répondant pas aux critères de myélolipome (plages graisseuses -30 UH prédominantes) ou de kyste simple (strictement liquidien/parois fines et non rehaussées) ou toute lésion supérieure à 4 cm (18);

- Au niveau rénal : pour les lésions kystiques, toute formation ne répondant pas aux critères de type I et II de la classification de Bosniak (19). Pour les lésions solides, toute formation solide ne répondant pas aux critères d'angiomyolipome typique (plages macroscopiques de densité < -15 UH, sans nécrose, sans calcification) (20);
- Au niveau péritonéal : tout nodule péritonéal devait être suspect de localisation secondaire ;
- Au niveau osseux : pour les lésions lytiques, toute lyse osseuse quelle que soit la classification de Lödwick (21), à l'exception des géodes péri-articulaires. Pour les lésions condensantes, toute lésion condensante à l'exception des îlots condensant bénins (condensation homogène, sans lyse associée, ronde ou oblongue de l'os spongieux, parallèle à l'os cortical dans l'axe des travées osseuses entre 1 mm et 2 cm (22), et des ostéocondensations péri-articulaires dégénératives.

Par ailleurs, étaient notés toute lésion kystique ou solide pancréatique, tout épaississement digestif suspect, tout aspect douteux de carcinose péritonéale avec infiltration anormale des feuillets péritonéaux ainsi que tout épanchement séreux.

Données d'interprétation

Des internes en radiologie, bénévoles pour l'étude, étaient répartis aléatoirement en 3 groupes. Ces internes étaient tous entre la deuxième et la cinquième année d'internat français de radiologie et avaient tous passés au moins 1 an et demi révolus en radiologie (dont au moins 6 mois en imagerie oncologique). Aucun n'était encore thésé, ou n'avait suivi de sur-formation spécifique en imagerie oncologique. Chaque interne était soumis à l'interprétation des examens, en une séance unique individuelle.

Le participant avait une console personnelle de 3 écrans sur laquelle étaient chargés les examens. Il devait d'abord visualiser un diaporama expliquant la méthode d'inscription des résultats ainsi qu'un rappel sur les lésions à identifier selon les recommandations suscitées.

Chaque examen était accompagné d'une fiche expliquant l'indication de l'examen, le type de néoplasie suivie, les traitements éventuellement reçus et les lésions connues sur les précédents examens, et donc à ne pas noter (Figure 1).

Figure 1: Exemple de fiche explicative: indication, histoire de la maladie, traitements, lésions bégnines déjà connues.

EXAM NUMBER 1

Patient : M. L.

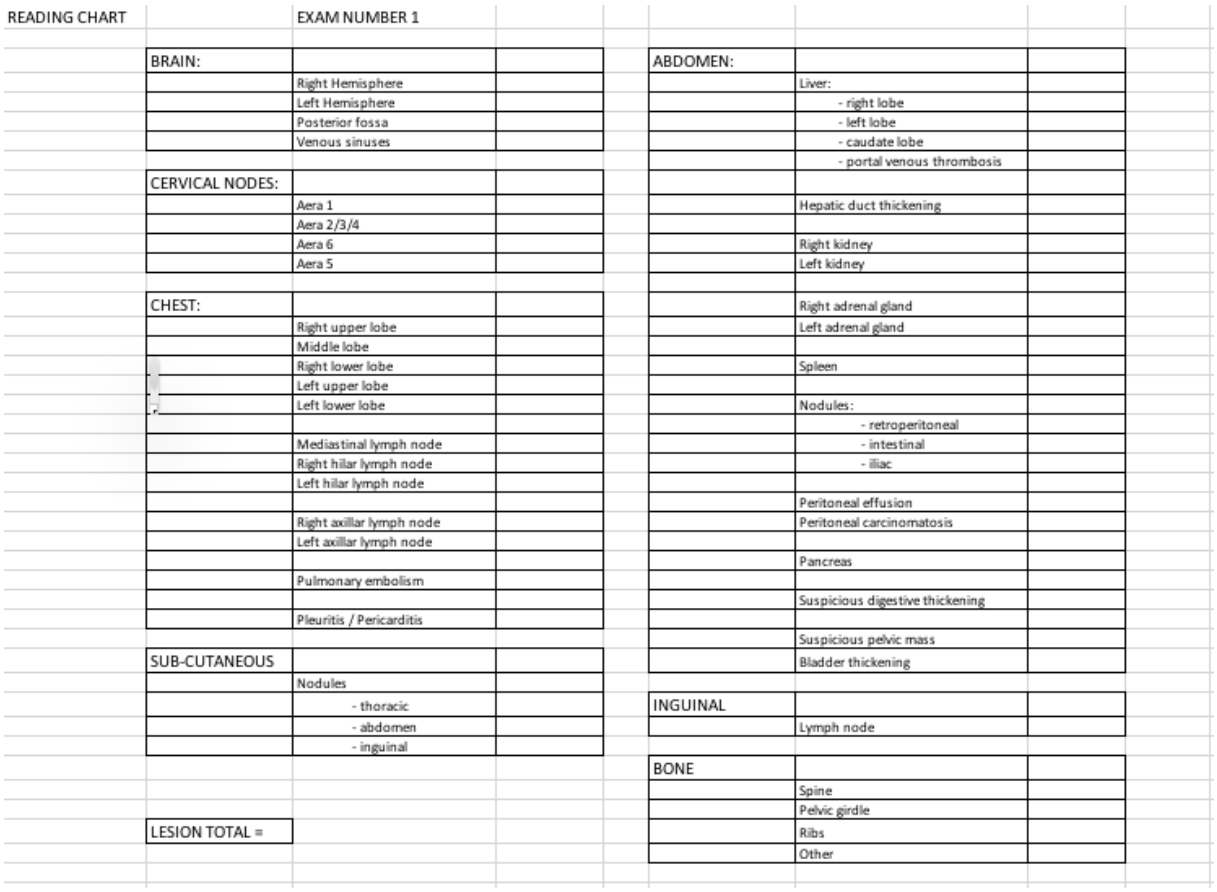
Brain and Chest-abdomino-pelvic CT scan (10/14/2015)

Indication : thoracic melanoma Breslow 3mm. First extension work-up.

Disease history / known lesions :

- Pulmonary adenocarcinoma treated with right inferior lobectomy (1994)
- Latest CT scan (2 years ago) :
    - Aortic abdominal aneurysm
    - Bilateral stenosis of the intern carotid arteries
    - Pulmonary emphysema
    - A non suspect lymphatic node in the cardio-phrenic area (7mm)
    - Benign prostatic hypertrophy

Au cours des interprétations, les participants ne réalisaient pas de compte-rendu mais notaient sur une grille de lecture standardisée vierge les lésions retrouvées (Figure 2).



READING CHART	EXAM NUMBER 1	
BRAIN:		
	Right Hemisphere	
	Left Hemisphere	
	Posterior fossa	
	Venous sinuses	
CERVICAL NODES:		
	Aera 1	
	Aera 2/3/4	
	Aera 6	
	Aera 5	
CHEST:		
	Right upper lobe	
	Middle lobe	
	Right lower lobe	
	Left upper lobe	
	Left lower lobe	
	Mediastinal lymph node	
	Right hilar lymph node	
	Left hilar lymph node	
	Right axillar lymph node	
	Left axillar lymph node	
	Pulmonary embolism	
	Pleuritis / Pericarditis	
SUB-CUTANEOUS		
	Nodules	
	- thoracic	
	- abdomen	
	- inguinal	
LESION TOTAL =		

ABDOMEN:		
	Liver:	
	- right lobe	
	- left lobe	
	- caudate lobe	
	- portal venous thrombosis	
	Hepatic duct thickening	
	Right kidney	
	Left kidney	
	Right adrenal gland	
	Left adrenal gland	
	Spleen	
	Nodules:	
	- retroperitoneal	
	- intestinal	
	- iliac	
	Peritoneal effusion	
	Peritoneal carcinomatosis	
	Pancreas	
	Suspicious digestive thickening	
	Suspicious pelvic mass	
	Bladder thickening	
INGUINAL		
	Lymph node	
BONE		
	Spine	
	Pelvic girdle	
	Ribs	
	Other	

Figure 2: Exemple de fiche de lecture standardisée.

L'investigateur principal de l'étude notait l'heure de fin et de début de la séance de l'interprétation, sans que les participants ne soient tenus au courant de ce paramètre.

Conditions d'interprétation

Concernant le premier groupe, les séances d'interprétation des participants se déroulaient sur 2 jours, sur des consoles installées au sein de la salle d'interprétation commune du service, dans des conditions de travail standard (appels téléphoniques fréquents, conversations, questions de manipulateurs etc.). Les conditions d'ergonomie étaient également « standard » : pas de conseil particulier sur la position, la luminosité.

Les internes du second groupe interprétaient eux, seuls, dans des salles isolées du reste du service, sans interruption humaine ou téléphonique au cours de leur séance.

Enfin les internes du troisième groupe étaient dans les mêmes conditions que le deuxième groupe avec en plus une formation spécifique avant la séance dispensée par un professionnel de la mémoire et de la concentration. Cette formation de 2 heures portait sur les techniques

pour augmenter sa capacité de concentration, comment organiser son temps d'interprétation et quand faire des pauses pour reposer son cerveau. Après cette formation, les participants interprétaient seuls, le même jour ou le lendemain de la formation.

