UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

UNIVERSITE DE LORRAINE 2014 FACULTE DE MEDECINE DE NANCY

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

Erwan GABIACHE

Le 19 septembre 2014

ELABORATION ET EVALUATION D'UN LOGICIEL DE FORMATION DES ETUDIANTS EN MEDECINE A L'IMAGERIE MEDICALE TRIDIMENSIONNELLE

Examinateurs de la thèse :

M. le Professeur G. Karcher	Président
M. le Professeur H. Vespignani	Juge
M. le Professeur P-Y. Marie	Juge
M. le Professeur D. Régent	Juge
Mme le Docteur W. Djaballah	Juge

Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine :
Professeur Henry COUDANE

Vice-Doyen « Finances » :	**Professeur Marc BRAUN**
Vice-Doyen « Formation permanente » :	**Professeur Hervé VESPIGNANI**
Vice-Doyen « Vie étudiante » :	**M. Pierre-Olivier BRICE**

Assesseurs :

- 1er Cycle et délégué FMN Paces :	**Docteur Mathias POUSSEL**
- 2ème Cycle :	**Mme la Professeure Marie-Reine LOSSER**
- 3ème Cycle : • « *DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques* »	**Professeur Marc DEBOUVERIE**
• « *DES Spécialité Médecine Générale* »	**Professeur Associé Paolo DI PATRIZIO**
• « Gestion DU – DIU »	**Mme la Professeure I. CHARY-VALKENAERE**
- Plan campus :	**Professeur Bruno LEHEUP**
- Ecole de chirurgie et nouvelles pédagogies :	**Professeur Laurent BRESLER**
- Recherche :	**Professeur Didier MAINARD**
- Relations Internationales :	**Professeur Jacques HUBERT**
- Mono appartenants, filières professionnalisantes :	**Docteur Christophe NEMOS**
- Vie Universitaire et Commission vie Facultaire :	**Docteur Stéphane ZUILY**
- Affaires juridiques, modernisation et gestions partenaires externes:	**Mme la Docteure Frédérique CLAUDOT**
- Réingénierie professions paramédicales :	**Mme la Professeure Annick BARBAUD**

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER

==========

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE
Jean-Louis BOUTROY - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - François CHERRIER Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS
Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH
Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ
Oliéro GUERCI - Claude HURIET - Christian JANOT - Michèle KESSLER - Jacques LACOSTE
Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Michel MANCIAUX - Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Michel MERLE
Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN Gilbert PERCEBOIS - Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL Jean PREVOT - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER – Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques ROLAND
René-Jean ROYER - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Claude SIMON - Danièle SOMMELET
Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT- Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ - Gérard VAILLANT Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

==========

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Gérard BARROCHE Professeur Pierre BEY - Professeur Patrick BOISSEL
Professeur Michel BOULANGE – Professeur Jean-Louis BOUTROY - Professeur Jean-Pierre CRANCE
Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ Professeure Michèle KESSLER - Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur Luc PICARD Professeur Michel PIERSON - Professeur Michel SCHMITT - Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Michel STRICKER Professeur Hubert UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeure Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET Professeur Michel WAYOFF

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS
(Disciplines du Conseil National des Universités)

42ème Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE
1ère sous-section : *(Anatomie)*
Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Marc BRAUN
2ème sous-section : *(Cytologie et histologie)*
Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Christo CHRISTOV
3ème sous-section : *(Anatomie et cytologie pathologiques)*
Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43ème Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE
1ère sous-section : *(Biophysique et médecine nucléaire)*
Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER
2ème sous-section : *(Radiologie et imagerie médecine)*
Professeur Michel CLAUDON – Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT
Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur René ANXIONNAT

44ème Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION
1ère sous-section : *(Biochimie et biologie moléculaire)*
Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR
2ème sous-section : *(Physiologie)*
Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUEL – Professeur Christian BEYAERT
3ème sous-section : *(Biologie Cellulaire)*
Professeur Ali DALLOUL
4ème sous-section : *(Nutrition)*
Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45ème Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE
1ère sous-section : *(Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)*
Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER
2ème sous-section : *(Parasitologie et Mycologie)*
Professeure Marie MACHOUART
3ème sous-section : *(Maladies infectieuses ; maladies tropicales)*
Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46ème Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ
1ère sous-section : *(Épidémiologie, économie de la santé et prévention)*
Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN
Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA
2ème sous-section : *(Médecine et santé au travail)*
Professeur Christophe PARIS
3ème sous-section : *(Médecine légale et droit de la santé)*
Professeur Henry COUDANE
4ème sous-section : *(Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)*
Professeur François KOHLER – Professeure Eliane ALBUISSON

47ème Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE
1ère sous-section : *(Hématologie ; transfusion)*
Professeur Pierre FEUGIER
2ème sous-section : *(Cancérologie ; radiothérapie)*
Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY - Professeur Didier PEIFFERT
Professeur Frédéric MARCHAL
3ème sous-section : *(Immunologie)*
Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT
4ème sous-section : *(Génétique)*
Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

48ème Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE
1ère sous-section : *(Anesthésiologie - réanimation ; médecine d'urgence)*
Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Gérard AUDIBERT
Professeur Thomas FUCHS-BUDER – Professeure Marie-Reine LOSSER

2ème sous-section : ***(Réanimation ; médecine d'urgence)***
Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT
3ème sous-section : ***(Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)***
Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET
4ème sous-section : ***(Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)***
Professeur François PAILLE – Professeur Faiez ZANNAD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

49ème Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION
1ère sous-section : ***(Neurologie)***
Professeur Hervé VESPIGNANI - Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE
Professeur Luc TAILLANDIER - Professeur Louis MAILLARD
2ème sous-section : ***(Neurochirurgie)***
Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN
Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS
3ème sous-section : ***(Psychiatrie d'adultes ; addictologie)***
Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN
4ème sous-section : ***(Pédopsychiatrie ; addictologie)***
Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH
5ème sous-section : ***(Médecine physique et de réadaptation)***
Professeur Jean PAYSANT

50ème Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE
1ère sous-section : ***(Rhumatologie)***
Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE
2ème sous-section : ***(Chirurgie orthopédique et traumatologique)***
Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS
3ème sous-section : ***(Dermato-vénéréologie)***
Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeure Annick BARBAUD
4ème sous-section : ***(Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)***
Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51ème Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE
1ère sous-section : ***(Pneumologie ; addictologie)***
Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT
2ème sous-section : ***(Cardiologie)***
Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE
Professeur Nicolas SADOUL - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET
3ème sous-section : ***(Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)***
Professeur Jean-Pierre VILLEMOT – Professeur Thierry FOLLIGUET
4ème sous-section : ***(Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)***
Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52ème Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE
1ère sous-section : ***(Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)***
Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET
3ème sous-section : ***(Néphrologie)***
Professeure Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT
4ème sous-section : ***(Urologie)***
Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53ème Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET CHIRURGIE GÉNÉRALE
1ère sous-section : ***(Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)***
Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY - Professeur Athanase BENETOS
Professeure Gisèle KANNY – Professeure Christine PERRET-GUILLAUME
2ème sous-section : ***(Chirurgie générale)***
Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54ème Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION
1ère sous-section : ***(Pédiatrie)***
Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET
Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO – Professeure Rachel VIEUX
2ème sous-section : ***(Chirurgie infantile)***
Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3ème sous-section : ***(Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)***
Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Olivier MOREL
4ème sous-section : ***(Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)***
Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55ème Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU
1ère sous-section : ***(Oto-rhino-laryngologie)***
Professeur Roger JANKOWSKI – Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER
2ème sous-section : ***(Ophtalmologie)***
Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeure Karine ANGIOI
3ème sous-section : ***(Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)***
Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeure Muriel BRIX

==========

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61ème Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL
Professeur Walter BLONDEL

64ème Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

==========

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE
Professeur Jean-Marc BOIVIN

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE
Professeur associé Paolo DI PATRIZIO

==========

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42ème Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE
1ère sous-section : ***(Anatomie)***
Docteur Bruno GRIGNON – Docteure Manuela PEREZ
2ème sous-section : ***(Cytologie et histologie)***
Docteur Edouard BARRAT - Docteure Françoise TOUATI – Docteure Chantal KOHLER
3ème sous-section : ***(Anatomie et cytologie pathologiques)***
Docteure Aude MARCHAL – Docteur Guillaume GAUCHOTTE

43ème Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE
1ère sous-section : ***(Biophysique et médecine nucléaire)***
Docteur Jean-Claude MAYER - Docteur Jean-Marie ESCANYE
2ème sous-section : (Radiologie et imagerie médecine)
Docteur Damien MANDRY

44ème Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION
1ère sous-section : ***(Biochimie et biologie moléculaire)***
Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN
Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA
2ème sous-section : ***(Physiologie)***
Docteur Mathias POUSSEL – Docteure Silvia VARECHOVA
3ème sous-section : ***(Biologie Cellulaire)***
Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

45ème Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE
1ère sous-section : ***(Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)***
Docteure Véronique VENARD – Docteure Hélène JEULIN – Docteure Corentine ALAUZET
3ème sous-section : ***(Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales)***
Docteure Sandrine HENARD

46ème Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ
1ère sous-section : ***(Epidémiologie, économie de la santé et prévention)***
Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteure Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN

2ème sous-section ***(Médecine et Santé au Travail)***
Docteure Isabelle THAON
3ème sous-section ***(Médecine légale et droit de la santé)***
Docteur Laurent MARTRILLE
4ère sous-section : ***(Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication***
Docteur Nicolas JAY

47ème Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE
2ème sous-section : ***(Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)***
Docteure Lina BOLOTINE
4ème sous-section : ***(Génétique)***
Docteur Christophe PHILIPPE – Docteure Céline BONNET

48ème Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE
3ème sous-section : ***(Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique)***
Docteure Françoise LAPICQUE – Docteur Nicolas GAMBIER – Docteur Julien SCALA-BERTOLA

50ème Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE
1ère sous-section : ***(Rhumatologie)***
Docteure Anne-Christine RAT
3ème sous-section : ***(Dermato-vénéréologie)***
Docteure Anne-Claire BURSZTEJN
4ème sous-section : ***(Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)***
Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51ème Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE
3ème sous-section : ***(Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)***
Docteur Fabrice VANHUYSE
4ème sous-section : ***(Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)***
Docteur Stéphane ZUILY

53ème Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE
1ère sous-section : ***(Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)***
Docteure Laure JOLY

54ème Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION
5ème sous-section : ***(Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)***
Docteur Jean-Louis CORDONNIER

==========

MAÎTRE DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteure Elisabeth STEYER

==========

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5ème Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES
Monsieur Vincent LHUILLIER

19ème Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE
Madame Joëlle KIVITS

60ème Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL
Monsieur Alain DURAND

61ème Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL
Monsieur Jean REBSTOCK

64ème Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Madame Marie-Claire LANHERS – Monsieur Pascal REBOUL – Monsieur Nick RAMALANJAONA

65ème Section : BIOLOGIE CELLULAIRE
Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE

Monsieur Christophe NEMOS - Madame Natalia DE ISLA - Madame Nathalie MERCIER – Madame Céline HUSELSTEIN

66ème Section : PHYSIOLOGIE
Monsieur Nguyen TRAN

==========

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale
Docteure Sophie SIEGRIST - Docteur Arnaud MASSON - Docteur Pascal BOUCHE

==========

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würtzburg (R.F.A)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)
Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)
Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)
Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

A Monsieur le Professeur Gilles Karcher
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Biophysique et Imagerie Médicale
Chef du Service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy
Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

Vous nous faites l'honneur de présider ce jury,
au terme d'un internat passé sous votre encadrement.
Au-delà du terrain exceptionnel de formation que constitue votre service, vous avez accompagné nos premiers pas d'interne, inspiré la passion pour notre discipline, et toujours accordé une oreille attentive à nos questions et à nos besoins en matière de formation.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre plus sincère gratitude,
et de notre plus profond respect.

A Monsieur le Professeur Hervé Vespignani
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Neurologie
Chef du Service de Neurologie du CHU de Nancy
Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

Vous nous faites l'honneur de participer à ce jury
et d'y apporter votre expertise dans les domaines de la pédagogie et de la neurologie.
Nous sommes très heureux de soumettre ce travail à votre évaluation
et vous remercions de l'intérêt que vous avez manifesté vis-à-vis de ce projet.
Soyez assuré de notre gratitude et de notre plus profond respect.

A Monsieur le Professeur Pierre-Yves Marie
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Biophysique et Imagerie Médicale

Vous nous faites l'honneur de participer à ce jury,
après avoir apporté votre aide à sa concrétisation.
Vos enseignements, dispensés avec patience et implication tout au long de notre internat, nous ont permis de progresser dans notre discipline et de faire nos premiers pas dans le domaine de la recherche.
Nous vous prions de croire en notre sincère et profonde gratitude pour votre encadrement durant notre internat, dont nous garderons grâce à vous le meilleur souvenir.

A Monsieur le Professeur Denis Régent
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Biophysique et Imagerie Médicale

Vous nous faites l'honneur d'éclairer de votre double expertise de médecin radiologue et de pédagogue ce travail largement encouragé et inspiré par les lectures assidues de votre site internet.
Nous avons eu la chance de bénéficier de vos enseignements au cours de notre internat, et leur accordons une valeur toute particulière, ainsi qu'à nos échanges à propos de nos disciplines.
Nous vous prions de croire en notre gratitude pour tout ce que vous nous avez apporté,
Ainsi qu'en notre plus profond respect.

A Madame le Docteur Wassila Djaballah
Praticien Hospitalier
Service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy

Vous nous faites l'honneur d'évaluer ce travail, après avoir apporté vos conseils et votre expertise dans le domaine de la Cardiologie Nucléaire.
Votre encadrement, vos conseils et votre bienveillance au quotidien dans le service ont été très précieux au cours de notre internat.
Soyez assurée de la valeur que nous accordons à vos enseignements, ainsi que de notre plus profond respect.

Au service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy.

Au Pr Olivier. Merci pour nos discussions, pour vos conseils et pour vos lumières.

Au Professeur Maillard pour votre disponibilité et votre contribution au projet.

A Solène, Fanny, Elodie : merci pour votre encadrement et votre bonne humeur qui ont éclairé cet internat.
Au Dr Nicolas David, pour ta contribution au projet et pour le plaisir de t'avoir côtoyé dans le service.
Aux assistants actuels et passés auprès de qui apprendre la discipline a été un plaisir.
Merci Mathieu, Cyril, Antoine, Sinan, Nicolas et Grégoire.

A la fantastique équipe paramédicale et administrative du service, manipulateurs, secrétaires, et ASH. Détailler c'est prendre le risque d'oublier quelqu'un alors que vous côtoyer toutes et tous
a été un plaisir infini pendant ces quatre courtes années.

Au Dr Fatiha Maskali, pour ton encadrement pendant mon Master 2, ainsi qu'à Sylvain, Mickaël, Carole, Véronique. A Gaëlle, ma co-master 2.

Au laboratoire d'explorations fonctionnelles cardiologiques. Karim, merci pour tes explications en cardiologie. Au Dr Licho, et aux infirmières des épreuves d'effort.

A toute l'équipe du service de médecine nucléaire du CHR de Metz. Aux Drs Sinan Ben Mahmoud, Alain Merkling, Sylvie Petit, et Lumi Teodor pour leurs enseignements et leur bienveillance.