Analyse statistique

Pour espérer une significativité statistique, le nombre totale de lésions détectables à inclure a été calculé à au moins 400. La durée de chaque session d'interprétation était notée pour chaque participant. La durée moyenne d'interprétation était calculée pour chaque groupe et comparée par utilisation de tests de Mann-Whitney. Pour chaque examen, la sensibilité de détection (% de lésions correctement annotées) et le nombre de lésions identifiées en excès étaient calculé. Dans la prise en compte du caractère corrélé de la structure des données (les internes interprétant les même examens), nous avons utilisé un modèle linéaire mixte pour estimer la sensibilité et la comparaison des groupes deux à deux.

Toutes les analyses statistiques étaient considérées statistiquement significative lorsque p value < 0,05. Elles ont été réalisées grâce au logiciel IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Inc., New York, USA).

RESULTATS :

Au total, treize CT ont été inclus, réalisés dans l'exploration de mélanome (n=7), de néoplasie broncho-pulmonaire (n=5) et de léiomyosarcome utérin (n=1).

La lecture « Gold-standard » des 13 examens identifiait comme lésions à détecter : 18 lésions cérébrales, 29 lésions thoraciques (3 ganglionnaires et 26 parenchymateuses), 14 lésions abdominales (3 hépatiques, 4 surrénaliennes, 1 rénale, 5 ganglionnaires, 1 masse pelvienne), 4 lésions osseuses et 2 lésions sous-cutanées. Chaque interne pouvait donc détecter au maximum 67 lésions.

Dix-huit internes ont été répartis aléatoirement en 3 groupes de 6. Leur répartition dans chaque groupe en fonction de leur année d'internat est montrée dans la figure 3.

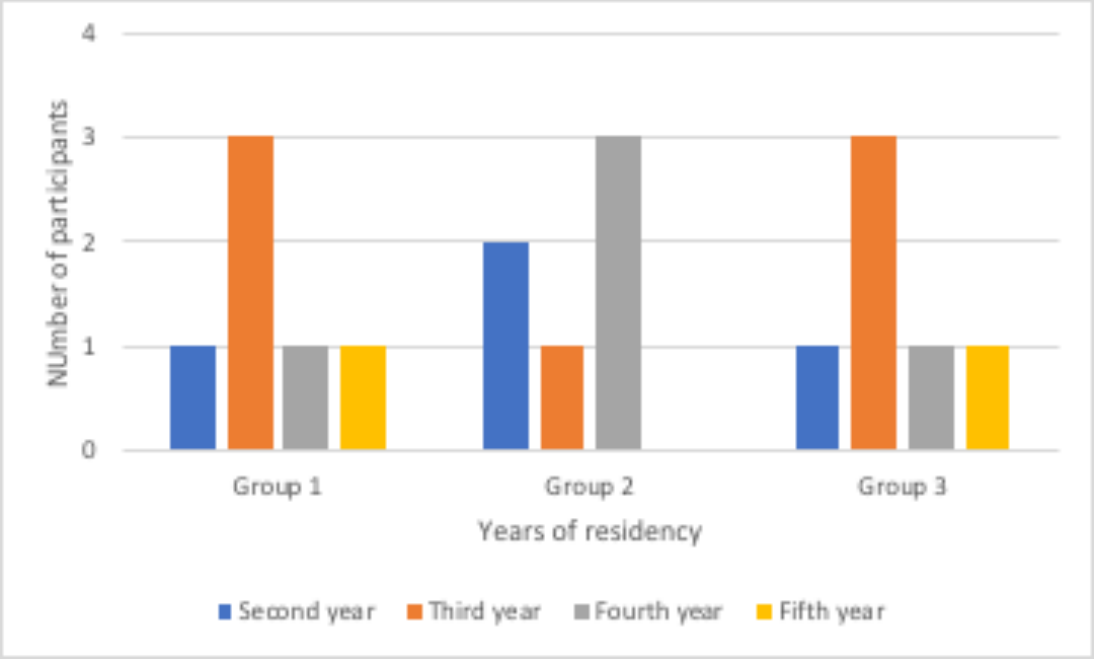


Figure 3: Distribution des trois groups internes en fonction de leur années d'internat

Pour chaque groupe de 6 participants, il y avait donc 67 x 6 lésions à détecter soit 402 lésions. Les lésions étaient réparties par organe comme démontrées dans le tableau 1.

		Exam 1	Exam 2	Exam 3	Exam 4	Exam 5	Exam 6	Exam 7	Exam 8	Exam 9	Exam 10	Exam 11	Exam 12	Exam 13	/PARTICIPANT	/GROUP
BRAIN :		4	1	1					3				8	1	18	108
CERVICAL NODES :															0	0
CHEST :															29	174
	LYMPH NODES				2			1							3	18
	PULMONARY NODULES	1	4	4	2	8	2	3				1		1	26	156
	PULMONARY EMBOLISM														0	0
ABDOMEN :															14	84
	LIVER						1							2	3	18
	HEPATIC DUCT														0	0
	ADRENAL GLAND		1	1	1						1				4	24
	KIDNEY											1			1	6
	SPLEEN														0	0
	LYMPH NODES		1				3			1					5	30
	CARCINOSIS														0	0
	DIGESTIVE TRACT														0	0
	PANCREAS														0	0
	PELVIC MASS									1					1	6
	BLADDER														0	0
INGUINAL															0	0
BONE			1		1		1				1				4	24
SUBCUTANEOUS			1					1							2	12
OTHER															0	0
TOTAL		5	9	6	6	8	7	5	3	2	2	2	8	4	67	402

Tableau 1. Lésions à détecter : distribution pour chaque examen et par organe.

Les données concernant les taux de détection, en globalité et par type lésionnel, pour chaque groupe, ainsi que les temps d'interprétation, sont données dans les tableaux 2 et 3.

	Group		
	1	2	3
N (%) of lesions correctly identified	309 (76.9%)	311 (77.4%)	341 (84.8%)
Sensitivity (95% CI)*	84.2% (80.4% to 88.1%)	85.4% (81.5% to 89.2%)	91.2% (87.3% to 95.0%)
N (%) of lesions identified in excess	78	98	50
Duration of interpretation (minutes), median [range]	162 [144 - 190]	141 [130 - 168]	162 [135 - 185]

** Marginal means estimated using a linear mixed model.*

Tableau 2. Sensibilité de détection de lésions et temps d'interprétation au sein des trois différents groupes.

	Group		
	1	2	3
	Average detection	Average detection	Average detection
BRAIN :	80,6%	81,5%	89,8%
CHEST :	**74,7%**	**79,9%**	**90,2%**
-Lymph nodes	83,3%	94,4%	100,0%
-Pulmonary nodules	**73,7%**	**78,2%**	**89,1%**
ABDOMEN :	83,3%	78,6%	78,6%
-Liver	72,2%	77,8%	72,2%
-Adrenal gland	95,8%	95,8%	100,0%
-Kidney	83,3%	83,3%	100,0%
-Abdominal lymph nodes	76,7%	60,0%	56,7%
-Pelvic mass	100,0%	100,0%	100,0%
BONE :	70,8%	54,2%	66,7%
SUBCUTANEOUS :	41,7%	41,7%	41,7%

Tableau 3. Sensibilité de détection de lésions au sein des trois différents groupes en fonction des différents organes (en caractères gras, résultats significatifs).

En prenant en compte le caractère corrélé des données, la sensibilité de détection mesurée était supérieure dans le groupe 3 comparée au groupe 1 (p=0.013) et au groupe 2 (p=0.037). il n'y avait pas de différences entre les groupes 1 et 2 (p=0.680).

La durée d'interprétation moyenne était plus courte dans le groupe 2 comparativement au groupe 1 (p=0.036) et également plus courte comparativement au groupe 3 (p=0.063). Il n'y avait pas de différences entre les groupes 1 et 3 (p=0.810).

Ces résultats montraient une différence significative dans la sensibilité de détection pour les lésions parenchymateuses pulmonaires pour le groupe 3 vs. groupe 1 ($p = 0.005$) et pour le groupe 3 vs. groupe 2 ($p = 0.034$).

DISCUSSION :

Notre étude confirme l'importance et l'impact des conditions et de l'environnement de travail dans les résultats d'interprétation radiologique, en particulier en oncologie. Il s'agit de la première étude portant sur l'impact des techniques de lecture rapide sur les compétences médicales en général, et radiologiques en particulier.

Le principal biais à éviter pour ce genre d'étude comparative d'interprétation concerne le niveau des participants et leur connaissance dans le domaine médical concerné, qui doit être homogène. Pour cela nous avons fait le choix d'exclure les internes en début de parcours et d'inclure uniquement des internes ayant passé 6 mois dans un service référent en oncologie. Une fois cette sélection faite, la répartition aléatoire en différents groupes permettait une homogénéité de connaissances et de niveau au sein des groupes. Ceux-ci étaient principalement composés d'internes en 3ème année (milieu de parcours), sauf pour le groupe 2, mais dont la présence de plus jeunes internes était équilibrée par 3 internes de 4ème année. Plus que l'ancienneté des internes et leur répartition au sein des groupes, c'est le choix de critère de sélection simples qui a permis de s'affranchir des différences d'expérience entre les participants. En effet, en prenant plutôt en compte des critères de détection que de diagnostic de certitude, et en donnant des directives précises aux participants avant interprétation, on a pu gommer les hétérogénéités entre les différents internes.