Au service de radiologie du CHR de Metz, et à toutes ses équipes médicales et paramédicales. Remerciements particuliers pour les Drs Bernadette Weryha, Toufik Batch, Adriana Muntean, Christian Buzsa, Vincent Lombard, Julien Wertheimer et Laure Rivail pour leur encadrement et leur disponibilité.

Au Pr Alain Blum pour son accueil chaleureux aux staffs d'imagerie de l'appareil locomoteur, et au Dr Damien Mandry d'avoir partagé son expérience de l'imagerie cardiologique.

Aux services d'oncologie médicale et d'hématologie du CHR de Metz, pour avoir accueilli mes premiers pas en tant qu'interne. Remerciements tout particuliers pour les Drs Laurent Fignon, Christian Platini, Nada Eid, Clémence Matta, Bernard Christian, Isabelle Guibaud, Sorin Visanica, et Véronique Dorvaux. Aux équipes infirmières, secrétaires et aides-soignantes.

Au Dr Fourquet, pour ses encouragements avant mon internat, ses conseils et sa disponibilité.

A mes parents, pour leur patience, leur confiance, leur amour.
A mes frères, pour tout ce qui n'existe qu'entre frères.
A Anaïs, pour tout le bonheur partagé et à venir.

A ma famille.
A Madeleine et Jean, pour votre amour,
A Suzanne et Bernard, qui avez tant compté, et de tout ceci ne manquez, j'en suis sûr, pas un instant,
A Karine et Gilles, Françoise et François, aux cousins/cousines :
Antoine, Candice, Alizée, Camille, Alexandre, Malo.
A Thierry et Hélène, Marie et Thomas.
A Marie-Hélène et Alain, et Quentin, pour m'avoir immédiatement et pleinement adopté.

A toi Jeb sans qui ce projet serait resté dans son carton.
Merci de l'avoir rendu possible.

A l'OCO et aux années passées sous sa bannière.
A mes amis, ceux de toujours et les plus récents.
Aux amies, Carole et Sandrine (car Bonsecours c'est nous), Hélène, Zoé, Marion, Nat
Aux amis, Mat MC, Pascal, Franklin, Jon, Destroy, Alexandre, Mat Huri, Yann, Jeff, Mars, « Greg » (Coco quoi), Simon, Romain, Ben, Nassim, Kédric, Clément L., Virgule, Armand, Moog, Elliot, Bich',
Jean Mat', Manu et Kalie, et tout le gang marseillais.
A la corpo toulousaine, et surtout à Xavier et Thomas « le TAT ».
A Antoine, mon binôme de P1.
A Julie et Michel, mes compagnons de transhumance Toulouso-Nancéenne.

Aux amis toulousains, Jules, Greg-Le-Cuistot, Henri, Mat T, Renaud, Caro, Julien S, Marie-Caroline, Victor. A Nicou et Jean-Louis, à Guillaume. A Christine.

A mes cointernes. A Marine, Lucile, Marie, Hubert, Sibel, Clément, Alexia, sans qui le quotidien des stages n'aurait pas eu la même saveur.
A Mat P, Yalcin, Axel et Cyril.

Au bureau de l'ANAIMEN et à cette belle aventure à venir, aux gens qui la composent et aux amitiés nouvelles. Et notamment, à Yassine, Axelle et Jules.

SERMENT

« Au moment d'être admis 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 dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

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

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

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

TABLE DES MATIÈRES

ABRÉVIATIONS …….……18

1 INTRODUCTION ….…….…….…19

2 DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL INFORMATIQUE 20

2.1 JUSTIFICATION DE LA NECESSITE DE DEVELOPPER DE NOUVEAUX OUTILS D'ENSEIGNEMENT DE L'IMAGERIE EN COUPES……..……..20

2.1.1 Pour répondre au rôle croissant de l'imagerie médicale et à son accessibilité : nouveaux outils de communication, systèmes d'archivage, PACS …..…...……..20

2.1.2 Pour répondre aux objectifs de formation en imagerie, en particulier dans le cadre du programme des ECN…….....21

2.1.3 Pour compléter les supports informatiques actuellement disponibles ……22
2.1.3.1 Supports destinés aux étudiants en deuxième cycle des études médicales...……..22
2.1.3.2 Supports destinés aux spécialistes en imagerie radiologique……..…….22
2.1.3.3 Supports plutôt destinés aux spécialistes en médecine nucléaire…….23

2.1.4 Pourquoi un nouvel outil….…….24

2.1.5 Critères de qualité d'un outil internet de santé……..…...24

2.2 METHODOLOGIE……...……25

2.2.1 Schéma du cas-type…….25
2.2.1.1 Page 1 : le cas clinique…….…….25
2.2.1.2 Page 2 : lecture de l'examen……..27
2.2.1.2.1 Catégorie « Cardiologie »……..27
2.2.1.2.2 Catégorie « imagerie en coupes »…….30
2.2.1.2.3 Catégorie « images statiques »…….……..31
2.2.1.3 Méthode d'évaluation : QCM, questionnaire Vrai/Faux……...……....32
2.2.1.4 Page 3 : réponses et solutions interactives……..……..32
2.2.1.5 Page 4 : généralités……...34
2.2.1.6 Descriptif technique……..……35

2.2.2 Choix des cas cliniques…….…..…36

2.2.3 Cahier des charges de l'interface contributeur et éléments informatiques de développement……..36

2.2.4 Procédure d'élaboration des cas cliniques : traitement des images, adaptation à l'interface de soumission de cas…….……..43
2.2.4.1 Procédure pour les examens de cardiologie……..43
2.2.4.2 Procédure pour les cas cliniques d'imagerie en coupes…….……44
2.2.4.3 Procédure pour les cas d'imagerie statique……...…..…44

2.3 LIMITES TECHNIQUES DE L'OUTIL……..…….45

2.4 PERSPECTIVES……...……..45

3 EVALUATION INITIALE DE L'OUTIL……...……46

3.1 INTRODUCTION…….……46

3.2 MATERIEL ET METHODE...…….……46

3.3 RESULTATS.....…….……47

3.3.1 Résultats de la session notée de QCM de cardiologie……..47
3.3.2 Résultats de la session notée de QCM de TEP-TDM……..48
3.3.3 Résultats de l'évaluation globale de l'application par les étudiants…..…….…..48
3.3.4 Estimation de la fréquence d'utilisation de l'application…….…….49
3.3.5 Résultats de l'évaluation des caractéristiques de l'application par les étudiants……..50
3.3.6 Commentaires libres…….50

3.4 DISCUSSION……...……..51

4 CONCLUSION…….…53

BIBLIOGRAPHIE ……...……..54

ANNEXES …….....57

ABRÉVIATIONS

^{18}FDG : ^{18}Fluoro-désoxy-glucose
^{18}F-DOPA : ^{18}Fluoro-DOPA
AVI : Audio Vidéo Interleave
CT : Computed Tomography
DFASM : Diplôme de Formation Approfondie en Sciences Médicales
DFGSM : Diplôme de Formation Générale en Sciences Médicales
DICOM : Digital Imaging and Communication in Medicine
ECG : Electrocardiogramme
ECN : Epreuves Classantes Nationales
GIF: Graphics Interchange Format
gSPECT: gated Single Photon Emission Computed Tomography
IRM: Imagerie par Résonnance Magnétique
JPEG: Joint Photographic Experts Group
QCM: Questionnaire à Choix Multiples
PACS: Picture Archiving and Communication System
PDF: Portable Document Format
RIS: Radiology Information System
SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography
T2FS: Séquence IRM en ponderation T2 avec saturation du signal de la graisse
TEP-TDM: Tomographie par Emission de Positons - Tomodensitométrie
TDM : Tomodensitométrie

1. INTRODUCTION

L'imagerie médicale nucléaire et radiologique a vu sa pratique évoluer très rapidement depuis le début des années 2000 grâce à la numérisation des images et aux systèmes informatiques de communication et d'archivage (Picture Archiving Computerized Systems et Radiology Information System). L'accès aux antériorités, à la lecture et au traitement d'image n'est donc plus l'exclusivité des médecins spécialistes en imagerie et les outils informatiques qui permettent la mise à disposition de ces informations pour les praticiens prescripteurs sont actuellement largement répandus et utilisés.

Cependant, la formation initiale à l'imagerie médicale a évolué de façon plus lente, et les étudiants en deuxième cycle n'ont pas tous accès à des stages en radiologie ou en médecine nucléaire. Les cours magistraux (qu'il s'agisse de cours en amphithéâtre ou de travaux dirigés), et les supports de cours disponibles (livres, PowerPoint®, fichiers Word® ou pdf) permettent l'apprentissage d'éléments de sémiologie illustrés par des images sélectionnées voir légendées, mais à l'exception des étudiants qui effectuent un stage dans un service d'imagerie, peu sont formés à la démarche de lecture d'un examen complet et brut placé dans son contexte clinique.

Pour essayer de répondre à ce problème, nous avons travaillé au développement d'un outil informatique de formation pratique, simulant les conditions techniques d'utilisation de consoles de visualisation, et permettant de confronter l'étudiant en deuxième cycle d'études médicales à des examens d'imagerie issus de techniques de médecine nucléaire principalement, parfois également de radiologie. Les examens sont présentés dans leur contexte clinique, avec un QCM à remplir suivi d'une solution interactive et de généralités sur la pathologie en question.
Nous avons ensuite procédé à une évaluation initiale de l'outil par des étudiants en fin de deuxième cycle d'études médicales recrutés sur la base du volontariat, à l'occasion d'une séance de travaux dirigés où les étudiants ont d'abord été évalués sur quatre cas cliniques de l'application, puis ont eux-mêmes noté l'application.

2. DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL INFORMATIQUE

2.1 JUSTIFICATION DE LA NECESSITE DE DEVELOPPER DE NOUVEAUX OUTILS D'ENSEIGNEMENT DE L'IMAGERIE EN COUPES

2.1.1. Pour répondre au rôle croissant de l'imagerie médicale et à son accessibilité : nouveaux outils de communication, systèmes d'archivage, PACS

Les systèmes informatiques d'archivage et de communication d'images ou PACS ont commencé à être développés au début des années 80, mais leur utilisation est devenue large et dominante dans les hôpitaux américains et européens à partir du début des années 2000[1,2].
L'arrivée sur le marché de systèmes légers d'accès aux PACS, rendant accessible leur contenu sur ordinateur de bureau via des programmes spécifiques ou par navigateur internet, permet aux cliniciens d'accéder en temps réel aux données des examens qu'ils prescrivent, avec des fonctionnalités de traitement d'image de plus en plus élaborées.

Cependant, alors que les systèmes PACS accessibles aux cliniciens sont actuellement quasiment ubiquitaires, il n'existe pas de formation adaptée aux étudiants en médecine pour appréhender l'utilisation interactive de l'imagerie en coupes, exception faite de celle qui est dispensée dans les services d'imagerie et par conséquent réservée aux étudiants qui y passent en stage.

Les étudiants sont ainsi formés sur des supports de cours classiques qui sont indispensables et leur apprennent la sémiologie radiologique, mais les systèmes qui leurs permettent d'interagir avec des examens bruts et non annotés, au sein desquels l'anomalie doit être recherchée de façon active, sont très peu nombreux, inconnus des étudiants en deuxième cycle d'études médicales et réservés à un public spécialisé.

La position de plus en plus centrale de l'imagerie dans les prises en charge intra et extra hospitalière suggère l'intérêt majeur qu'aurait une famille d'outils informatiques qui permettrait à l'utilisateur non spécialiste en imagerie d'apprendre à faire une première lecture d'un examen en coupes.

2.1.2. Pour répondre aux objectifs de formation en imagerie, en particulier dans le cadre du programme des ECN

Les objectifs de formation du deuxième cycle des études médicales sont définis sous forme d'un programme répertorié en chapitres et en items, publié au Journal Officiel[3]. Ce programme fait l'objet d'une réforme actuelle, qui sera effective pour le concours des ECN 2016. C'est ce nouveau programme qui a servi de référence à l'élaboration de l'application.

Il fait référence aux technologies de l'imagerie médicale à plusieurs reprises :

- Tout d'abord, dans le cadre du diplôme de formation approfondie en sciences médicales (DFASM), chapitre 2, article 7, est mentionnée la formation aux technologies de l'information et de la communication, appliquées à l'enseignement, aux soins et aux différentes approches de simulation. Sans que soit citée de façon plus précise l'utilisation des PACS notamment, il est néanmoins possible de considérer que la formation à ces technologies fait partie des objectifs de formation pour l'internat.

- Dans l'annexe III paragraphe 4, les objectifs de formation spécifiques à l'imagerie médicale sont plus précisément abordés : les connaissances en radio anatomie, les stratégies de prescription mais également la sémiologie en imagerie des urgences et des principales pathologies sont définies comme objectifs de formation.

- L'item 176 du programme traite le sujet spécifique des risques sanitaires liés aux irradiations et de la radioprotection. L'item 26 aborde le sujet des risques fœtaux, notamment liés aux rayonnements ionisants.

- Enfin, l'imagerie médicale relative à chaque pathologie, situation clinique ou syndrome est abordée au cas par cas dans le cadre de leur item d'enseignement.

On peut par conséquent noter que la partie du programme qui contient les items ne fait référence que deux fois de façon directe au domaine de l'imagerie médicale, ce qui semble peu lorsqu'on sait à quel point les étudiants se réfèrent à cette liste pour répartir leur charge de travail dans le cadre de la préparation aux ECN.

Ce programme est utilisé par les collèges médicaux et/ou scientifiques impliqués dans l'enseignement de l'imagerie médicale : le Collège National des Enseignants de Biophysique et de Médecine Nucléaire, et le Collège des Enseignants de Radiologie de France.

2.1.3. Pour compléter les supports informatiques actuellement disponibles

2.1.3.1. Supports destinés aux étudiants en deuxième cycle des études médicales

Les ECN sont une spécificité française, raison pour laquelle les sites de formation à l'imagerie qui en suivent le programme sont peu nombreux et tous francophones.

- **L'ENC en image (Faculté de Médecine de Toulouse Rangueil)[4]** :

Ce site internet en accès libre et gratuit propose des cas cliniques avec des imageries radiologiques sélectionnées non interactives, sous format « .pdf », avec leurs solutions. On y trouve également des documents de cours et de rappels, classés par items selon le programme actuel des ECN. Le site n'est cependant pas terminé et n'a plus été modifié depuis longtemps.

- **Site de la SFR**

Parmi les très nombreux posters et documents numériques présents sur le site de la Société Française de Radiologie, plutôt adressés à un public spécialisé, on note un poster consacré spécifiquement à l'enseignement de la sémiologie radiologique pour les ECN[5]. Une fois de plus, on regrette l'absence de médecine nucléaire et d'imagerie interactive.