Inclure 6 internes par groupe peut sembler relativement peu, malgré le nombre élevé de lésions à détecter pour l'ensemble des dossiers, et il serait intéressant de réaliser ce genre d'étude avec des effectifs plus élevés pour s'affranchir d'un participant plus "faible". Cependant, cette hypothèse n'est pas vérifiée dans notre étude puisque les écart-type de résultats dans la détection de lésion par groupe étaient acceptables: Groupe 1 : [49 – 55]. Groupe 2 : [48 – 57]. Groupe 3 : [51-62].

Il est important de noter que les groupes 1 et 2 n'étaient pas au courant, au moment de leur séance d'interprétation, des méthodes de lecture rapide, des exercices à réaliser et des techniques de concentration dispensées au groupe 3.

Nous pouvons donc conclure que les différences de résultats obtenus, ne sont dues qu'aux différences de conditions de travail, toutes choses étant par ailleurs égales.

Sur ce point, il est intéressant de voir que le travail dans des conditions optimales n'a permis un taux de détection significativement plus élevé que lorsqu'il était associé aux méthodes de lecture rapide (84,8% pour le groupe 3 contre 77,4% pour le groupe 2). Nous pouvons effectuer un parallèle entre l'amélioration des taux de détection grâce à lecture efficace et l'amélioration, hors contexte médical, de la compréhension de lecture de textes déjà démontrée grâce à ces même techniques. Les méthodes classiques de lecture efficace, en démontrant leur faisabilité et leur efficacité, semblent tout à fait transposables à la « lecture radiologique ».
Il était assez surprenant de voir que les conditions optimales de travail n'amélioraient pas significativement le nombre de lésions détectées. Nous pouvons nous demander si l'habitude des participants à travailler dans les conditions dites "dégradées" du groupe 1 ne leur permettait pas de compenser ces difficultés et de détecter le même nombre de lésions que le groupe 2 (77,4% pour le groupe 2 vs. 76,9% pour le groupe 1).

Une variable importante à prendre en compte est aussi la détection de lésion en excès (faux positifs). En effet, certains participants ont noté des lésions qui n'avaient pas été considérées suspectes par le référent sénior en oncologie. On peut penser qu'un trop grand nombre de lésions détectées en excès aurait tendance à affaiblir certains résultats, en particulier concernant la plus grande détection de lésions démontrée entre les groupes 3 et 1. En effet si les participants du groupe 3 avaient, en plus des lésions significatives, détecté un grand nombre de lésions non suspectes finalement, on pourrait douter de la spécificité de cette technique de détection. Or, en analysant les données brutes, on note que c'est le groupe 1 qui détecte plus de lésions en excès que le groupe 3 (78 vs. 50). On peut donc dire qu'il existe même une tendance à une moindre détection de lésions en excès pour le groupe 3.

Par ailleurs, entre ces groupes, le temps d'interprétation était significativement plus bas dans le groupe 2 par rapport aux autres groupes (141 minutes vs. 162 minutes), montrant un fort intérêt des conditions de travail optimales en terme d'efficience. Le groupe 3 était aussi "lent" que le groupe 1 mais ceci était aussi très probablement dû aux différents temps de concentration, exercices et pauses nécessaires aux méthodes de lecture efficace.

Le groupe 3 a donc mis autant de temps que le groupe 1 (en comptant ces temps de concentration non radiologique) pour détecter significativement plus de lésions et avec moins de lésions détectées en excès.

De façon générale, on peut s'interroger sur les résultats définitifs, même les plus positifs (groupe 3) quant à la capacité de détection des lésions secondaires ou suspectes dans un bilan d'extension. En effet, même le groupe 3 le plus efficace, détecte 341 lésions sur 402 (84,8%). Ce chiffre peut sembler insuffisant, puisque près de 15% des lésions ne sont pas détectées. Il est à modérer par plusieurs éléments : tout d'abord des critères de détection lésionnelle très larges. Ces critères ont été édités selon les recommandations internationales de société d'organe pour s'affranchir des connaissances radiologiques de chacun des participants. En demandant, par exemple, de noter tous les ganglions de petit axe > 10mm, le risque était de noter beaucoup de lésions en excès, dont certaines sont au vu de leur aspect radiologique très certainement bénignes (ovalaire, centre graisseux, non nécrotique..) et n'ont pas été notées par les participants, du fait de leur "habitude" radiologique à ne pas considérer ces lésions comme suspectes. La détection des ganglions abdominaux a même tendance à diminuer dans les groupes 2 et 3 versus groupe 1 (60% puis 56,7% versus 76,6%). Certaines lésions cérébrales étaient millimétriques, forcement sujettes à une interprétation subjective, et prises "par excès" comme des lésions suspectes par le radiologue référent oncologique (scénario du pire cas).

Au final, beaucoup de ces lésions n'avaient pas d'influence sur la prise en charge thérapeutique, et leur non-détection n'avait que peu d'impact : par exemple dans le dossier 12, tous groupes confondus, les participants détectaient en moyenne 5,8 lésions sur les 8 notées par le référent. Hors ce dossier était composé de 8 lésions toutes intra-parenchymateuses cérébrales, allant de 1 à 13 mm . On peut assumer que la non détection de 2 à 3 lésions millimétriques ne changeait pas la prise en charge, ni le pronostic du patient.

IL faut aussi admettre que les participants n'étaient pas des spécialistes de l'imagerie oncologique, relativement jeunes, d'où des lésions parfois non détectées, possiblement par manque d'expérience en comparaison du radiologue référent.

Nos données confirment les travaux de Nagy *et al*. qui ont classés ces facteurs et édité des règles pour une meilleure qualité d'interprétation :

- Environnement : espace, éclairage (23)-(24), bruit (25);
- Équipement : consoles PACS (26), souris et clavier (27)-(28), reconnaissance vocale (29)-(30), téléphone (31);
- Ergonomie (32)-(33)**:** elle doit être modifiable par chaque utilisateur ;
- Organisation du travail :
    - Pauses : un temps de travail sur ordinateur de 4 heures d'affilée augmente significativement le risque de fatigue oculaire (asthenopia) (34)**.** Il est donc nécessaire de réaliser une pause oculaire en levant les yeux de l'ordinateur et regarder à une certaine distance (>12 mètres) au moins deux fois par heure (35) ou regarder à 6 m pendant 20 secondes toutes les 20 minutes. Certains auteurs ont bien démontré le bénéfice de ces « micro breaks » (36) avec une diminution des douleurs des poignets et du cou avec des pauses faites toutes les 20 minutes.

      De façon générale, on note plus d'erreurs chez les internes travaillant plus de 10 heures d'affilée (37).
- Facteurs personnels : humidification / lubrification des yeux si porteurs de lentilles de contact (38).

Cependant, tous ces résultats doivent aussi être interprétés à la lumière des avancées technologiques en matière d'Intelligence Artificielle.

Les techniques d'aide au diagnostic assistées par ordinateur sont un secteur de recherche majeur en radiologie depuis une vingtaine d'années. Notamment pour la détection de lésions oncologiques suspectes (39)-(40). Ces outils sont déjà parfois utilisés en pratique clinique pour la détection de nodule pulmonaire (41), de polype colique (42) ou de néoplasie mammaire en mammographie (43). Cependant, les taux de spécificité de ces logiciels sont souvent bas avec de nombreux faux positifs nécessitant une seconde lecture chronophage pour le radiologue. De plus, ils sont le plus souvent dédiés à un seul organe, ne pouvant donc pas être facilement intégrés dans un bilan d'extension global cérébro-thoraco-abdomino-pelvien. Ces outils sont donc le plus souvent pour des cas précis et isolés et ne peuvent être

systématiquement intégrés à l'interprétation radiologique. Le radiologue est par ailleurs celui qui endosse la totale responsabilité de l'interprétation.

Depuis quelques années, l'exploitation coordonnée de larges banques de données radiologique est à l'origine d'un tournant dans l'interprétation radiologique, en permettant le développement d'outils d'Intelligence Artificielle adaptés à la radiologie. Notamment concernant la détection et la caractérisation de lésions oncologiques. Ces outils basés sur des architectures algorithmiques de type "Réseau de Neurones Convolutionnels" (CNN), s'ils sont correctement créés, modifient complètement les techniques d'aide au diagnostic assistées par ordinateur, par leur reproductibilité, leur faculté d'auto-apprentissage, leur précision et leur temps d'analyse (de l'ordre de quelques secondes) (44). Masood *et al.* ont développé récemment un CNN dédié à la détection et la classification des nodules pulmonaires en incorporant dans l'algorithme des données cliniques (45). Ce support montre des résultats significativement supérieurs aux précédents outils d'aide diagnostic utilisés (84,6% versus 77,6%). Cependant les performances diagnostiques restent encore proches du groupe 3 de notre étude : 84 ,6% versus 84,8% dans le groupe 3 de notre étude et même 89,1% sur les lésions uniquement parenchymateuses pulmonaires. Certes, dans notre étude, aucune classification nodulaire n'était réalisée.