- **Site onclepaul.net[6]**

Onclepaul.net est un site bien connu des étudiants nancéens. Créé par le Pr Denis Régent et alimenté par les présentations cliniques de contributeurs multicentriques, il est d'accès libre et gratuit. Une section est spécifiquement dédiée à l'enseignement de l'imagerie radiologie et isotopique sous forme de documents de cours très riches en iconographie commentée, qui sont téléchargeables pour pouvoir être lus sur tout types de plateformes. Ce site consacre également une section spécifique à l'enseignement de la médecine nucléaire. Le contenu est classé selon le niveau recherché par le lecteur, du niveau ECN à celui du médecin spécialisé en imagerie médicale.

2.1.3.2. Supports destinés aux spécialistes en imagerie radiologique

Il existe une offre un peu plus fournie en matière de sites de formation en imagerie non spécifique aux ECN, dont une partie en langue anglaise :

- **auntminnie.com[7]:**

Ce site en langue anglaise est la référence nord américaine en imagerie radiologique et isotopique, et propose tout une banque de données de cas cliniques spécialisés d'accès gratuit.

Cependant, malgré son extrême richesse et l'exhaustivité de son contenu, il ne propose pas d'imagerie interactive, les cas cliniques traitant toujours d'images pré sélectionnées et fixes. Enfin, ce site est plutôt connu des médecins spécialisés en imagerie médicale.

- **Radiopaedia.org[8]:**

Ce site est une base de données collaborative de cas cliniques de radiologie et de médecine nucléaire en langue anglaise, qui diffuse ses mises à jour et ses actualités via la plupart des principaux réseaux sociaux (twitter®, tumblr®, pinterest®, instagram®, facebook®) et qui propose des cas cliniques au téléchargement sur tablette sous forme d'application. Certains cas sont sous forme d'examens interactifs en coupes, comprenant un certain degré d'interactivité. La base de données est énorme (plus de 16000 cas). Une partie des cas de l'application tablette est payante, selon un système de modules indépendants dont le prix varie entre 1,79 et 4,49 euros.

- **Radiology 2.0 : one night in the Emergency Department[9]:**

Cette application Ipad, téléchargeable gratuitement sur l'Apple Store, propose une liste de 65 cas de scanner diagnostique en contexte d'urgence, avec des examens complets à lire et avec leurs solutions commentées et annotées. C'est un programme de grande qualité pédagogique, qui a servi d'inspiration pour l'application que nous avons développée, notamment pour le système de page de solution avec un texte contenant des éléments d'imagerie annotée. Il s'agit de l'exemple le plus abouti d'outil pédagogique interactif avec simulation de lecture d'examen. Cependant, cet outil s'adresse plutôt aux médecins spécialistes une fois de plus, et son contenu se limite à l'imagerie scanner d'urgence.

- **Imagerieguilloz.com[10]:**

Il s'agit du site internet du service de radiologie du Pr Alain Blum, au CHU Central à Nancy. Ce site d'accès libre et gratuit contient de nombreuses présentations spécialisées, qui font référence en imagerie ostéo articulaire, ainsi que des cours dispensés dans le cadre du D.E.S de radiologie et de D.U et D.I.U d'imagerie, et des présentations vidéo issues des staffs organisés par le service.

2.1.3.3. : Supports plutôt destinés aux spécialistes en médecine nucléaire

- **mednuc.net[11] :**

Ce site est en langue française et d'accès gratuit, il propose des cas cliniques de médecine nucléaire commentés, non interactifs, plutôt à l'attention des internes et praticiens de la discipline.

- **Médecine nucléaire CHU Brest[12] :**

Quelques cas cliniques de médecine nucléaire, non interactifs, sont proposés sur ce site.

- **MN-net[13] :**

Il s'agit d'un site personnel comprenant quelques cas d'imagerie nucléaire non interactive, plutôt adressé aux médecins nucléaires.

2.1.4. Pourquoi un nouvel outil

A notre connaissance, il n'existe pas actuellement d'outil informatique dédié à l'enseignement de l'imagerie médicale, notamment en médecine nucléaire, entrant dans le cadre du programme des ECN et proposant des cas cliniques interactifs avec une possible analyse dynamique et interactive d'examens d'imagerie en coupes. L'apprentissage cette interaction directe avec l'imagerie, outre sa valeur pédagogique et ludique, semble indispensable pour préparer les étudiants à leur future activité de soignant qui, dans toute spécialité, nécessitera une maîtrise des outils de communication et d'information en imagerie avec les réseaux de transfert d'images.

2.1.5. Critères de qualité d'un outil internet de santé

Nous avons recherché des critères objectifs pour évaluer la qualité de notre projet. Il existe plusieurs façons d'évaluer la qualité d'un outil internet de santé. La plupart des systèmes existants s'appliquent aux outils grand public, ce qui n'est pas la vocation de l'application que nous avons développée. Cependant, leurs items d'évaluation peuvent être utilisés pour obtenir une idée des impératifs qu'une application pédagogique d'imagerie en accès libre doit remplir.

- Netscoring®[14] est une grille de notation de critères développée par Centrale Santé, évaluant la qualité de l'information de santé sur internet, répartis en huit catégories : crédibilité, contenu, hyperliens, design, interactivité, aspect quantitatifs, déontologie et accessibilité.
- L'Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé a établi un référentiel de bonnes pratiques sur les outils d'intervention en éducation pour la santé[15].

Parmi les critères définis comme importants par ces sources, nous avons retenu les suivants comme marqueurs de qualité à suivre pour notre travail :

- l'identification des auteurs, contributeurs et administrateurs, ainsi que leurs éventuels conflits d'intérêt ;

- la qualité et l'adaptation du contenu ;
- l'actualisation et dates de mise à jour ;
- le public ciblé et les modalités d'accès ;
- la dénégation (ou « disclaimer » en anglais), qui précise notamment que les informations du site ne peuvent constituer un avis médical ;
- l'indexage et le plan du site ;
- la rapidité de chargement, et la facilité de navigation ;
- la responsabilité, la déontologie, et le respect du secret médical.

2.2 METHODOLOGIE

Tous les cas cliniques de l'application ont été élaborés en suivant un même profil de mise en page. Ce principe de standardisation a non seulement permis de développer un programme qui reste adapté aux objectifs nationaux de préparation du concours des ECN, mais également de simplifier l'interface informatique de soumission des cas cliniques. Tous les cas cliniques ont donc été conçus en quatre pages successives avec pour chacune, un rôle distinct : établir la situation clinique pour la première page, faire lire un examen d'imagerie et répondre aux questions liées en page deux, donner une solution interactive en page trois, et enfin proposer une page de généralités résumant les iconographies et éléments sémiologiques en lien avec l'item ECN abordé dans le cas clinique.

2.2.1. Schéma du cas-type

2.2.1.1. Page 1 : le cas clinique

Tous les cas ont été écrits de façon à définir un contexte clinique dans lequel a ensuite été positionné un examen d'imagerie donné. Cette mise en forme est classique et souvent retrouvée dans les méthodes de formation et d'évaluation des facultés. Elle correspond surtout au type de formulation des cas auxquels les étudiants de fin de deuxième cycle sont soumis pour le concours des ECN. Elle est souvent vécue comme un gage d'adaptation à la préparation au concours par les étudiants, qui ont tendance à désavouer les formats de travail qui ne respectent pas cette mise en forme.
Un certain degré de transversalité a été recherché entre différents modules d'enseignement pour les cas les plus complexes.

Ce contexte clinique peut comprendre un degré variable d'incertitude diagnostique, afin de correspondre au mieux aux évolutions récentes des ECN. En effet, la réforme 2016 du concours devrait favoriser l'évaluation des étudiants sur des situations cliniques avec gestion

du doute diagnostique, dans lesquelles des éléments intercurrents comme l'imagerie auront vraisemblablement un rôle majeur pour définir l'orientation des cas.

Les cas sont classés par niveaux, de façon à proposer pour chaque technique diagnostique de médecine nucléaire des examens normaux, d'autres pathologiques mais de diagnostic facile ou typique, et enfin des cas plus complexes, pluridisciplinaires, avec abord de l'apport de la multimodalité en imagerie diagnostique.
L'interface informatique a été définie pour permettre un certain degré de mise en forme du texte, une fois encore pour s'adapter à la difficulté recherchée du dossier. Pour un cas simple, les éléments sémiologiques d'intérêt peuvent être surlignés, alors que pour un cas de difficulté plus avancée, ils sont intégrés sans élément distinctif dans le corps de texte.
Lorsque le cas clinique s'y prête, des éléments iconographiques statiques (images, photographies, radiographies, coupes isolées de TDM, reproductions d'ECG), interactifs, sont intégrés dans le texte sous forme de liens hypertexte. Accessibles en un clic ou un toucher sur écran tactile, leur rôle est de participer à la définition initiale de la situation clinique.

Voici un exemple de texte de cas clinique tel qu'il apparaît dans l'application :

M. H, **65 ans**, est hospitalisé dans le service de pneumologie pour bilan d'**hémoptysie**. C'est un patient retraité, **fumeur** (environ 15 cigarettes par jour depuis l'âge de 20 ans), **diabétique** de type 2 traité par Metformine. On note une **perte de 5 kg en deux mois**, involontaire, avec un poids actuel de 90 kg pour 1m75. L'interrogatoire retrouve un antécédent de remplacement valvulaire aortique sur rétrécissement aortique serré il y a 5 ans.

L'interrogatoire retrouve une **toux sèche** évoluant depuis environ 4 mois, avec plusieurs épisodes d'**hémoptysie** peu abondante (expectorations teintées de sang). Dans le contexte, une radiographie de thorax a été réalisée par le médecin traitant en externe **Image** , qui a mené à la réalisation d'un scanner thoracique avec injection de produit de contraste iodé **Image** .

En hospitalisation, une **fibroscopie bronchique** a permis la réalisation de biopsies, dont l'examen anatomo pathologique a conclu à la présence d'un **carcinome épidermoïde** moyennement différencié. A ce stade du bilan, en raison de la présence d'adénomégalies médiastinales latéro trachéale inférieure droite et sous carinaire, la lésion tumorale est classée **T3 N2 Mx.**

Pour compléter le bilan d'extension, une **TEP-TDM au 18-FDG** est programmée. Voici les images de la TEP seule en affichage pseudo volumique « MIP » (Maximal Intensity Projection ») **Image**

Figure 1 : Texte d'un cas clinique de l'application.

Les éléments d'iconographie statique correspondent aux onglets « image ». Dans l'exemple donné figure 1, l'onglet « image » faisant suite à la phrase « […] Dans le contexte, une radiographie de thorax a été réalisée par le médecin traitant en externe [...] » permet d'ouvrir l'image correspondant à la figure 2.

Figure 2 : Exemple d'iconographie interactive du cas clinique présenté figure 1.

2.2.1.2. Page 2 : lecture de l'examen

Il s'agit ici de la page de lecture interactive de l'examen d'imagerie qui fait l'objet du cas. Son type de contenu a été séparé en trois grandes catégories selon leurs particularités techniques de visualisation, indépendamment des techniques d'imagerie médicale dont elles sont issues.

2.2.1.2.1 Catégorie « Cardiologie »

Cette catégorie a été créée pour être adaptée aux dossiers de tomoscintigraphie myocardique d'effort ou de stress. Elle permet l'affichage de données d'iconographie statique (fichiers « .jpg ») comme par exemple une planche de revue en coupes d'un examen de tomoscintigraphie myocardique de perfusion. Elle permet également la lecture de données en format vidéo qui, à la condition d'une conversion en format « .gif » et d'une durée totale

raisonnable, permettent de juxtaposer aux coupes de tomoscintigraphie de perfusion, des acquisitions dynamiques de type gated SPECT, ou encore des vidéos de coronarographie.
Entre un et quatre éléments d'imagerie peuvent ainsi être proposés à l'étudiant, en proportions variables et totalement flexibles entre fichiers « .jpg » et « .gif ».
Il est cependant important de noter que la structure de présentation de cette catégorie de cas est identique quelque soit la discipline abordée. A la condition de respecter les impératifs de format d'image, tout type de dossier peut y être intégré : par exemple, un dossier avec une radiographie de thorax, une iconographie d'hémoptysie et une vidéo d'endoscopie bronchique serait parfaitement adapté à cette catégorie de mise en forme.

Voici un exemple d'iconographies intégrées dans un cas de cardiologie (figures 3, 4 et 5) :

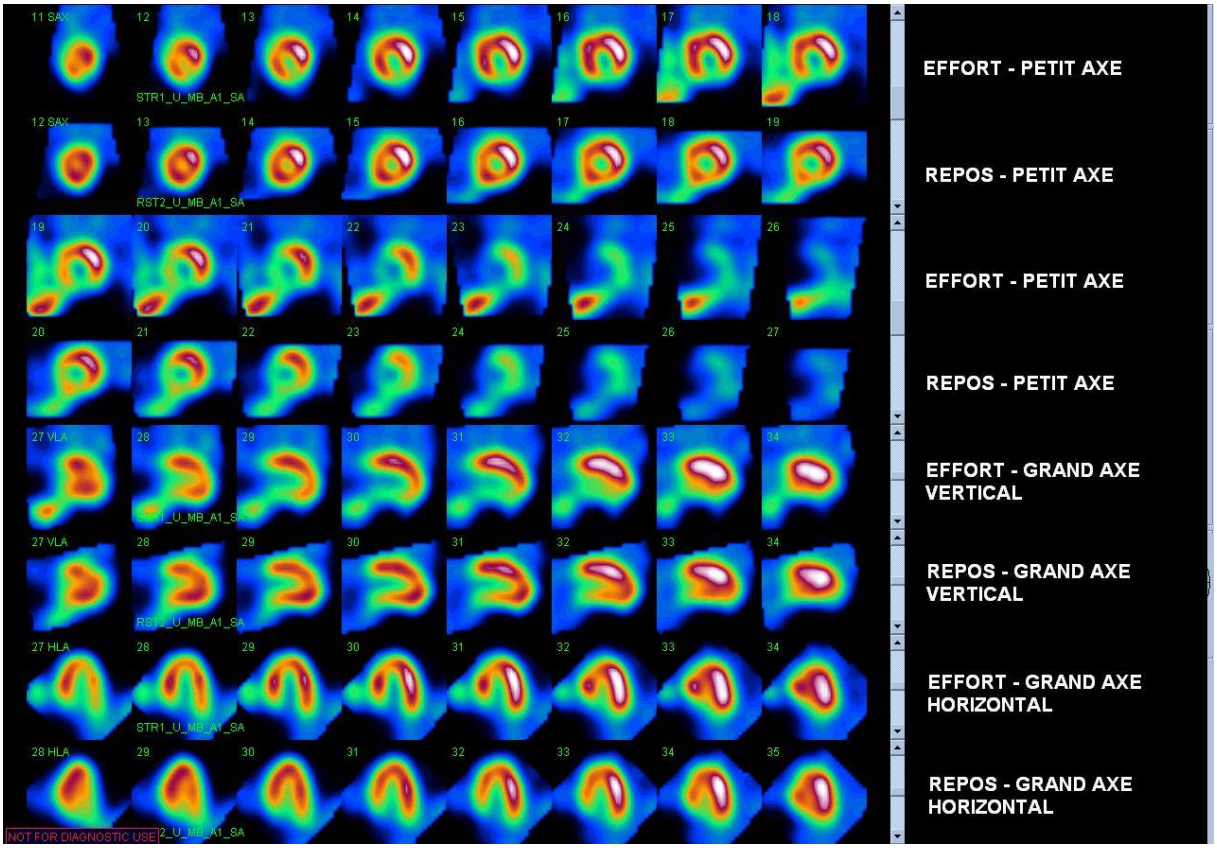


Figure 3 : Tomoscintigraphie de perfusion myocardique d'effort et de repos au SESTAMIBI.

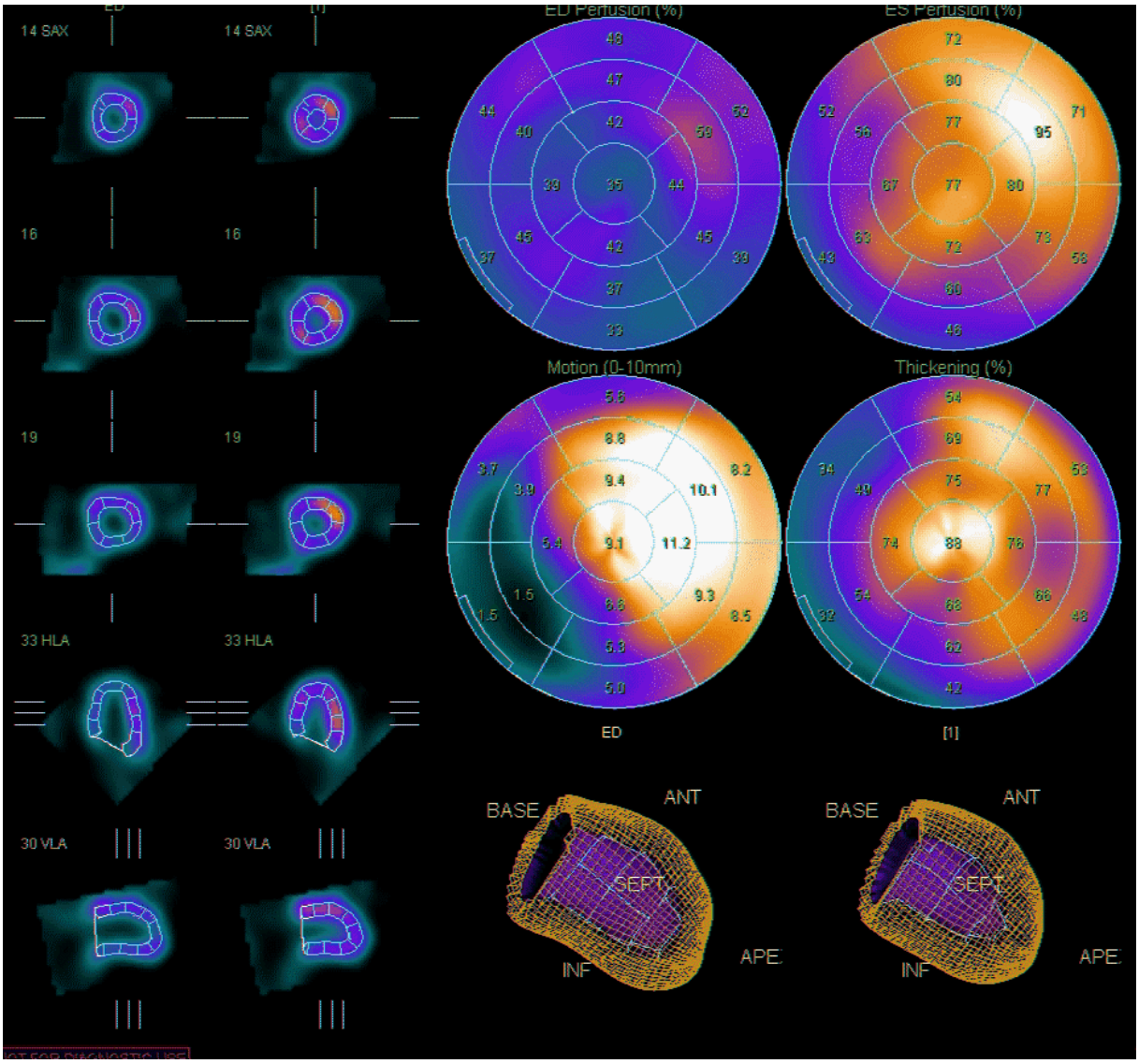


Figure 4 : Acquisition synchronisée à l'ECG (affichée en dynamique sur l'application).

Figure 5 : Coronarographie (en affichage dynamique sur l'application).

2.2.1.2.2 Catégorie « imagerie en coupes »

Ce profil de mise en forme a été défini pour permettre la lecture d'examens d'imagerie en coupes de type SPECT-CT, TEP-TDM, TDM ou IRM. De une à quatre séries de coupes, en fonction des dossiers, ont été intégrées. Après un temps de chargement court (et corrélé au nombre total d'images), le lecteur peut naviguer librement au sein de l'examen en faisant défiler ces coupes. Les séries peuvent être affichées indépendamment les unes des autres et la taille de visualisation est alors plus importante. Deux, trois ou quatre séries peuvent être aussi affichées en parallèle, les unes à côté des autres.

Une même anomalie peut donc être visualisée à un même niveau de coupe selon plusieurs modalités d'imagerie, ou à différents temps d'injection pour les examens de radiologie, à la condition d'un travail préalable de sélection des images sur les différentes modalités au moment de la réalisation du cas.

Par exemple, un cas clinique de phéochromocytome a été élaboré dans l'application avec exploration de la tumeur en scanner injecté, TEP-TDM à la ^{18}F-DOPA, TEP-TDM au ^{18}FDG,

et IRM en pondération T2avec saturation du signal de la graisse, sur des coupes concordantes car recalées entre les différentes modalités (figure 6).
La navigation au sein de l'examen se fait de façon adaptée au support de consultation : sur un poste fixe ou portable, le lecteur se sert de la souris pour faire défiler les coupes, si le cas est consulté sur une tablette, le défilement se fait au toucher de l'écran tactile.

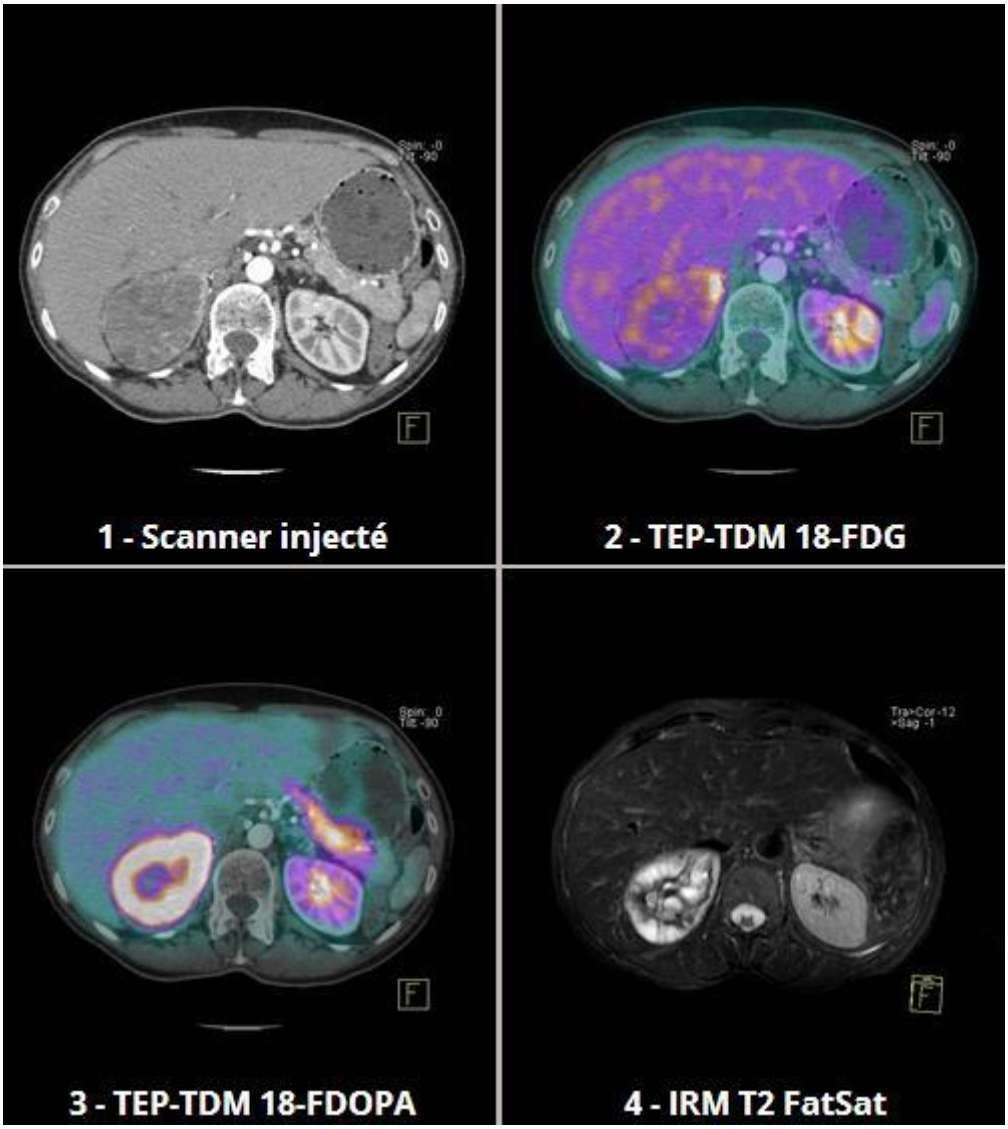


Figure 6 : Exemple de cas clinique avec imagerie multimodale en coupes.

2.2.1.2.3 Catégorie « images statiques »

Cette catégorie de conception beaucoup plus simple a été développée pour les dossiers comprenant uniquement des iconographies statiques : scintigraphie planaire, photographies, etc. A cette spécificité près, son mode de fonctionnement est strictement identique à celui des deux autres.

2.2.1.3. Méthode d'évaluation : QCM, questionnaire Vrai/Faux

Quels que soient la catégorie et le type d'iconographie proposé à l'étudiant, pour chaque cas clinique, un questionnaire a été conçu sur la deuxième page, auquel l'étudiant est invité à répondre à la lumière de sa lecture de l'examen.
Deux profils de questionnaires ont été créés : un formulaire de type « QCM » pour lequel l'étudiant doit cocher les bonnes réponses (figure 7), et un formulaire plus simple de type «Vrai/faux » où l'étudiant doit déterminer la véracité d'une proposition donnée. La validation du formulaire de réponse permet à l'étudiant d'accéder à sa note et à la page de solution.

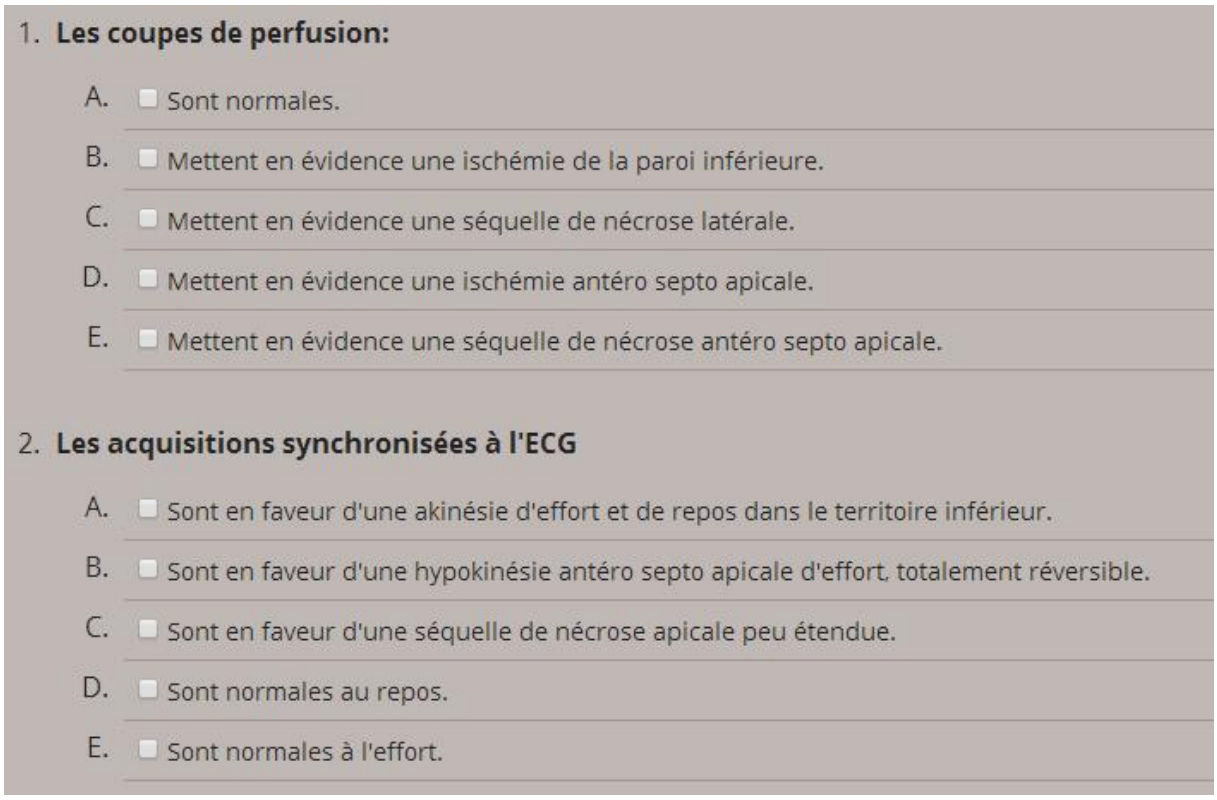


Figure 7 : Exemple de formulaire de QCM

2.2.1.4. Page 3 : réponses et solutions interactives

Cette page permet de donner la note de l'étudiant aux questions de la page précédente, accompagnées de leur solution. Ces réponses sont accessibles à partir d'un texte interactif, de présentation similaire à celui de la page du cas clinique (figure 8) et dans lequel sont inclus des liens hypertexte vers des images issues de l'examen. Ces images sont alors annotées et légendées afin de bien expliquer les réponses aux questions.

Si les réponses peuvent être illustrées par un autre examen d'imagerie, qu'il soit sous forme d'image statique ou d'examen en coupes sériées, les éléments d'imagerie correspondant peuvent alors être intégrés au texte avec le même degré d'interactivité que sur la page précédente (notamment, le défilement au toucher sur tablette de l'examen en coupes). Ainsi, après avoir fait la démarche de chercher lui même les éléments pathologiques de l'examen sur la page précédente, l'étudiant a ici accès à une revue de la sémiologie correspondant à l'examen et/ou à la situation clinique (figure 9).