Une meilleure ergonomie des conditions de travail associée à des techniques de lecture efficace montrent une amélioration significative concernant les lésions pulmonaires, et relativement importante bien que non significative concernant les lésions cérébrales. On remarque que pour les lésions surrénaliennes, rénales ou pelviennes, il n'y a que peu d'amélioration du fait d'un pourcentage de détection déjà élevé pour le groupe 1. Cela montre que ces lésions, souvent uniques, avec un fort contraste avec les structures environnantes, avec une sémiologie bien démarquée des lésions bénignes, sont "facilement" visibles et ce même en conditions "dégradées".

Cette révolution technologique et numérique de l'Intelligence Artificielle sera globale dans et en dehors du contexte médical. En radiologie, où ces changements se développent de façon extrêmement rapide, il faut à notre sens, considérer ces outils comme une nouvelle révolution de nos techniques de travail comme l'a connu cette spécialité avec les développement de l'échographie, de la tomodensitométrie, de l'IRM, du numérique ou de la radiologie

interventionnelle. De nouveaux moyens diagnostiques permettant de répondre à la demande croissante des examens radiologiques et d'améliorer les performances de l'imagerie médicale, la plaçant toujours plus au centre de la prise en charge médicale. Cependant de nombreux outils d'IA s'intéressant à l'aide au diagnostic et à la prise de décision radiologique nécessitent encore un perfectionnement technique, une validation scientifique, et une mise en place logistique au sein des services d'imagerie médicale. De plus, il semble illusoire à ce stade de penser qu'un seul outil informatique puisse remplacer l'ensemble des diverses capacités, du « bon sens clinique » et des multiples missions du radiologue dans son activité quotidienne.

Avant l'utilisation démocratisée de ces outils au sein de notre environnement de travail, le radiologue ne doit pas rester spectateur de ces avancées technologiques. En complément de son implication dans le développement de ces techniques et l'amélioration de leur pertinence médicale, le radiologue doit continuer à améliorer ses performances diagnostiques « propres » ou « humaines ». En effet, cela permettrait, en association avec l'aide diagnostique de l'IA, de devenir un « radiologue augmenté », en combinant des performances technologiques avancées à des qualités humaines toujours indispensables.

CONCLUSION :

Notre étude montre que des conditions de travail optimales ainsi que des techniques de lecture rapide permettent d'améliorer les performances du radiologue en imagerie oncologique en augmentant sa sensibilité de détection des lésions et en réduisant son temps d'interprétation. Nous pensons donc, que parallèlement au progrès de l'IA, le radiologue en responsabilité peut lui aussi progresser en améliorant significativement ses conditions de travail et ses processus de lecture. C'est peut-être dans cette voie de "l'extended-intelligence", humaine et artificielle combinées, que se trouve le radiologue "augmenté" de demain, au plus grand bénéfice de nos patients.

REMERCIEMENTS

- Tous les internes impliqués dans les 3 groupes d'interprétation : Pierre GACH, Jean-Bruno BANOS, Jean-François HAK, Charlotte SEILER, Maxime CASTELLI, Estelle PIPON, Robin NACCACHE, Alexandre ALLARY, Lisa CALDERON, Elodie SANTIAGO, François POULLAIN, François ARNAUD, Chloé DESMAISON, Justine MUGNIER, Rémi PEYRE, Camille TOUZERY.
- GEMS pour son support technique.

REFERENCES :

1. Pinto A. Spectrum of diagnostic errors in radiology. World Journal of Radiology. 2010;2(10):377.

2. Leape LL. Error in medicine. JAMA. 1994 Dec 21;272(23):1851–7.

3. Kundel HL, Nodine CF, Carmody D. Visual scanning, pattern recognition and decision-making in pulmonary nodule detection. Invest Radiol. 1978 Jun;13(3):175–81.

4. Pitman A. Perceptual error and the culture of open disclosure in Australian radiology. Australasian Radiology. 2006 Jun;50(3):206–11.

5. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. To Err is Human: Building a Safer Health System [Internet]. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000 [cited 2018 Nov 12]. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225182/

6. Reiner BI, Krupinski E. The Insidious Problem of Fatigue in Medical Imaging Practice. Journal of Digital Imaging. 2012 Feb;25(1):3–6.

7. Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer Vision Syndrome: A Review. Survey of Ophthalmology. 2005 May;50(3):253–62.

8. Vertinsky T, Forster B. Prevalence of eye strain among radiologists: influence of viewing variables on symptoms. AJR Am J Roentgenol. 2005 Feb;184(2):681–6.

9. Gaba DM, Howard SK. Fatigue among Clinicians and the Safety of Patients. New England Journal of Medicine. 2002 Oct 17;347(16):1249–55.

10. Nagy P, Siegel E, Hanson T, Kreiner L, Johnson K, Reiner B. PACS reading room design. Semin Roentgenol. 2003 Jul;38(3):244–55.

11. Castles A, Rastle K, Nation K. Ending the Reading Wars: Reading Acquisition From Novice to Expert. Psychol Sci Public Interest. 2018 Jun;19(1):5–51.

12. Rayner K, Schotter ER, Masson MEJ, Potter MC, Treiman R. So Much to Read, So Little Time: How Do We Read, and Can Speed Reading Help? Psychol Sci Public Interest. 2016 May;17(1):4–34.

13. Schmitt AJ, McCallum E, Hawkins RO, Stephenson E, Vicencio K. The effects of two assistive technologies on reading comprehension accuracy and rate. Assist Technol. 2018 Jan 25;1–11.

14. Primativo S, Spinelli D, Zoccolotti P, De Luca M, Martelli M. Perceptual and Cognitive Factors Imposing “Speed Limits” on Reading Rate: A Study with the Rapid Serial Visual Presentation. PLoS ONE. 2016;11(4):e0153786.

15. Suh JH, Videtic GMM, Aref AM, Germano I, Goldsmith BJ, Imperato JP, et al. ACR Appropriateness Criteria®: Single Brain Metastasis. Current Problems in Cancer. 2010 May;34(3):162–74.

16. Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, Schwartz LH, Sargent D, Ford R, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1). Eur J Cancer. 2009 Jan;45(2):228–47.

17. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. Radiology. 2017 Jul;284(1):228–43.

18. Legmann P. [Adrenal incidentaloma: management approaches: CT - MRI]. J Radiol. 2009 Mar;90(3 Pt 2):426–43.

19. Bosniak MA. The Bosniak Renal Cyst Classification: 25 Years Later. Radiology. 2012 Mar;262(3):781–5.

20. Jinzaki M, Silverman SG, Akita H, Mikami S, Oya M. Diagnosis of Renal Angiomyolipomas: Classic, Fat-Poor, and Epithelioid Types. Semin Ultrasound CT MR. 2017 Feb;38(1):37–46.

21. Caracciolo JT, Temple HT, Letson GD, Kransdorf MJ. A Modified Lodwick-Madewell Grading System for the Evaluation of Lytic Bone Lesions. AJR Am J Roentgenol. 2016 Jul;207(1):150–6.

22. Greenspan A, Steiner G, Knutzon R. Bone island (enostosis): clinical significance and radiologic and pathologic correlations. Skeletal Radiol. 1991;20(2):85–90.

23. Baxter B, Ravindra H, Normann RA. Changes in lesion detectability caused by light adaptation in retinal photoreceptors. Invest Radiol. 1982 Aug;17(4):394–401.

24. Goyal N, Jain N, Rachapalli V. Ergonomics in radiology. Clinical Radiology. 2009 Feb;64(2):119–26.

25. Siegel E, Reiner B, Abiri M, Chacko A, Morin R, Ro DW, et al. The filmless radiology reading room: a survey of established picture archiving and communication system sites. J Digit Imaging. 2000 May;13(2 Suppl 1):22–3.

26. Siddiqui KM, Chia S, Knight N, Siegel EL. Design and ergonomic considerations for the filmless environment. J Am Coll Radiol. 2006 Jun;3(6):456–67.

27. Epps BW. Comparison of Six Cursor Control Devices Based on Fitts' Law Models. Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting. 1986 Sep;30(4):327–31.

28. Rosenfeld F. Guide pratique du travail sur écran. INSERM; 2007.

29. Langer SG. Impact of speech recognition on radiologist productivity. J Digit Imaging. 2002 Dec;15(4):203–9.

30. de Korte EM, van Lingen P. The effect of speech recognition on working postures, productivity and the perception of user friendliness. Appl Ergon. 2006 May;37(3):341–7.

31. Balint BJ, Steenburg SD, Lin H, Shen C, Steele JL, Gunderman RB. Do telephone call interruptions have an impact on radiology resident diagnostic accuracy? Acad Radiol. 2014 Dec;21(12):1623–8.

32. Brynjarsdóttir H. Cornell Digital Reading Room Ergonomics Checklist. 2006.

33. Burgess-Limerick R, Plooy A, Ankrum DR. The effect of imposed and self-selected computer monitor height on posture and gaze angle. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1998 Dec;13(8):584–92.

34. Sánchez-Román FR, Pérez-Lucio C, Juárez-Ruíz C, Vélez-Zamora NM, Jiménez-Villarruel M. [Risk factors for asthenopia among computer terminal operators]. Salud Publica Mex. 1996 Jun;38(3):189–96.

35. Cheu RA. Good vision at work. Occup Health Saf. 1998 Sep;67(9):20–4.

36. Mclean L, Tingley M, Scott RN, Rickards J. Computer terminal work and the benefit of microbreaks. Appl Ergon. 2001 Jun;32(3):225–37.