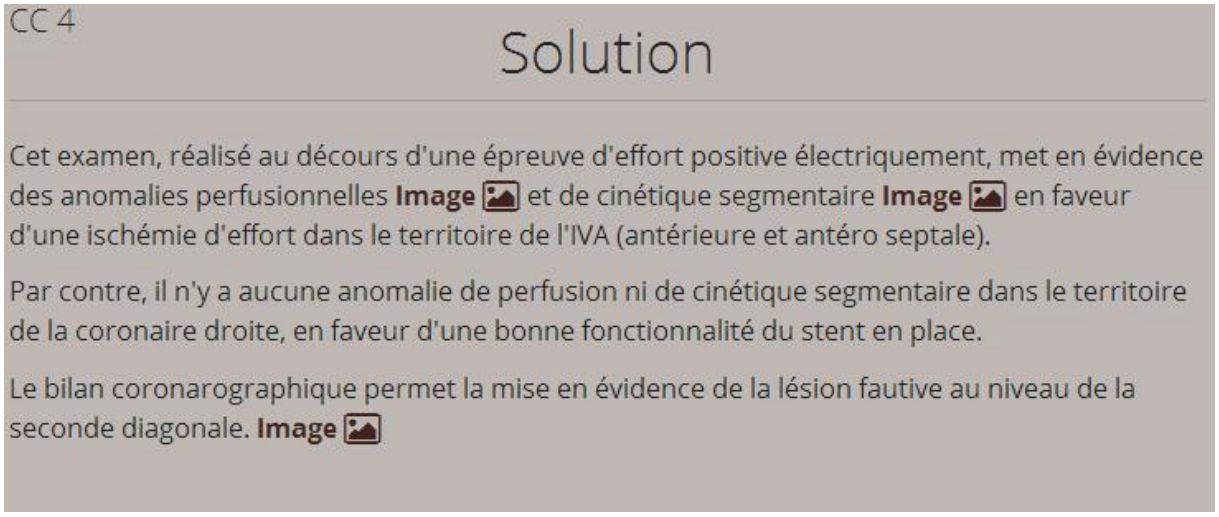


Figure 8 : Exemple de texte explicatif interactif de la page de solution.

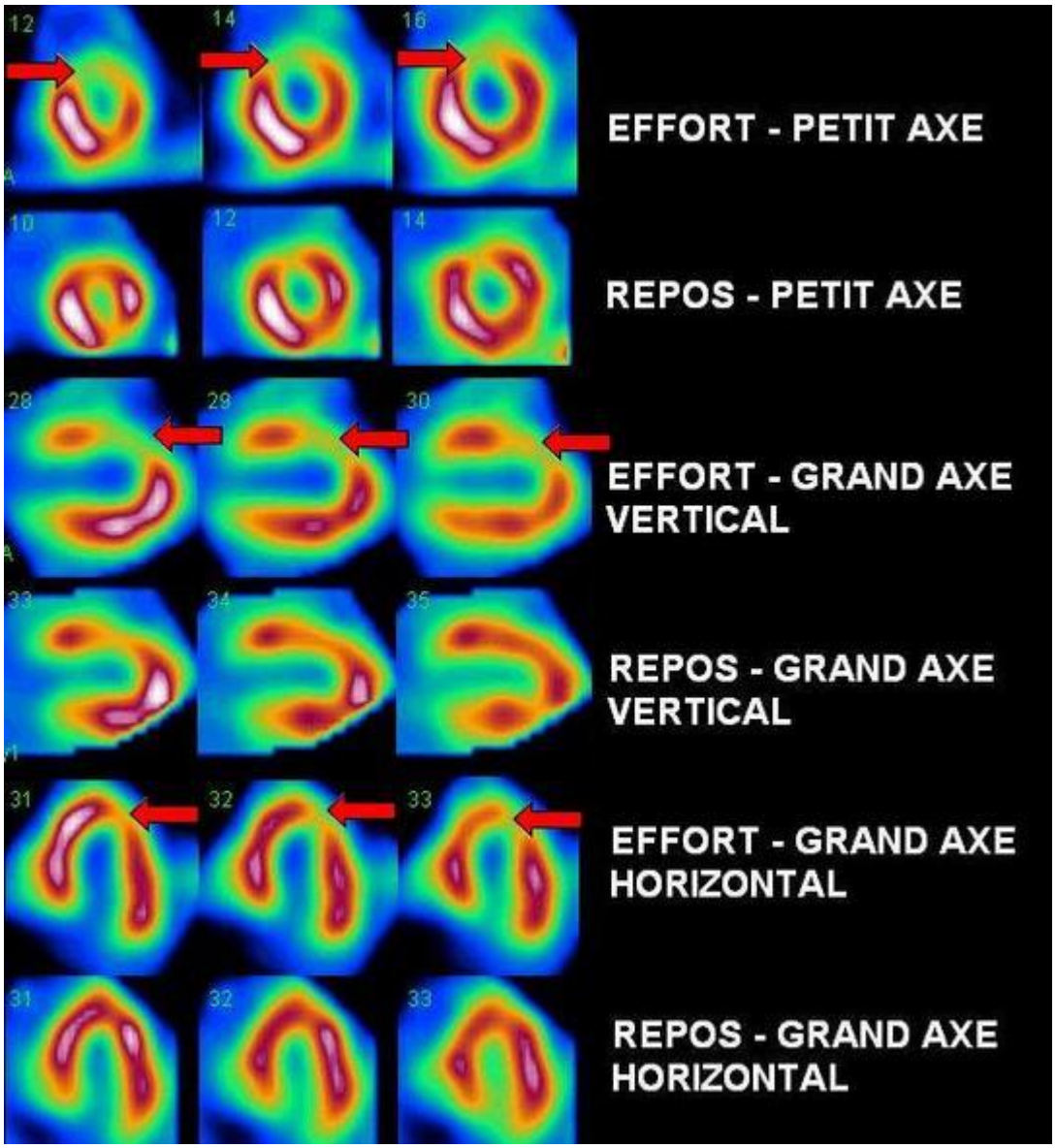


Figure 9 : Exemple d'élément interactif de la page de solution, correspondant au premier onglet « image » de la figure 7.

2.2.1.5. Page 4: généralités

Cette page, qui fait suite à la page de la solution, permet dans tous les dossiers de proposer une revue synthétique de différentes iconographies classiques et typiques, en lien avec l'item ECN concerné par le cas qui vient d'être traité. Elle permet donc de faire une synthèse élargie du thème abordé : par exemple, un cas clinique de scintigraphie myocardique d'effort d'ischémie myocardique sur sténose d'une artère coronaire mènera à une quatrième page de généralités sur l'item concernant les cardiopathies ischémiques (figure 10), un item qui est d'ailleurs commun à tous les dossiers dont le sujet est celui des cardiopathies ischémiques.

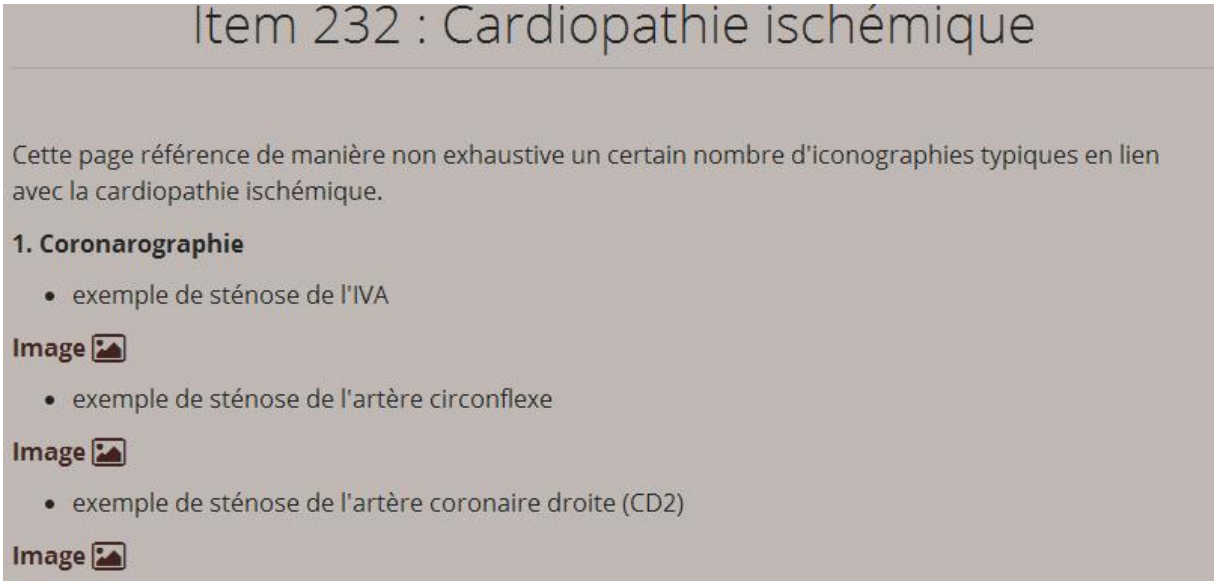


Figure 10 : Exemple d'une partie d'une page de généralités. Comme pour la page « cas clinique » et « solution », les onglets « image » renvoient à des iconographies complémentaires.

2.2.1.6. Descriptif technique

Pour le développement informatique de l'application, nous avons fait appel aux services d'un informaticien professionnel, M. Jean-Baptiste MORA, dont le travail a comporté deux versants :

- la création d'un panneau d'administration sous la forme d'une application web codée en Python[16], basée sur les frameworks Django[17]. Cette application permet de créer, d'éditer et de gérer tous les contenus, qui sont stockés dans une base de données PostgreSQL[18]. Elle permet également l'export de l'ensemble de ces contenus en un seul fichier source lisible par l'application de visualisation.

- La création d'une application de visualisation web codée en Javascript, basée sur le framework Ember.js[19] dont le rôle est de récupérer des données dans un fichier source selon la requête de l'utilisateur, de les mettre en forme et de les afficher. Elle possède également des fonctionnalités avancées telles que le défilement simultané de coupes, ou l'affichage d'acquisitions dynamiques.
  Cette application de visualisation fonctionne de façon asynchrone et en pré-caching : tout le contenu (exception faite des fichiers d'imagerie les plus lourds) est pré chargé, rendant la navigation et l'accès aux ressources rapides et non bloquants.

- Les deux applications (administration et visualisation) utilisent également HTML5, Bootstrap[20] et jQuery[21] dans leurs interfaces graphiques. Elles sont indépendantes et peuvent être personnalisées et déployées indépendamment l'une de l'autre. Il est donc possible de n'exporter qu'une partie des contenus créés ou d'afficher de façons diverses le même fichier source, par exemple.

2.2.2. Choix des cas cliniques

Le choix des dossiers répond à plusieurs lignes directrices. Tout d'abord, les cas ont été sélectionnés pour traiter plusieurs techniques diagnostiques de médecine nucléaire, même s'il est impossible d'être exhaustif sur un projet de cinquante cas cliniques. Un équilibre relatif a cependant été respecté entre les techniques d'imagerie cardiaque en coupes (tomoscintigraphie et IRM), les techniques de TEP-TDM, et enfin les techniques de scintigraphie monophotonique.
Pour chacun de ces trois grands ensembles, des dossiers de trois niveaux de difficulté différents ont été retenus : débutant (DFGSM), intermédiaire (DFASM) et confirmé (étudiants en fin de DFASM, internes et spécialistes hors DES d'imagerie).

2.2.3. Cahier des charges de l'interface contributeur et éléments informatiques de développement

Pour rendre accessible la création des cas cliniques à tout contributeur, quel que soit son niveau en informatique, une attention particulière a été accordée au développement de l'interface d'intégration des cas à l'application, ou « back office ».
En effet, cette accessibilité d'utilisation conditionnera, non seulement la pérennité de ce projet d'application de cas cliniques en facilitant le recrutement de contributeurs, mais également le développement ultérieur de modules d'imagerie plus ciblés pour un public plus spécialisé.

L'interface de soumission a été conçue selon un modèle similaire à celui des modules de réponse habituellement utilisés sur les forums de discussion internet.
Le contributeur est ainsi invité à remplir des formulaires successifs correspondant aux quatre pages de chaque cas. Dans ces formulaires, il peut taper et mettre en forme les différents textes du cas, et rajouter très simplement les images des dossiers grâce à des onglets dédiés.

La première partie du formulaire permet de déterminer le numéro du cas, son domaine, le titre qu'il aura dans la liste une fois chargé dans l'application, et son type de présentation parmi trois grands cadres : cardiologie, examen en coupes, images statiques (figure 11).

Création Cas

Numéro du Cas *

? Utilisé pour ordonneret référencer les Cas dans l'application, doit être unique. Affiché dans la liste des Cas et sur chaque page du Cas.
Si vous souhaitez modifier l'ordre vous devez modifier ceci pour un numéro non assigné et le ré-assigner plus tard.

Domaine du Cas

? Information complémentaire sur le Cas. Affiché dans la liste des Cas.

Type de Cas *

Coupes

? Cardiologie : Jusqu'à 4 examens consistant en une image statique ou un gif animé.
Coupes : Jusqu'à 4 examens en coupes à faire défiler.
Statique : Jusqu'à 4 examens consistant en une image statique.

Figure 11 : Formulaire de création de cas : généralités.

Une fois cette première partie de généralités remplie, l'auteur du cas doit remplir un premier cadre de texte libre, correspondant à l'énoncé du cas clinique qui sera affiché en page 1. Il est possible de mettre en forme le texte et d'y inclure des images au moyen de balises comme dans l'exemple de la figure 12. Les images sont ensuite chargées dans le cas clinique au moyen d'un système d'onglets dont chaque numéro correspond à celui de chaque balise-image dans le texte (figure 13).

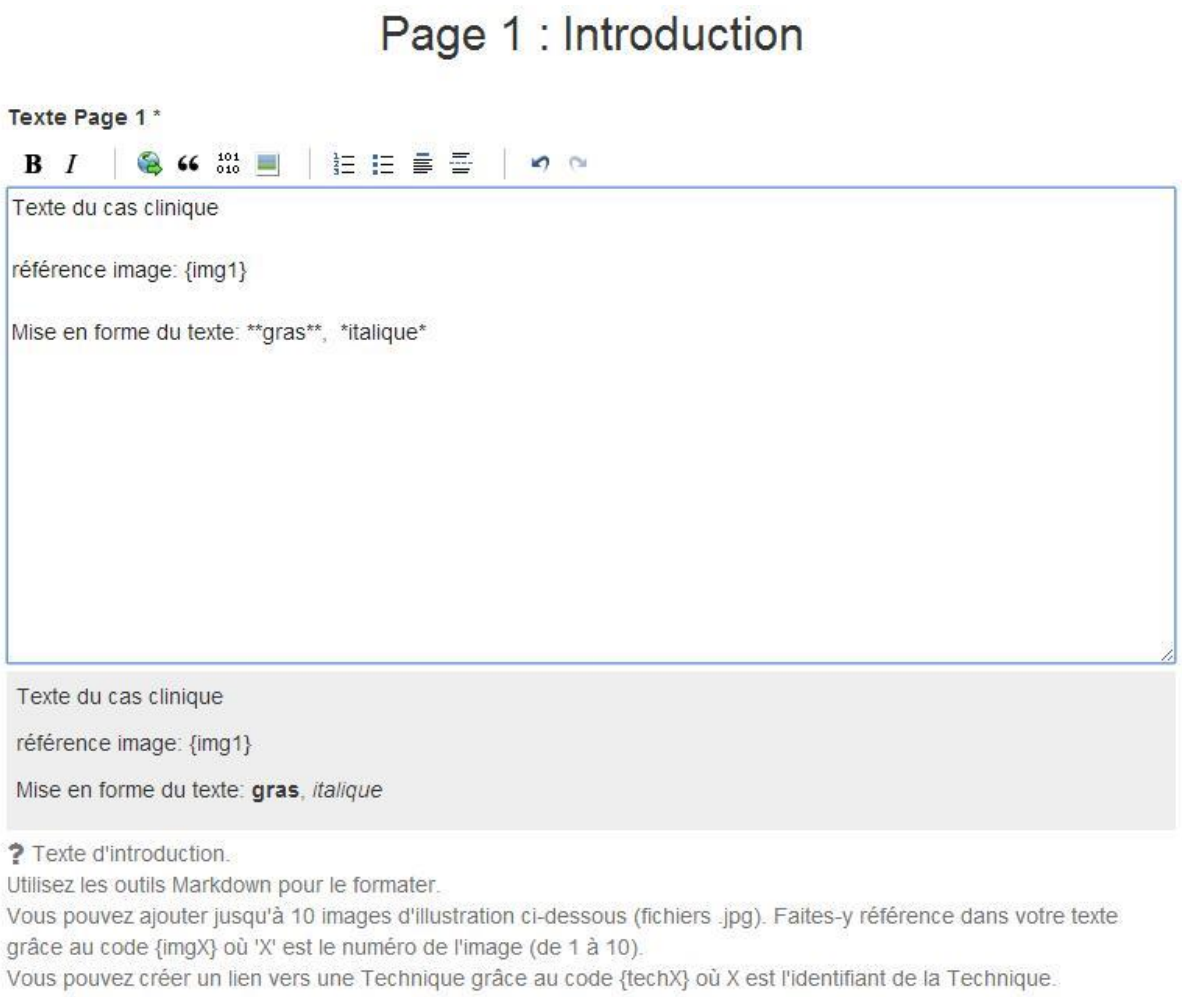


Figure 12 : Formulaire de mise en forme du texte du cas clinique.

Figure 13 : Onglets de chargement des images référencées par balise dans le texte du cas clinique.

Pour mettre en forme la page 2 du cas, l'auteur doit remplir un formulaire de forme similaire à celui de la page 1, où il peut choisir le titre de l'examen, taper un texte explicatif, et charger les examens proprement dits (images statiques, fichier-archive d'images en coupes, fichier dynamique « .gif »...). De une à quatre images ou séries d'images peuvent ainsi être intégrées (figure 14).

Page 2 : Examens

Titre *

? Utilisé pour l'entête de la page. 200 caractères max.

Texte

? Texte d'introduction.
Utilisez les outils Markdown pour le formater.

Imageries

Imagerie 1

Nom

? Utilisé pour sous-titrer le cadre de cet examen. 80 caractères max.

Fichier

Choisissez un fichier Aucun fichier choisi

? Archive .zip sans compression ni mot de passe contenant les fichiers .jpg numérotés de 001 à XXX (ex : 001.jpg, 002.jpg ... 067.jpg). Vous devez fournir le même nombre d'images pour chacun des examens.

Imagerie 2

Nom

? Utilisé pour sous-titrer le cadre de cet examen. 80 caractères max.

Fichier

Choisissez un fichier Aucun fichier choisi

? Archive .zip sans compression ni mot de passe contenant les fichiers .jpg numérotés de 001 à XXX (ex : 001.jpg, 002.jpg ... 067.jpg). Vous devez fournir le même nombre d'images pour chacun des examens.

Figure 14 : Formulaire de chargement des examens de la page 2 du cas.

La suite du formulaire de la page 2 permet de déterminer les intitulés des questions, QCM ou questions « Vrai/Faux » comme le montre la figure 15.

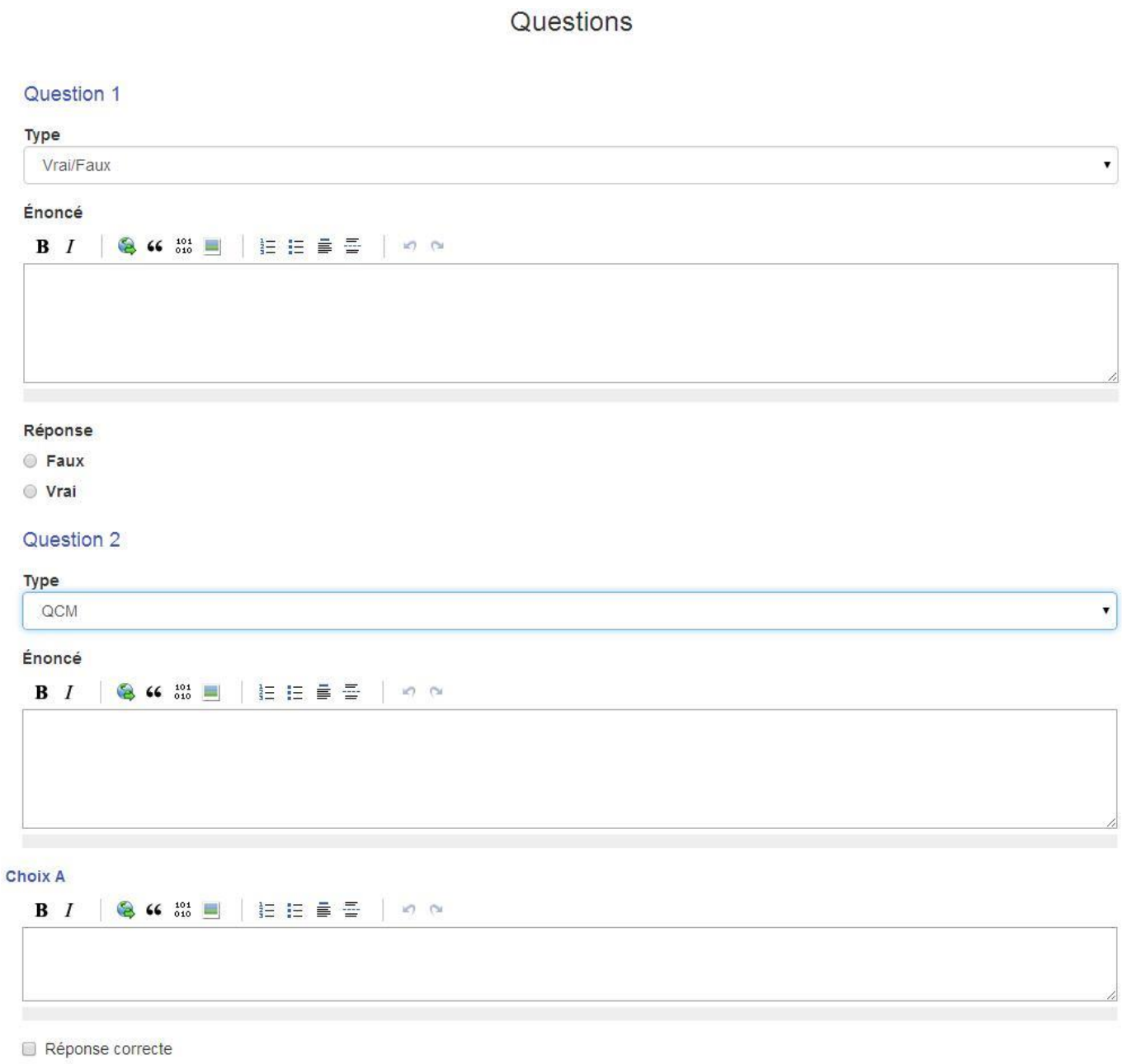


Figure 15 : Formulaire de création des questions de la page 2, avec un exemple de question Vrai/Faux et un exemple de QCM.

Pour la page 3 et le texte de solution du cas, le formulaire est de même nature que pour la page 1 : l'auteur peut y entrer un texte, avec ses balises de mise en forme, et ajouter des images annotées ou un examen en coupes interactif (figure 16).

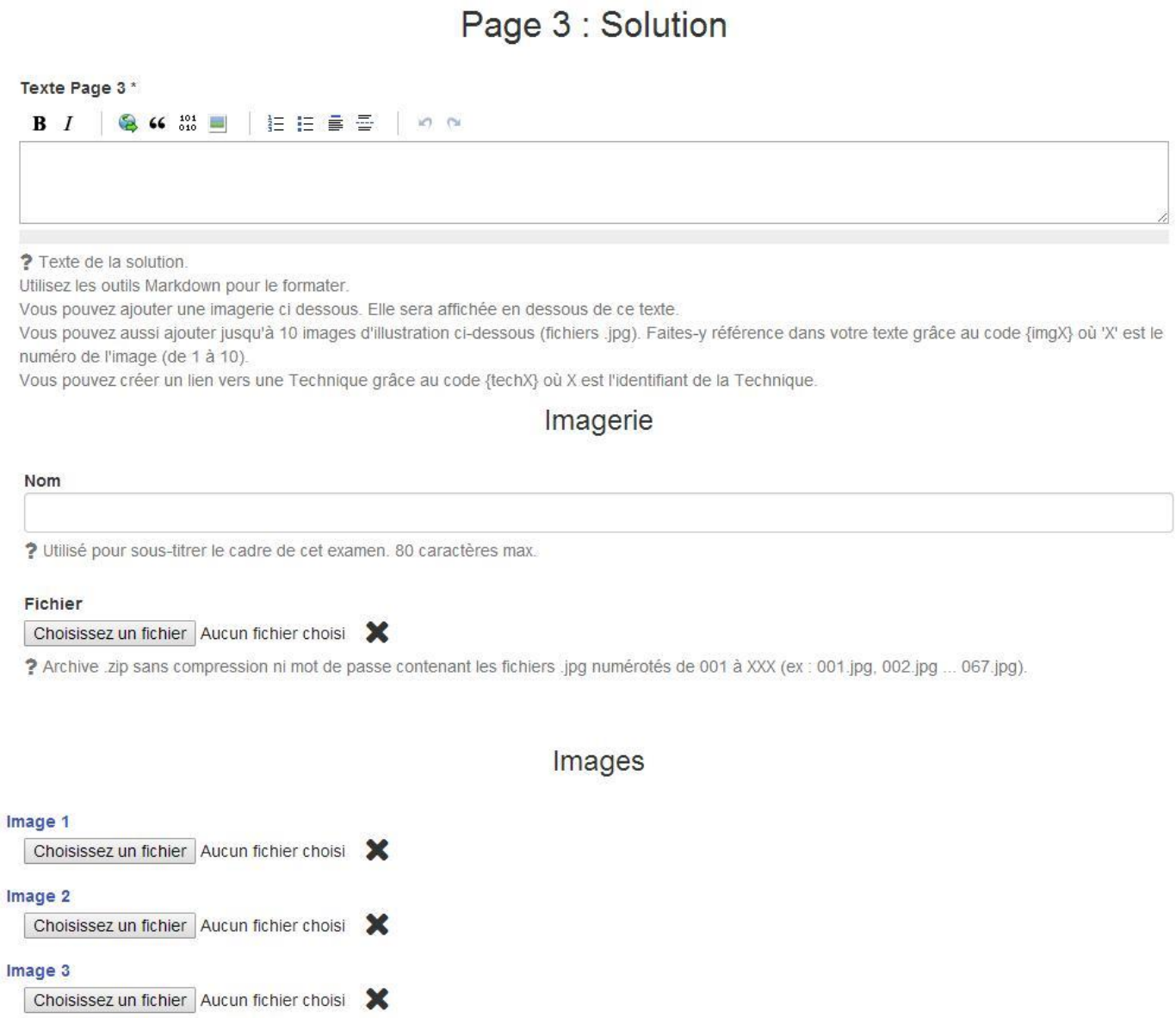


Figure 16 : Formulaire d'intégration des imageries dans la page de solution.

Enfin, la dernière partie du formulaire permet de rattacher le cas clinique à un item, ainsi qu'à sa page de généralités, dont la rédaction se fait à part et via un formulaire semblable à celui des pages 1 et 3. Le cas peut alors être validé et intégré dans l'application (figure 17).

Figure 17 : Sélection de la page de généralités et validation du cas clinique

Le niveau requis en informatique pour créer un cas clinique est donc peu élevé et avec quelques connaissances de base, la prise en main de l'outil ne nécessite pas la présence d'un informaticien professionnel et peut se faire en moins d'une heure avec l'aide d'un tutoriel écrit et en suivant les indications données.
Une dernière phase de validation du cas permet de l'intégrer dans l'application internet et de le rendre visible aux visiteurs.

2.2.4. Procédure d'élaboration des cas cliniques : traitement des images, adaptation à l'interface de soumission de cas

Certains cas cliniques d'imagerie en coupes comprennent plusieurs centaines d'images (1200 coupes pour le cas le plus lourd). Il était donc nécessaire de trouver des procédures pour automatiser certaines tâches de mise en forme des images et de les rendre compatibles avec une application conservant une fluidité et une maniabilité satisfaisantes. L'intégralité des documents présents dans l'application sont extraits d'examens menés au CHU de Nancy, à l'exception de contributions extérieures ponctuelles pour certaines images rares de la section «généralités ».

2.2.4.1 Procédure pour les examens de cardiologie

Pour les acquisitions de tomoscintigraphie monophotonique de perfusion myocardique, tous les examens sauf un ont été repris d'explorations menées sur camera DSPECT (gamma camera à semi conducteurs CZT). Un seul est issu d'une caméra conventionnelle Anger. Les acquisitions de perfusion ont été anonymisées dans les logiciels de lecture des acquisitions, puis exportées et annotées manuellement pour faciliter la lecture de l'orientation des coupes.

Les acquisitions synchronisées à l'ECG (gSPECT) ont été anonymisées par les mêmes logiciels, puis exportées sous format vidéo « .avi » pour conserver leur présentation

dynamique. Elles ont ensuite été converties en fichier « .gif » afin de diminuer leur taille tout en conservant une qualité de lecture suffisante, ce compromis permettant leur chargement rapide dans l'application au moment de la consultation du cas par l'étudiant. Pour la conversion en fichier « .gif », le logiciel QGifer[22] a été utilisé. Il permet la conversion rapide de courts fichiers vidéo en format « .gif ».
Enfin, les vidéos de coronarographie ont également été anonymisées sur consoles puis converties en fichier « .gif », comme les acquisitions gSPECT.