37. Ruutiainen AT, Durand DJ, Scanlon MH, Itri JN. Increased error rates in preliminary reports issued by radiology residents working more than 10 consecutive hours overnight. Acad Radiol. 2013 Mar;20(3):305–11.

38. Shimmura S, Shimazaki J, Tsubota K. Results of a population-based questionnaire on the symptoms and lifestyles associated with dry eye. Cornea. 1999 Jul;18(4):408–11.

39. Hammon M, Dankerl P, Tsymbal A, Wels M, Kelm M, May M, et al. Automatic detection of lytic and blastic thoracolumbar spine metastases on computed tomography. Eur Radiol. 2013 Jul;23(7):1862–70.

40. Burns JE, Yao J, Wiese TS, Muñoz HE, Jones EC, Summers RM. Automated detection of sclerotic metastases in the thoracolumbar spine at CT. Radiology. 2013 Jul;268(1):69–78.

41. Firmino M, Morais AH, Mendoça RM, Dantas MR, Hekis HR, Valentim R. Computer-aided detection system for lung cancer in computed tomography scans: review and future prospects. Biomed Eng Online. 2014 Apr 8;13:41.

42. van Ravesteijn VF, van Wijk C, Vos FM, Truyen R, Peters JF, Stoker J, et al. Computer-aided detection of polyps in CT colonography using logistic regression. IEEE Trans Med Imaging. 2010 Jan;29(1):120–31.

43. Cheng H, Zhao S, Jiang S, Lu M, Yan C, Ling J, et al. Comparison of cardiac magnetic resonance imaging features of isolated left ventricular non-compaction in adults versus dilated cardiomyopathy in adults. Clinical Radiology. 2011 Sep;66(9):853–60.

44. Roth HR, Lu L, Liu J, Yao J, Seff A, Cherry K, et al. Improving Computer-Aided Detection Using Convolutional Neural Networks and Random View Aggregation. IEEE Trans Med Imaging. 2016;35(5):1170–81.

45. Masood A, Sheng B, Li P, Hou X, Wei X, Qin J, et al. Computer-Assisted Decision Support System in Pulmonary Cancer detection and stage classification on CT images. J Biomed Inform. 2018 Mar;79:117–28.

PARTIE 2

Original Research and Technical Development

BEFORE A.I. : HOW CAN ENHANCED ERGONOMY AND FAST-READING TECHNIQUES IMPROVE HUMAN DIAGNOSTIC EFFICIENCY IN ONCOLOGIC IMAGING ?

Submitted to Radiology AI on march 20th 2019

BEFORE A.I. : HOW CAN ENHANCED ERGONOMY AND FAST-READING TECHNIQUES IMPROVE HUMAN DIAGNOSTIC EFFICIENCY IN ONCOLOGIC IMAGING ?

Original Research and Technical Development

Axel Bartoli [1, 2] MD, Nicolas Lisiak [3], Julien Mancini [4], Mathias Illy [1, 2], Thomas Laurendon [1, 2], Vincent Vidal [1, 2], Guillaume Gorincour [2].

(1) **Department of Radiology, Hôpital de la TIMONE, 264, rue Saint-Pierre, 13385, Marseille Cedex 05, France.**

(2) **Aix-Marseille University - Laboratoire d'Imagerie Interventionnelle Expérimentale (LiiE), Unité de Recherche EA 4264, Faculté de Médecine de Marseille CERIMED, 27, boulevard Jean Moulin, 13005 MARSEILLE.**

(3) **Fast-reading Consultant, 2017 World Vice-Champion in Fast-Reading, ZIELONA GORA, Poland**

(4) **Department of Biostatistics, Hôpital de la TIMONE, 264, rue Saint-Pierre, 13385, Marseille Cedex 05, France.**

Corresponding Author : Axel Bartoli, MD
Adresse : 264, rue Saint Pierre, 13385 Marseille Cedex 05 , FRANCE
Tel : (+33) 6.64.53.16.82
Mail : axel.bartoli@ap-hm.fr

Nicolas LIsiak : nicolas.lisiak@gmail.com

Julien Mancini : julien.mancini@ap-hm.fr

Mathias Illy : mathias.illy@ap-hm.fr

Thomas Laurendon : thomas.laurendon@ap-hm.fr

Vincent Vidal : vincent.vidal@ap-hm.fr

Guillaume Gorincour : guillaume.gorincour@gmail.com

Abstract word count: 248 / Main body word count (Introduction to Discussion): 2949

BEFORE A.I. : HOW CAN ENHANCED ERGONOMY AND FAST-READING TECHNIQUES IMPROVE HUMAN DIAGNOSTIC EFFICIENCY IN ONCOLOGIC IMAGING ?

Original Research and Technical Development

Summary Statement:

- Radiologists can improve certain detection capabilities by adapting working conditions and reading processes and AI development should first focus on tasks where human improvement seems to be limited.

Key Points:

- Upgraded ergonomic conditions decrease the duration of oncologic CT exam interpretation for an equal detection rate.
- Fast-reading techniques in upgraded ergonomic conditions improve detection sensitivity of oncologic lesions on CT scan, specially pulmonary nodules.

ABSTRACT :

PURPOSE :

The main cause of error in oncological imaging is the failure to detect lesions. At the time of dramatic improvements in Artificial Intelligence in Radiology, the main objective was to compare the effectiveness in the detection of suspicious lesions by radiologists of the same experience submitted to different controlled working conditions.

MATERIEL and METHODS :

CT-scans were selected and read by a senior radiologist to produce a "gold-standard" interpretation based on international recommendations.

Radiological residents read the scan and noted the lesions on a standardized chart.

They were randomly assigned in three groups : group 1 worked in usual reading-room conditions, group 2 had upgraded ergonomic conditions, group 3 had additional specific training in "fast and effective reading".

The detection sensitivity in each group compared to Gold Standard report was collected. The duration of the interpretation sessions was also noted.

RESULTS :

A total of thirteen CTs were included, for which gold standard identified 67 lesions to be detected. Eighteen residents were assigned in three groups of 6. For each group, participants had 67 x 6 (402) lesions to detect.

The overall detection sensitivity was higher in group 3 vs. group 1 (91,2% versus 84,2%, p=0,005) and for group 3 vs. group 2 (91,2% versus 85,4%, p=0,036). The duration was shorter in group 2 compared to group 1 (141 mins versus 162 mins, p=0,036).

CONCLUSION :

Alongside the progress of AI, radiologists can also significantly improve their detection capabilities by adapting working conditions and reading processes.

INTRODUCTION :

Diagnostic errors in medicine in general and in radiology in particular are a major public health issue. The causes of errors during the interpretation of radiological examinations are multiple (1) - (2) in particular: defective or excessive detection, wrong interpretation, inadequate proposal (choice of the subsequent clinical or radiological step), misunderstanding of the radiological findings by the referring physician.

In oncological imaging, the main cause of error is failure to detect lesions (3). Indeed, during radiological follow-up, the initial tumoral histology is most often known, making the detection of other lesions essential to evaluate extension.

The non-detection of lesions in an extension assessment leads to significant loss for the patients. With equivalent clinico-radiological experience, these errors are rather influenced by so-called "psychophysiological" factors (4) : Fatigue (5) - (6), visual (7) - (8), psychic and musculoskeletal, continuous working time on computer(9), distraction. These factors depend on the conditions and the working environment and can be modified. Several authors already enacted on this useful rules for optimal radiological interpretation, in a state of appropriate concentration(10). These factors were studied separately to show that they cause fatigue, stress and lower productivity, but the authors did not search for the error rate in radiological interpretation that these different working conditions could lead to.

For several years, we have also seen the emergence, in non-medical fields, of concentration techniques allowing "fast and effective reading" (11). These techniques include advice on body management (breaks, hydration ..), preparatory exercises allowing the entry into a state of optimal concentration, exercises to increase brain plasticity in particular on brain coordination. They have shown their effectiveness (12) - (13) in particular to increase the number of words read per unit of time (14), with at least the same understanding of the text. At the time of dramatic improvements in Artificial Intelligence in Radiology, it seemed interesting to evaluate the contribution of these techniques to the human reading of radiological examinations.

Our main objective was therefore to compare, in oncological imaging, the effectiveness in the detection of suspicious lesions by radiologists of the same experience submitted to controlled

and different working conditions. The secondary objectives were to evaluate the interpretation time of these different groups of radiologists and to evaluate the contribution of rapid reading techniques applied to the field of radiology.

MATERIAL and METHODS :

Imaging data

Several CT examinations were selected. They included cerebral, abdominopelvic, thoracoabdominopelvic or cerebro-thoracoabdominopelvic scans performed as part of a first imaging assessment at the time of patients entry into oncological disease.

They were initially read by a senior oncology radiologist (20 years of experience). This interpretation led to the production of a "Gold-standard" results grid in which all the lesions classified objectively as suspicious according to international recommendations were noted. This concerned all the certainly malignant lesions but also those not characterizable but requiring follow-up, specialized expertise or other complementary examinations. If these were finally benign after further examination, follow-up or expertise, the goal was fulfilled since the lesion was not initially missed.