2.2.4.2 Procédure pour les cas cliniques d'imagerie en coupes

Quelle que soit la modalité d'imagerie concernée, la procédure a été la même pour tous les cas cliniques de cette catégorie.
La première phase a consisté en l'export des images en format anonymisé, soit à partir de consoles de traitement, soit directement à partir des interfaces de visualisation du PACS du CHU de Nancy.
Une fois exportées, les images ont été redimensionnées avec application d'un filtre de Lanczos et converties en format « .jpg » en supprimant les métadonnées inutiles à la lecture des images. Cette procédure a permis de gagner jusqu'à 80% en poids des images sur la totalité des cas. Le logiciel gratuit VSO Image Resizer®[23] a été utilisé pour ce traitement.
Enfin, chaque image a été affectée d'un nombre déterminant sa place dans la série de coupes. Cette procédure, débutée manuellement, a pu ensuite être automatisée en utilisant le logiciel en libre accès Rename®[24].

Chaque série a ensuite été regroupée sous forme d'une archive « .zip » sans application de compression, ce qui est le format accepté par l'interface utilisateur de soumission des cas cliniques. Une fois le formulaire de soumission validé, le logiciel intègre automatiquement le contenu de ces archives « .zip » dans le cas clinique sous la forme de séries d'images en coupes interactives. Ce sont ces coupes qu'il est possible de faire défiler à la souris ou au doigt pour les plateformes tactiles.

2.2.4.3 Procédure pour les cas d'imagerie statique

Pour les cas cliniques comprenant de l'imagerie statique non interactive, les images ont été aussi extraites du PACS, anonymisées, redimensionnées selon les mêmes modalités que les examens en coupes, et soumises au back office de l'application sans être compressées.

2.3 LIMITES TECHNIQUES DE L'OUTIL

L'interface de l'application a été développée pour exploiter au mieux les images en coupes en « .jpeg », redimensionnées au maximum pour obtenir un compromis satisfaisant entre une qualité de visualisation suffisante et un volume global de l'application raisonnable.

Cependant, ce choix a nécessité de limiter les fonctionnalités de l'application à la visualisation et au défilement des examens en coupes. Ainsi, le fenêtrage des coupes scanographiques n'est pas modifiable, de même que la saturation des acquisitions scintigraphiques statiques ou tomoscintigraphiques. Il n'est pas non plus possible de modifier le degré de fusion sur les acquisitions fusionnées SPECT-CT ou TEP-TDM.

Le compromis de volume global de l'application a par ailleurs imposé la limitation des champs de certains examens en coupes aux étages d'intérêt.

Malgré ce cahier des charges de limitation du volume des données, l'application globale demeure relativement volumineuse. Sa version internet nécessite des temps de chargement pour chaque cas (qui sont assez rapides si le lecteur dispose d'une connexion internet à débit suffisant). L'application nécessite toutefois d'être visualisée avec un navigateur et une machine de configurations relativement récentes sous peine de provoquer des instabilités voir un plantage du navigateur.

2.4 PERSPECTIVES

L'application développée pour ce travail contient pour l'instant cinquante cas cliniques construits à partir du programme de préparation aux ECN, et plus de 10 000 images retouchées. Nous l'avons appelée « MN App » et elle est actuellement accessible en ligne à l'adresse « app.mnapp.tk ».
De nouveaux dossiers seront élaborés, avec un rythme de parution à définir qui dépendra notamment du nombre de contributeurs aux dossiers. En effet, un des intérêts de l'interface de soumission de cas est de permettre l'élaboration de nouveaux dossiers par n'importe qui, avec des connaissances informatiques basiques. Les pages de généralités seront enrichies avec de nouveaux exemples d'examens annotés.

Au delà de la médecine nucléaire et du programme des ECN, des modules plus spécialisés et plus ciblés seront développés : module de tomoscintigraphie myocardique, de tomoscintigraphie pulmonaire, de nouveaux traceurs TEP, voir, si des contributeurs spécialisés sont recrutés, des modules de radiologie (TDM, IRM). Le public ciblé sera à la fois les internes en cours de formation dans les spécialités d'imagerie ou disciplines « d'organes », et les médecins thésés.

3. EVALUATION INITIALE DE L'OUTIL

3.1 INTRODUCTION

Afin d'obtenir un premier retour objectif sur le travail effectué, nous avons organisé une expérience d'évaluation avec neuf étudiants en deuxième cycle des études médicales.

3.2 MATERIEL ET METHODE

Cette séance d'évaluation a été menée sous la forme d'un enseignement dirigé dans une salle informatique de la Faculté de Médecine de Nancy. Neuf étudiants en deuxième cycle des études médicales à la Faculté de Médecine de Nancy (4 DCEM3 et 5 DCEM 4) ont été recrutés sur la base du volontariat. Ils ont été invités à prendre l'application en main quelques minutes de façon libre, puis la phase d'évaluation proprement dite a pu débuter.

Au cours de la première partie de l'enseignement dirigé, les étudiants ont lu et répondu aux questions de quatre des cas cliniques de l'application. Ces cas avaient été sélectionnés pour constituer deux séries de deux cas, chaque série traitant d'une thématique commune.

Les deux premiers cas correspondaient à des examens de tomoscintigraphie myocardique chez des patients porteurs d'une cardiopathie ischémique en dépistage. Les deux derniers dossiers étaient des examens de TEP-TDM chez des patients atteints de tumeurs broncho pulmonaires primitives. Les étudiants ont répondu à deux questionnaires à choix multiples (QCM) pour chaque cas clinique, chaque questionnaire comprenant cinq questions notées chacune sur un point. Chaque cas clinique était donc noté sur dix points.

La deuxième partie de l'enseignement dirigé a consisté en l'évaluation de l'application par les étudiants. Un questionnaire portant sur plusieurs caractéristiques du programme et sur l'évaluation de sa place parmi les outils disponibles en enseignement de l'imagerie médicale leur a été soumis. Les réponses étaient formulées en échelles visuelles numériques pour la plupart des questions, à l'exception d'une question à choix multiples.

Pour commencer, deux questions à réponse par échelle visuelle numérique proposaient aux étudiants d'évaluer, de 1 à 10 :

- l'apport de ce type d'application dans la préparation au concours des ECN par rapport aux supports disponibles pour l'apprentissage de l'imagerie ;
- l'adéquation entre ce système d'application et la réforme actuelle des ECN.

La troisième question portait sur une estimation de leur fréquence d'utilisation de l'application, si celle-ci avait été disponible pendant leur externat. Cette question était formulée en QCM, l'étudiant devant choisir une fréquence parmi les propositions suivantes : utilisation systématique, fréquente, ponctuelle, rare, absence d'utilisation.

La question 4 comprenait 6 sous parties, chacune permettant à l'étudiant de mesurer l'intérêt d'une caractéristique particulière de l'application à l'aide d'une échelle visuelle numérique allant de 1 à 10. Ces caractéristiques étaient : 1) la compatibilité multi-plateformes, 2) la gratuité, 3) le contenu d'examens d'imagerie complets et bruts à lire de façon dynamique, 4) la formulation en cas cliniques rédigés à la façon de ceux proposés au concours des ECN, 5) l'intégration d'éléments interactifs d'iconographie complémentaire et 6) la présence d'une page de généralités en fin de cas clinique traitant de l'item abordé.

Enfin, un champ rédactionnel libre a été mis à disposition des étudiants pour leur permettre de proposer avis, conseils, modifications et impressions générales à l'issue de cette séance.
Les QCM de la première partie de l'enseignement dirigé et les questions relatives à la deuxième phase d'évaluation sont disponibles en annexe.

3.3 RESULTATS

3.3.1 Résultats de la session notée de QCM de cardiologie

Les résultats des étudiants pour les cas cliniques de cardiologie sont résumés par la figure 18.

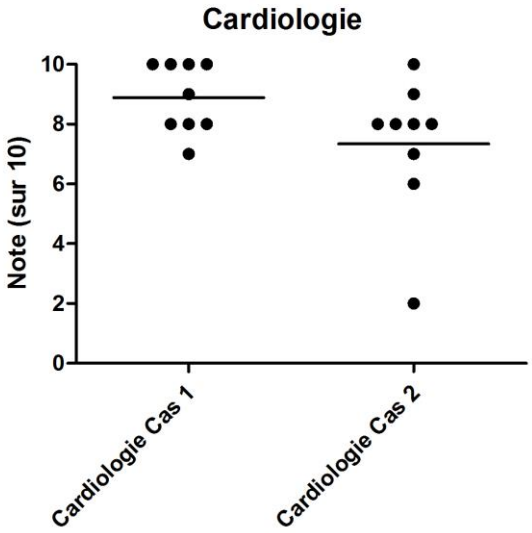


Figure 18 : Notes moyennes et individuelles pour chacun des deux cas cliniques de cardiologie

Les points représentent la note de chaque étudiant à chacun des deux cas, la barre transversale matérialise la moyenne du groupe. La note moyenne au cas n°1 était de 8.9, contre 7.3 pour le deuxième cas.

3.3.2 Résultats de la session notée de QCM de TEP-TDM

Les résultats des étudiants pour les cas cliniques de TEP-TDM sont résumés dans la figure 19. La note moyenne au cas n°1 était de 8.3, contre 7.7 pour le deuxième cas.

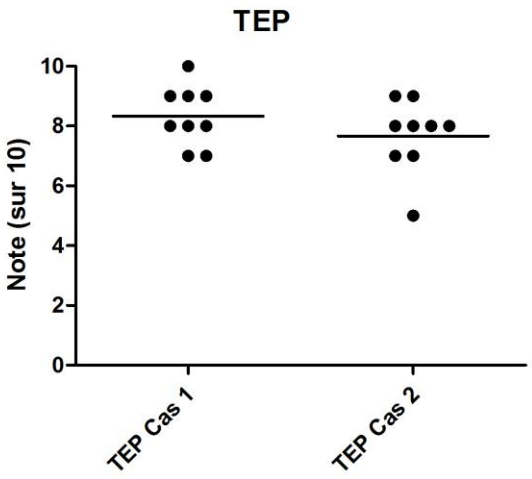
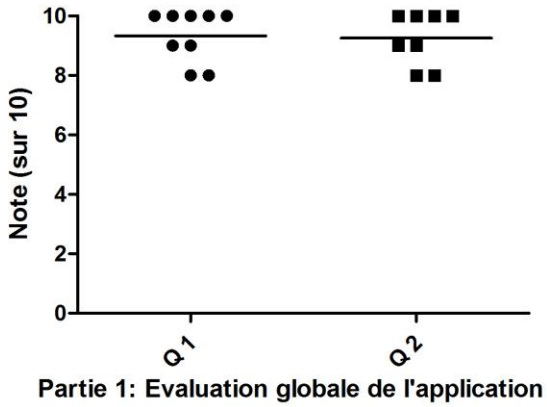


Figure 19 : Notes moyennes et individuelles pour chacun des deux cas cliniques de TEP-TDM

3.3.3 Résultats de l'évaluation globale de l'application par les étudiants

Les résultats de l'évaluation globale de l'application par les étudiants sont rapportés dans la figure 20.



Q1: Apport de l'application dans la préparation au concours des ECN par rapport aux supports disponibles: noter de 1 (aucun apport) à 10 (apport majeur)
Q2: Adéquation entre ce système d'application et la réforme actuelle des ECN: noter de 1 (inadéquation totale) à 10 (adéquation parfaite)

Figure 20 : Évaluation globale de l'application par les étudiants.

Pour la première question, la note moyenne était de 9.3. Pour la deuxième, la note moyenne était de 9.2. On note une abstention d'un étudiant sur cette deuxième question.

3.3.4 Estimation de la fréquence d'utilisation de l'application

Les résultats de la question sur la fréquence estimée d'utilisation de l'application sont rapportés dans la figure 21.

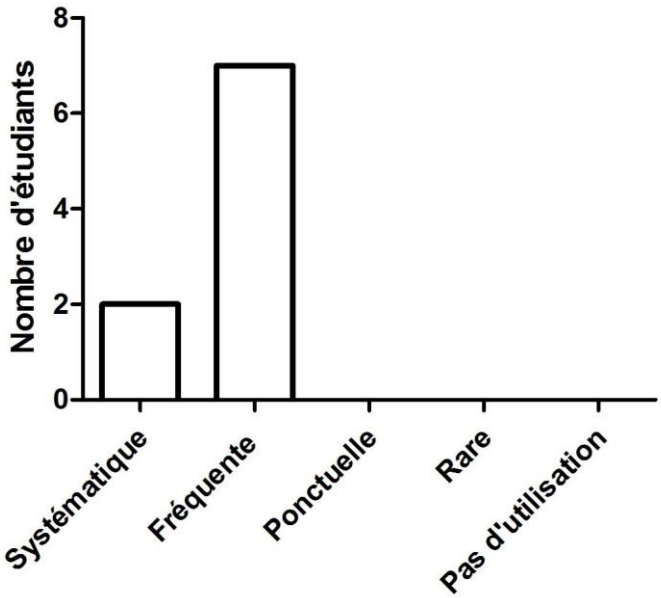


Figure 21 : Fréquence estimée d'utilisation de l'application

3.3.5 Résultats de l'évaluation des caractéristiques de l'application par les étudiants

Les résultats de l'évaluation de l'application par les étudiants sont rapportés dans la figure 22. La note moyenne affectée par les étudiants à chaque item est représentée par des formes géométriques, les barres matérialisent l'amplitude entre les notes minimales et maximales.

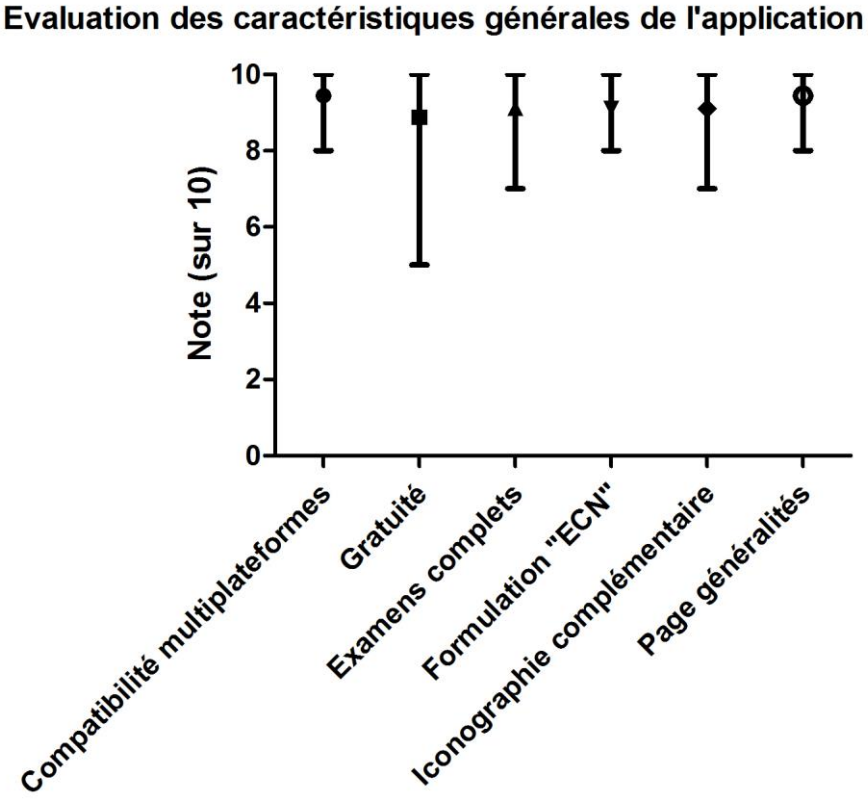


Figure 22 : Evaluation des caractéristiques générales de l'application

3.3.6 Commentaires libres

Sept étudiants sur 9 ont laissé un commentaire sur l'application. Ces commentaires sont rapportés en annexe.