Were considered to be detected:

- for the brain : any intra-parenchymal enhancement or thrombosis of a venous sinus (15) ;

- for the lymph nodes : any formation of more than 10 mm of small diameter (16);

- for the lungs : any nodule with the exception of nodules formally benign i.e. fat content (-120UH, -40UH), related to an arteriovenous fistula (converging vessels) or with "benign" calcifications (global , in popcorn, lamellar or central) (17);

- for the liver : any intrahepatic lesion that did not meet the criteria of simple cyst (pure fluid, no walls, no enhancement). Regarding the other lesions, the probability of angioma or UFH exists, but they are not always recognizable on the extension exams alone and most often require a thorough multiphase examination. These lesions must therefore be noted;

- for the adrenals : any adrenal lesion that did not meet the criteria for myelolipoma (predominantly -30HU fatty areas) or simple cyst (strictly fluid / thin walls / not enhanced) or any lesion greater than 4 cm (18);

- for the kidneys : any cystic lesion that did not meet the type I and II of Bosniak classification criteria (19). For solid lesions, any solid formation that did not meet the typical angiomyolipoma criteria (macroscopic <-15UH ranges, without necrosis and calcification) (20) ;

- for the peritoneum : any nodule was suspected of secondary location

- for the bones : for lytic lesions, any bone lysis whatever the classification of Lödwick (21), with the exception of periarticular geodes. For condensing lesions, any condensing lesion except benign condensing islets (homogeneous condensation, without associated lysis, round or oblong, parallel to the cortical bone in the axis of the bone trabeculae between 1 mm and 2 cm (22), and degenerative periarticular osteocondensations

In addition, any cystic or solid pancreatic lesion, suspicious digestive thickening, doubtful appearance of peritoneal carcinomatosis with abnormal infiltration of peritoneal leaflets and any serous effusion were noted.

Interpretation data

Radiology residents who volunteered for the study were randomly divided into 3 groups. These residents were all between the second and fifth year of the French internship in radiology and had all spent at least 1 and a half years in radiological rotations (including at least 6 months in oncology imaging). None had been specifically over-trained in oncology imaging. Each resident had to interpret all the selected exams, within a single individual session.

Each resident had a personal 3-screen workstation. He had first to visualize a slideshow explaining the method for recording the results as well as a reminder of the lesions to be identified according to the above-mentioned recommendations.

Each examination was accompanied by an explanatory sheet explaining the indication for the examination, the type of neoplasia, the treatments possibly received and the lesions known on previous examinations, and therefore not to be noted (Fig.1).

During the interpretations, each resident did not carry out a report but noted on a blank standardized reading chart the lesions found. (Fig. 2)

The principal investigator of the study noted the beginning and end time of the sessions, without the participants being aware of this parameter being recorded.

Interpretation conditions

Regarding group 1, the interpretation sessions were held over 2 days, on workstations set up in the department's common interpretation room, in usual working conditions (frequent telephone calls, conversations, questions from the technologists etc.). The ergonomic conditions were also "standard": no particular advice on the position, the brightness etc.

Resident within group 2 interpreted alone in isolated rooms, without humans or telephone calls interrupting their session.

Eventually, residents of group 3 were in the same conditions as group 2, but additionally benefited from specific training, provided by a professional worker in memory and concentration. This 2-hour training focused on techniques to increase ability to concentrate, how to organize interpretation time, and when to take breaks. After this training, the participants interpreted alone, the same day or the day after the training.

Statistical analysis

To reach statistical significance, the total numbers of lesions included was calculated as at least 400 for each group. The total duration of interpretation of the exams was available for each participants. The mean duration was calculated for each group and compared using Mann-Whitney tests.

For each exam the sensitivity (% of lesions correctly identified) and the number of lesions identified in excess was collected. In order to take into account the correlated structure of the data (each interns rated the same exams) we used a linear mixed model for estimation of the sensitivity and pairwise comparison of groups.

All statistical analyses were two-tailed and considered statistically significant when p-value<0.05. They were performed using IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Inc., New York, USA).

RESULTS :

A total of thirteen CTs were included in the investigation of melanoma (n = 7), bronchopulmonary neoplasia (n = 5) and uterine leiomyosarcoma (n = 1).

The gold standard reading of the 13 examinations identified 67 lesions to be detected: 18 brain lesions, 29 thoracic lesions (3 lymphatic nodes and 26 parenchymatous), 14 abdominal lesions (3 hepatic, 4 adrenal, 1 renal, 5 ganglionic, 1 pelvic mass), 4 bone lesions and 2 subcutaneous lesions.

Eighteen residents were randomly assigned to one of the 3 defined groups. Their distribution in each group according to their year of internship is shown in Figure 3.

For each group, there were 67 x 6 lesions to detect i.e. 402 lesions. The lesions were distributed by organ as shown in Table 1.

The data concerning the detection rates, globally and by lesion type, for each group, as well as the interpretation times, are given in Tables 2 and 3.

Accounting for the correlated structure of the data, the overall estimated sensitivity was higher in group 3 compared to group 1 ($p=0.013$) and 2 ($p=0.037$). There were no differences between group 1 and 2 ($p=0.680$).

The duration of session in group 2 was shorter compared to group 1 ($p = 0.036$)There was no difference between group 1 and 3 ($p = 0.810$).

These results showed a significant difference in detection sensitivity for pulmonary parenchymal lesions for group 3 vs. group 1 ($p = 0.005$) and for group 3 vs. group 2 ($p = 0.034$).

DISCUSSION :

Our study confirms the impact of working conditions and environment on radiological interpretation results, particularly in oncology. This is the first study examining the impact of rapid reading techniques on medical skills in general and radiological skills specifically.

The main bias to be avoided in this type of study is the knowledge level of the participants, which must be homogeneous. Thus we decided to exclude beginning residents and to include those having spent 6 months in a specific oncology imaging department. Once this selection made, random assignment into the 3 groups allowed knowledge homogeneity. Besides, simple selection criteria made it possible to overcome the differences of experience between the participants. Indeed, by taking into account strict detection criteria rather than diagnosis of certainty, and by giving precise interpretation instructions, it was possible to blur heterogeneities.

Including 6 residents per group may seem relatively small, despite the high number of lesions to be detected, and it would be interesting to carry out this type of study with a higher numbers of readers. However, this hypothesis is not confirmed in our study since the standard deviations of results in lesion detection by group were acceptable: Group 1: [49-55]. Group 2: [48-57]. Group 3: [51-62].

It is important to note that groups 1 and 2 were not aware, at the time of their interpretation session, of rapid reading methods and concentration techniques given to group 3.

We can therefore conclude that the differences in results obtained were only due to differences in working conditions, all things being equal.

Furthermore, it is interesting to see that working in optimal conditions did not allow a significantly higher detection rate than when it was associated with fast reading methods (84.8% for group 3 versus 77, 4% for group 2). We can draw a parallel between improved detection rates through effective reading and the improvement, outside the medical context, of the reading comprehension already demonstrated by these same techniques (23)

(24).The classical methods of efficient reading, by demonstrating their feasibility and efficiency, seem quite transferable to radiological reading.

It was quite surprising to see that the optimal working conditions did not significantly improve the number of lesions detected. We can wonder whether the participants' habit of working in

the so-called "degraded" conditions of group 1 did not enable them to cope with these difficulties and to detect the same number of lesions as group 2 (77.4% for the group). 2 vs. 76.9% for group 1).

An important variable to take into account is also the excessive detection of lesions (false positives). Indeed, some participants identified lesions that were not considered suspect by the senior "gold-standard" radiologist. It may tend to weaken our results, particularly with regard to the difference of lesions demonstrated between groups 3 and 1. Indeed, if group 3 participants had, in addition to significant lesions, detected a large number of non-suspect lesions, one could question the specificity of our detection protocol. However, by analyzing the raw data, group 1 detected more false positive lesions than group 3 (78 vs. 50). It can therefore be said that there is even a tendency for lower false positive lesions for group 3. Moreover, between these groups, interpretation time was significantly lower in group 2 compared to other groups (141 minutes vs. 162 mins), showing a strong interest in optimal working conditions in terms of efficiency. Group 3 was as "slow" as Group 1 but this was also most likely due to the different concentration times, exercises and breaks required for effective reading methods. Group 3 therefore took as long as Group 1 (counting these non-radiological concentration times) to detect significantly more lesions and with fewer false positive lesions.

Group 3 eventually detected 341 lesions out of 402 (84.8%). This may seem insufficient, since nearly 15% of lesions were not detected. It is to be moderated by several elements. first of all, we defined very wide detection criteria. These criteria were defined according to international recommendations to overcome the heterogeneous radiological knowledge of the participants. Asking, for example, to note all the ganglia of small axis> 10mm, the risk was to note too many lesions, some of which are in view of their radiological aspect certainly benign (oval, fat center, non-necrotic ..) and were not noted by the participants, because of their radiological "habit" not to consider these lesions as suspicious. Detection of the abdominal ganglia even tends to decrease in groups 2 and 3 versus group 1 (60% then 56.7% versus 76.6%). Some cerebral lesions were millimetric, necessarily prone to subjective interpretation, and to be taken "excessively" as suspicious lesions by the oncological referral radiologist (worst-case scenario). In the end, many of these lesions had no influence on the

therapeutic management, and their non-detection had little impact: for example in patient 12, all groups combined, the participants detected on average 5.8 lesions out of the 8 noted by the referent. This patient radiological profile was composed of 8 brain lesions, ranging from 1 to 13 mm in size. It can be assumed that the non-detection of 2 to 3 millimetric lesions did not change the management or the prognosis of the patient.
It must also be admitted that the participants were not specialists in oncology imaging, relatively young, resulting in lesions sometimes undetected, possibly due to lack of experience compared to the reference radiologist.

Our data confirm the work of Nagy et al., who have classified these factors and edited rules for a better quality of interpretation:

- Environment : space, lightning, noise;
- Equipment : PACS workstations, mouse and keyboard, speech recognition, telephone;
- Ergonomics;
- Work organization :
    - Breaks: a computer work time of 4 hours in a row significantly increases the risk of eye strain. It is therefore necessary to take an eye break by looking up from the computer and looking at a distance (> 12 meters) at least twice an hour or watch at 6 meters for 20 seconds every 20 minutes. Some authors have well demonstrated the benefit of these "microbreaks". In general, there are more errors among interns working more than 10 hours in a row.
- Personal factors: eyes lubrification if contact lens wearers.

However, all these results must also be interpreted in the light of technological advances in Artificial Intelligence. Computer assisted diagnosis techniques have been a major area of research in radiology for about twenty years, especially for the detection of suspicious oncological lesions (25) - (26). These tools are already used in clinical practice for the detection of pulmonary nodules (27), colonic polyps (28) or breast neoplasias (29). Nevertheless, the specificity rates of these softwares are often low with many false positives requiring a second time-consuming reading by radiologists. In addition, they are most often dedicated to a single organ, so they can't be easily integrated into an overall assessment of cerebrovascular thoraco-abdominopelvic CT scans. The radiologist is also the one who takes full responsibility

for the interpretation. In recent years, the coordinated exploitation of large radiological data banks has led to a turning point in radiological interpretation. These tools are based on algorithmic architectures of "Network of Convolutional Neurons" (CNN) type. They could completely modify the techniques of computer-assisted diagnosis, by their reproducibility, their faculty of self-learning, their precision and their analysis time (around a few seconds) (30). Masood et al. have recently developed a CNN dedicated to the detection and classification of pulmonary nodules by incorporating clinical data into the algorithm (31). Their results are significantly higher than the previous diagnostic assistance tools used (84.6% versus 77.6%). However, the diagnostic performance is still close to group 3 of our study: 84.6% versus 84.8% in group 3 of our study and even 89.1% specifically on parenchymatous lung lesions.

Indeed, better ergonomics of working conditions associated with effective reading techniques show in our study a significant improvement in the detection of pulmonary lesions, and relatively significant in brain lesions. It is noteworthy that for adrenal, renal or pelvic lesions, there is little improvement because of an already high detection rate for group 1. This shows that these lesions, often unique, with a strong contrast with the surrounding structures, with well-marked benign characteristics, are "easily" visible even in "degraded" conditions.

CONCLUSION :

What our study shows is that, alongside the progress of AI, radiologists can also significantly improve their detection capabilities by adapting working conditions and reading processes. It is perhaps in this path towards "extended intelligence", i.e. human and artificial combined, that will appear the "augmented" radiologist of tomorrow, for the greater benefit of our patients.

ACKNOWLEDGMENTS

Authors would like to thanks :

- Residents who participated to this study.

REFERENCES :

1. Pinto A. Spectrum of diagnostic errors in radiology. World Journal of Radiology. 2010;2(10):377.

2. Leape LL. Error in medicine. JAMA. 1994 Dec 21;272(23):1851–7.

3. Kundel HL, Nodine CF, Carmody D. Visual scanning, pattern recognition and decision-making in pulmonary nodule detection. Invest Radiol. 1978 Jun;13(3):175–81.

4. Pitman A. Perceptual error and the culture of open disclosure in Australian radiology. Australasian Radiology. 2006 Jun;50(3):206–11.

5. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. To Err is Human: Building a Safer Health System [Internet]. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000 [cited 2018 Nov 12]. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225182/

6. Reiner BI, Krupinski E. The Insidious Problem of Fatigue in Medical Imaging Practice. Journal of Digital Imaging. 2012 Feb;25(1):3–6.

7. Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer Vision Syndrome: A Review. Survey of Ophthalmology. 2005 May;50(3):253–62.

8. Vertinsky T, Forster B. Prevalence of eye strain among radiologists: influence of viewing variables on symptoms. AJR Am J Roentgenol. 2005 Feb;184(2):681–6.

9. Gaba DM, Howard SK. Fatigue among Clinicians and the Safety of Patients. New England Journal of Medicine. 2002 Oct 17;347(16):1249–55.

10. Nagy P, Siegel E, Hanson T, Kreiner L, Johnson K, Reiner B. PACS reading room design. Semin Roentgenol. 2003 Jul;38(3):244–55.

11. Castles A, Rastle K, Nation K. Ending the Reading Wars: Reading Acquisition From Novice to Expert. Psychol Sci Public Interest. 2018 Jun;19(1):5–51.

12. Rayner K, Schotter ER, Masson MEJ, Potter MC, Treiman R. So Much to Read, So Little Time: How Do We Read, and Can Speed Reading Help? Psychol Sci Public Interest. 2016 May;17(1):4–34.

13. Schmitt AJ, McCallum E, Hawkins RO, Stephenson E, Vicencio K. The effects of two assistive technologies on reading comprehension accuracy and rate. Assist Technol. 2018 Jan 25;1–11.

14. Primativo S, Spinelli D, Zoccolotti P, De Luca M, Martelli M. Perceptual and Cognitive Factors Imposing “Speed Limits” on Reading Rate: A Study with the Rapid Serial Visual Presentation. PLoS ONE. 2016;11(4):e0153786.

15. Suh JH, Videtic GMM, Aref AM, Germano I, Goldsmith BJ, Imperato JP, et al. ACR Appropriateness Criteria®: Single Brain Metastasis. Current Problems in Cancer. 2010 May;34(3):162–74.

16. Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, Schwartz LH, Sargent D, Ford R, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1). Eur J Cancer. 2009 Jan;45(2):228–47.

17. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. Radiology. 2017 Jul;284(1):228–43.

18. Legmann P. [Adrenal incidentaloma: management approaches: CT - MRI]. J Radiol. 2009 Mar;90(3 Pt 2):426–43.

19. Bosniak MA. The Bosniak Renal Cyst Classification: 25 Years Later. Radiology. 2012 Mar;262(3):781–5.

20. Jinzaki M, Silverman SG, Akita H, Mikami S, Oya M. Diagnosis of Renal Angiomyolipomas: Classic, Fat-Poor, and Epithelioid Types. Semin Ultrasound CT MR. 2017 Feb;38(1):37–46.

21. Caracciolo JT, Temple HT, Letson GD, Kransdorf MJ. A Modified Lodwick-Madewell Grading System for the Evaluation of Lytic Bone Lesions. AJR Am J Roentgenol. 2016 Jul;207(1):150–6.

22. Greenspan A, Steiner G, Knutzon R. Bone island (enostosis): clinical significance and radiologic and pathologic correlations. Skeletal Radiol. 1991;20(2):85–90.

23. Perrin J-L, Paillé D, Baccino T. A new sentence generator providing material for maximum reading speed measurement. Behav Res Methods. 2015 Dec;47(4):1055–64.

24. Yu D, Legge GE, Wagoner G, Chung STL. Training peripheral vision to read: Boosting the speed of letter processing. Vision Res. 2017 Jul 19;

25. Hammon M, Dankerl P, Tsymbal A, Wels M, Kelm M, May M, et al. Automatic detection of lytic and blastic thoracolumbar spine metastases on computed tomography. Eur Radiol. 2013 Jul;23(7):1862–70.

26. Burns JE, Yao J, Wiese TS, Muñoz HE, Jones EC, Summers RM. Automated detection of sclerotic metastases in the thoracolumbar spine at CT. Radiology. 2013 Jul;268(1):69–78.

27. Firmino M, Morais AH, Mendoça RM, Dantas MR, Hekis HR, Valentim R. Computer-aided detection system for lung cancer in computed tomography scans: review and future prospects. Biomed Eng Online. 2014 Apr 8;13:41.

28. van Ravesteijn VF, van Wijk C, Vos FM, Truyen R, Peters JF, Stoker J, et al. Computer-aided detection of polyps in CT colonography using logistic regression. IEEE Trans Med Imaging. 2010 Jan;29(1):120–31.

29. Li G, Liu H, Cheng J. [Computer aided diagnosis of calcifications in mammograms]. Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi. 2011 Feb;28(1):170–4.

30. Roth HR, Lu L, Liu J, Yao J, Seff A, Cherry K, et al. Improving Computer-Aided Detection Using Convolutional Neural Networks and Random View Aggregation. IEEE Trans Med Imaging. 2016;35(5):1170–81.

31. Masood A, Sheng B, Li P, Hou X, Wei X, Qin J, et al. Computer-Assisted Decision Support System in Pulmonary Cancer detection and stage classification on CT images. J Biomed Inform. 2018 Mar;79:117–28.

FIGURES :

EXAM NUMBER 1

Patient : M. L .

Brain and Chest-abdomino-pelvic CT scan (10/14/2015)

Indication : thoracic melanoma Breslow 3mm. First extension work-up.

Disease history / known lesions :

- Pulmonary adenocarcinoma treated with right inferior lobectomy (1994)
- Latest CT scan (2 years ago) :
    - Aortic abdominal aneurysm
    - Bilateral stenosis of the intern carotid arteries
    - Pulmonary emphysema
    - A non suspect lymphatic node in the cardio-phrenic area (7mm)
    - Benign prostatic hypertrophy

Figure 1: Example of examination explanatory sheet : Indication, disease history, treatments, benign known lesions

READING CHART		EXAM NUMBER 1	
	BRAIN:		
		Right Hemisphere	
		Left Hemisphere	
		Posterior fossa	
		Venous sinuses	
	CERVICAL NODES:		
		Aera 1	
		Aera 2/3/4	
		Aera 6	
		Aera 5	
	CHEST:		
		Right upper lobe	
		Middle lobe	
		Right lower lobe	
		Left upper lobe	
		Left lower lobe	
		Mediastinal lymph node	
		Right hilar lymph node	
		Left hilar lymph node	
		Right axillar lymph node	
		Left axillar lymph node	
		Pulmonary embolism	
		Pleuritis / Pericarditis	
	SUB-CUTANEOUS		
		Nodules	
		- thoracic	
		- abdomen	
		- inguinal	
	LESION TOTAL =		

ABDOMEN:		
	Liver:	
	- right lobe	
	- left lobe	
	- caudate lobe	
	- portal venous thrombosis	
	Hepatic duct thickening	
	Right kidney	
	Left kidney	
	Right adrenal gland	
	Left adrenal gland	
	Spleen	
	Nodules:	
	- retroperitoneal	
	- intestinal	
	- iliac	
	Peritoneal effusion	
	Peritoneal carcinomatosis	
	Pancreas	
	Suspicious digestive thickening	
	Suspicious pelvic mass	
	Bladder thickening	
INGUINAL		
	Lymph node	
BONE		
	Spine	
	Pelvic girdle	
	Ribs	
	Other	

Figure 2: Example of standardized reading chart

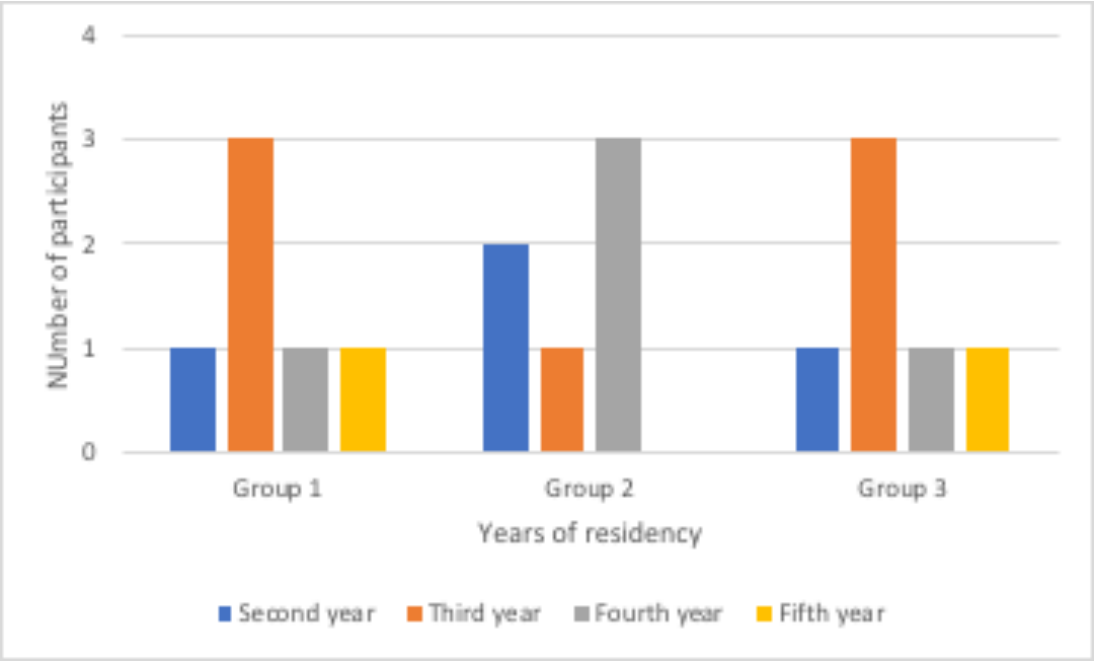


Figure 3: Resident distribution within the three groups depending on their year of internship.

TABLES :

		Exam 1	Exam 2	Exam 3	Exam 4	Exam 5	Exam 6	Exam 7	Exam 8	Exam 9	Exam 10	Exam 11	Exam 12	Exam 13	/PARTICIPANT	/GROUP
BRAIN :		4	1	1					3				8	1	18	108
CERVICAL NODES :															0	0
CHEST :															29	174
	LYMPH NODES				2			1							3	18
	PULMONARY NODULES	1	4	4	2	8	2	3				1		1	26	156
	PULMONARY EMBOLISM														0	0
ABDOMEN :															14	84
	LIVER						1							2	3	18
	HEPATIC DUCT														0	0
	ADRENAL GLAND		1	1	1						1				4	24
	KIDNEY											1			1	6
	SPLEEN														0	0
	LYMPH NODES		1				3			1					5	30
	CARCINOSIS														0	0
	DIGESTIVE TRACT														0	0
	PANCREAS														0	0
	PELVIC MASS									1					1	6
	BLADDER														0	0
INGUINAL															0	0
BONE			1		1		1				1				4	24
SUBCUTANEOUS			1					1							2	12
OTHER															0	0
TOTAL		5	9	6	6	8	7	5	3	2	2	2	8	4	67	402

Table 1. Lesions to be detected : distribution for each examination and organ.

	Group		
	1	2	3
N (%) of lesions correctly identified	309 (76.9%)	311 (77.4%)	341 (84.8%)
Sensitivity (95% CI)*	84.2% (80.4% to 88.1%)	85.4% (81.5% to 89.2%)	91.2% (87.3% to 95.0%)
N (%) of lesions identified in excess	78	98	50
Duration of interpretation (minutes), median [range]	162 [144 - 190]	141 [130 - 168]	162 [135 - 185]

** Marginal means estimated using a linear mixed model.*

Table 2. Sensitivity and duration of interpretations in the different groups.

	Group		
	1	2	3
	Average detection	Average detection	Average detection
BRAIN :	80,6%	81,5%	89,8%
CHEST :	**74,7%**	**79,9%**	**90,2%**
-Lymph nodes	83,3%	94,4%	100,0%
-Pulmonary nodules	**73,7%**	**78,2%**	**89,1%**
ABDOMEN :	83,3%	78,6%	78,6%
-Liver	72,2%	77,8%	72,2%
-Adrenal gland	95,8%	95,8%	100,0%
-Kidney	83,3%	83,3%	100,0%
-Abdominal lymph nodes	76,7%	60,0%	56,7%
-Pelvic mass	100,0%	100,0%	100,0%
BONE :	70,8%	54,2%	66,7%
SUBCUTANEOUS :	41,7%	41,7%	41,7%

Table 3. Average detection sensitivity by organ type.
In bold characters, significant differences

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 moeurs.

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.

ORDRE NATIONAL DES MÉDECINS
Conseil National de l'Ordre

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 moeurs.

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.

ORDRE NATIONAL DES MÉDECINS
Conseil National de l'Ordre

RÉSUMÉ :

INTRODUCTION:

La principale cause d'erreur en imagerie oncologique est l'échec de détection d'une lésion. A l'heure du développement des techniques d'Intelligence Artificielle (IA) en Radiologie, l'objectif était de comparer les capacités de détection de lésions suspectes par des radiologues de même expérience soumis à différentes conditions d'interprétation et bénéficiant d'une formation en « lecture rapide ».

MATERIEL ET METHODES :

Des examens tomodensitométriques oncologiques étaient sélectionnés et interprétés par un radiologue sénior produisant un compte-rendu "Gold-Standard" selon les recommandations internationales. Des internes de radiologie interprétaient ces examens et notaient les lésions sur une grille standardisée. Ils étaient randomisés en 3 groupes: groupe 1 dans des conditions d'interprétation standard, groupe 2 dans des conditions ergonomiques améliorées, le groupe 3 bénéficiait en plus d'une formation spécifique en « lecture rapide et efficace ».

La sensibilité de détection de chaque groupe comparée au Gold-Standard et la durée moyenne des séances d'interprétation étaient évaluées.

RESULTATS :

Au total, 13 examens tomodensitométriques étaient inclus. L'interprétation « Gold-Standard » identifiait un total de 67 lésions à détecter sur ces examens. 18 internes étaient divisés en 3 groupes de 6. Chaque groupe d'interne avait 402 (67x6) lésions à détecter. La sensibilité de détection globale était plus élevée dans: le groupe 3 vs. groupe 1 (91,2% versus 84,2%; p=0,005) et le groupe 3 vs. groupe 2 (91,2% versus 85,4%; p=0,036). La durée d'interprétation était plus courte dans le groupe 2 vs. groupe 1 (141 minutes versus 162 minutes; p = 0,036).

CONCLUSION :

Parallèlement au progrès de l'IA, les radiologues peuvent significativement améliorer leur capacités de détection lésionnelle en adaptant leur conditions de travail et leur méthode d'interprétation.