3.4 DISCUSSION

Pour chaque série de cas, les étudiants ont eu en moyenne une meilleure note au premier qu'au deuxième cas. La signification du résultat de cette première phase d'étude est difficile à établir cependant. En effet, elle souffre d'une part du caractère très limité de l'effectif du groupe d'étudiants, d'autre part du faible nombre de cas qui ont pu être évalués au cours de cet enseignement dirigé de deux heures.
La différence de moyennes et la dispersion des notes entre le premier et le deuxième cas de chacune des deux séries (cardiologie et TEP) peut être expliqué à la fois par des niveaux de difficulté différents et par la présence d'étudiants issus de deux années différentes du deuxième cycle des études médicales (5e et 6e année). Les notes obtenues sont cependant bonnes, suggérant une prise en main rapide et facile de l'application. En effet, pour la plupart de ces étudiants, il s'agissait de la première fois qu'ils lisaient un examen dynamique de scintigraphie myocardique ou une TEP-TDM présentée en coupes sériées.

Il existe probablement un biais de recrutement lié à l'utilisation du volontariat, qui a amené à sélectionner des étudiants motivés, sérieux, et intéressés par l'imagerie médicale.

Les résultats de la question sur la fréquence estimée d'utilisation de l'application montrent le degré d'attente des étudiants vis à vis de ce type d'outil informatique, et démontrent qu'ils sont prêts à l'utiliser de façon importante dans leur formation.

De façon attendue, les étudiants ont exprimé leur souhait de voir ce projet compatible en multi plateformes. En effet, nous estimons que le fait de le limiter aux plateformes informatiques fixes serait une erreur, alors que la compatibilité avec les tablettes et smartphones pourrait étendre l'utilisation aux temps de présence à l'hôpital ou aux temps de trajets par exemple.

Les résultats des réponses à la question sur la gratuité de l'application confirment l'intérêt, dans cette utilisation et pour ce public, de ne pas proposer de version payante. L'amplitude des notes attribuées et la moyenne de ces notes plus basse que pour les autres critères peuvent être interprétées comme une manifestation d'intérêt pour l'application.

L'intégration dans les cas cliniques d'examens d'imagerie bruts et complets menant à une démarche active de recherche de solution par le lecteur a également constitué un critère bien noté par les étudiants. Il en est de même pour la formulation sous forme de cas cliniques, ainsi que pour l'intégration d'iconographie complémentaire. Ces notes très positives pour ces trois aspects sont particulièrement encourageantes pour confirmer la justesse du paradigme

initial autour duquel l'application a été construite : les étudiants sont demandeurs d'un outil qui leur enseigne non seulement la sémiologie en imagerie, mais qui leur apprenne également à se repérer de façon plus globale dans un examen d'imagerie en coupes, à lire en intégrant le contexte clinique et les éventuelles explorations complémentaires disponibles. Cette demande est à mettre en parallèle avec le développement de la numérisation de l'imagerie et du développement des systèmes d'information et de communication.

Enfin, les attentes semblent également importantes vis à vis d'une page de généralités concernant l'item du programme des ECN abordé par chaque cas clinique. Il faudra en tenir compte pour cette application dont le développement ultérieur ne peut tendre uniquement vers la constitution d'une base de données de cas cliniques et de sémiologie en imagerie.

L'analyse des réponses au champ rédactionnel libre disponibles en annexe permet de confirmer ce retour positif.

4. CONCLUSION

L'objectif de ce projet était de développer un nouvel outil pédagogique pour l'enseignement de l'imagerie médicale pour le deuxième cycle des études médicales, comprenant 50 cas cliniques de médecine nucléaire et d'imagerie en coupes, et de l'évaluer sur une population d'étudiants de ce niveau de formation. Nous avons créé un système de lecture d'examens d'imagerie en coupes, interactif, intégrant un système d'auto évaluation QCM et des pages de cours et de réponse aux cas. Cet outil s'articule autour d'une interface de rédaction des cas utilisable par tout contributeur, sans qu'il soit nécessaire d'avoir des compétences informatiques particulières.

L'évaluation de cet outil lors d'un enseignement dirigé a permis de confirmer que les attentes des étudiants vis à vis de ce type d'outil sont grandes, et que la forme choisie est bien adaptée.

La structure globale de rédaction des cas et l'interface de lecture étant actuellement fonctionnelles, le développement de modules ultérieurs devrait être facilité. Outre l'enrichissement de l'outil actuel, conçu pour les étudiants de deuxième cycle, des modules spécialisés pourraient être développés afin de répondre aux attentes de chaque niveau de formation et de spécialisation médicales. De l'outil d'apprentissage initial de l'anatomie aux modules spécialisés d'imagerie en coupes, l'avenir de ce projet dépendra de la capacité à motiver des rédacteurs-contributeurs et à diversifier les thèmes des modules.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

1. Heinz U. Lemke

Short History of PACS (Part II : Europe)
European Journal of Radiology, 2011, 78, p177-183

2. Heinz U. Lemke

PACS developments in Europe
Computerized Medical Imaging ans Graphics, 2003, 27, p111-120

3. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Bulletin Officiel de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
16 mai 2013, 20
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20536/bulletin-officiel.html?cid_bo=71544&cbo=1
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

4. Mehdi Lebbadi

L'ENC en images
http://www.medecine.ups-tlse.fr/enc/enc_image/
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

5. A. Chabrol, A. Martinon, C. Chabert, N. Peyon, F. Jacob-Réty, B. Morel

Journées Françaises de Radiologie 2010
Radiologie et Examen National Classant : les images clés pour réussir !
http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/pdf/2010/1/869abc38-300f-4ff2-96f8-51b1fd1f0ff5.pdf
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

6. Denis Régent

http://www.onclepaul.net
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

7. Aunt Minnie

http://www.auntminnie.com
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

8. Radiopaedia.org
Radiopaedia.org
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

9. Daniel Cornfeld
One Night in the Emergency Department: Radiology 2.0
https://itunes.apple.com/fr/app/radiology-2.0-one-night-in/id397926581?mt=8
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

10. Imagerie Guilloz
www.imagerieguilloz.com
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

11. mednuc.net
http://www.mednuc.net/
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

12. Médecine Nucléaire CHU Brest
medecine-nucleaire-brest.tuxfamily.org
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

13. MN-Net
mn-net.pagesperso-orange.fr/spect/spectcad.html
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

14. Centrale Santé
Netscoring®: critères de qualité de l'information de santé sur Internet
www.chu-rouen.fr/netscoring
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

15. Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé
Référentiel de bonnes pratiques: Outils d'intervention en education pour la santé: critères de qualité
http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/pdf/883.pdf
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

16. Python®
https://www.python.org/
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

17. Django®
https://www.djangoproject.com/
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

18. PostgreSQL®
http://www.postgresql.org/
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

19. Ember®
http://emberjs.com/
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

20. Bootstrap®
http://getbootstrap.com/
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

21. jQuery®
https://jquery.com/
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

22. QGifer®
http://sourceforge.net/projects/qgifer/
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

23. VSO Image Resizer®
http://www.clubic.com/telecharger-fiche19762-light-image-resizer-ex-vso-image-resizer.html7
(date de dernière consultation: 01/09/2014)

24. Rename®
http://www.webxpace.com/software/freeware.shtml#FileRenamer
(date de dernière consultation : 01/09/2014)

Annexe 1 : Enseignement dirigé : Questionnaire d'évaluation de l'application

EVALUATION DE L'APPLICATION

Q1
Evaluez l'apport de ce type d'application dans la préparation au concours des ECN par rapport aux supports disponibles pour l'apprentissage de l'imagerie: cours, conférences, livres
Notez de 1 à 10 (1=aucun apport, 5=apport modéré, 10=apport majeur)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q2
Comment évaluez vous l'adéquation entre ce système d'application et la réforme actuelle des ECN?
Notez de 1 à 10: 1 = inadéquation totale, 5=neutre, 10= adéquation parfaite avec l'esprit de la réforme

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q3
Si cette application avait été disponible pendant votre externat, en auriez vous eu un usage (entourez la lettre correspondant à votre choix)

A Systématique pour tous les items concernés, en complément des cours
B Fréquent pour compléter la compréhension d'un cours, mais non systématique
C Ponctuel réservé aux cas de mauvaise compréhension de l'imagerie d'un item en particulier
D Rare
E Pas d'utilisation

Q4
De 1 à 10 (1= pas important du tout, 5= moyennement important, 10= point fort majeur), évaluez l'importance dans l'intérêt de l'application des caractéristiques suivantes:

A) Compatibilité multi-plateformes (tablettes Ipad et Android, ordinateur, téléphone portable)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

B) Gratuité

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

C) Contenu d'examens d'imagerie complets et "bruts", dans lesquels il faut rechercher activement les éléments pathologiques au sein des coupes et des données (par opposition aux supports de cours qui ne contiennent que des images pathologiques sélectionnées)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

D) Formulation en cas cliniques "type ECN"

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

E) Intégration d'éléments interactifs d'iconographie complémentaire (ex: ECG, EEG, RP...)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

F) Pour tous les cas d'un item donné, présence d'une page de généralités d'éléments d'iconographie typiques et classiques, en lien avec l'item (cf page généralités sur l'item embolie pulmonaire)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q5... Vos avis, conseils, propositions de modifications et impressions générales!

Annexe 2 Enseignement dirigé : Questionnaires à choix multiples

Cas clinique N° 1 Cardiologie

QCM1
Les coupes de perfusion:

A- sont normales
B- mettent en évidence une ischémie de la paroi inférieure
C- mettent en évidence une séquelle de nécrose latérale
D- mettent en évidence une ischémie antéro septo apicale
E- mettent en évidence une séquelle de nécrose antéro septo apicale

QCM2
Les acquisitions synchronisées à l'ECG:

A- Sont en faveur d'une akinésie d'effort et de repos dans le territoire inférieur
B- Sont en faveur d'une hypokinésie antéro septo apicale d'effort, totalement réversible
C- Sont en faveur d'une séquelle de nécrose apicale peu étendue
D- Sont normales au repos
E- Sont normales à l'effort

Cas clinique N°2 Cardiologie

QCM1
Sur les acquisitions de perfusion:

A- les acquisitions de repos sont normales.
B- Il existe une hypoperfusion latérale d'effort réversible au repos.
C- Il existe une hypoperfusion inférieure d'effort réversible au repos.
D- Les anomalies sont dans le territoire de l'artère coronaire droite.
E- Le territoire de l'IVA est bien perfusé à l'effort et au repos.

QCM2
Sur les acquisitions synchronisées à l'ECG:

A- Les acquisitions d'effort et de repos sont superposables.
B- La cinétique segmentaire de la paroi latérale est normale en post-effort et au repos.
C- La paroi inférieure est hypokinétique en post effort.
D- Sa contractilité s'améliore au repos.
E- Cet examen est en faveur d'une ischémie d'effort dans le territoire de la coronaire droite.

Cas clinique N°1 TEP Poumon

QCM1
La TEP-TDM met en évidence:

A-Une métastase pulmonaire probable du champ pulmonaire gauche.
B- Une extension ganglionnaire sous carinaire.
C- Une atteinte ganglionnaire latéro trachéale droite.
D- Une atteinte ganglionnaire hilaire gauche.
E- Est en faveur d'un upstaging ganglionnaire de N2 à N3, susceptible de modifier la prise en charge thérapeutique en récusant la prise en charge chirurgicale.

QCM2
Concernant les tumeurs broncho pulmonaires primitives:

A- La TEP-TDM au 18-FDG est toujours positive quel que soit le type de tumeur en cause.
B- Certains types de lésions primitives peuvent prendre en défaut la sensibilité de la TEP-TDM au 18-FDG (ex: carcinome lépidique, anciennement bronchiolo alvéolaire).
C- Un nodule ou une masse hypermétabolique en TEP-TDM au 18-FDG est toujours (ou presque) d'étiologie néoplasique.
D- Chez les patients inopérables, la TEP-TDM au 18-FDG est utile pour aider à déterminer les volumes à irradier en radiothérapie, et pour évaluer la réponse au traitement.
E- La TEP-TDM au 18-FDG n'est pas l'examen de référence pour la recherche de lésions secondaires cérébrales.

Cas clinique N°2 TEP Poumon

QCM1
La lésion pulmonaire lobaire supérieure gauche:

A- Est un nodule
B- Est une masse
C- Lyse le tiers moyen de la clavicule gauche
D- Lyse la première et la deuxième côtes gauches.
E- Il existe une deuxième masse parenchymateuse du champ pulmonaire gauche, évocatrice d'un second primitif.

QCM2
A propos de l'extension ganglionnaire de la tumeur:

A- Il existe une volumineuse adénopathie hypermétabolique du hile pulmonaire gauche.
B- Il existe des adénopathies médiastinales controlatérales modérément hypermétaboliques.
C- Il existe des adénopathies médiastinales homolatérales modérément hypermétaboliques.
D- Il existe une adénopathie hypermétabolique para trachéale inférieure droite.
E- La tumeur est accessible à une prise en charge chirurgicale.

Annexe 3 : Enseignement dirigé : Commentaires libres des étudiants

Commentaire 1 :
« Très bonne idée d'application, bon support pour l'apprentissage de l'imagerie. Examens imageries bruts permettent de stimuler la réflexion. »

Commentaire 2 :
« Rien à redire, j'espère pouvoir rapidement m'en servir ! »

Commentaire 3 :
« Très bonne application ! Imagerie dynamique plus intéressante que la formule actuelle en coupe. Mais manque de recul »

Commentaire 4 :
« Cette application me semble très utile, elle nous permet d'avoir une meilleure vision de cours, tous les mots clés (lésion spiculée, prenant le contraste…) deviennent plus concrets. Disponible dès l'année prochaine ?! »

Commentaire 5 :
« Très intéressant et utile ! Très formateur contrairement aux images des livres d'internat. Conseil : éviter les informations excessives et complexes pour permettre de retenir l'essentiel. »

Commentaire 6 :
« Q3 B : fréquent et non pas systématique car manque de temps en D4. Intérêt d'une application rapide / concise mais exhaustive ! (ça a l'air d'être le cas) »

Commentaire 7 :
« Application adaptée à l'apprentissage. Bien présentée. Je l'utiliserai pour ma D4. »

VU

NANCY, le **25 juillet 2014**
Le Président de Thèse

esseur G. KARCHER

NANCY, le **31 juillet 2014**
Le Doyen de la Faculté de Médecine
Par délégation,

Professeur M. BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE

NANCY, le 25/08/2014

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Professeur P. MUTZENHARDT

RÉSUMÉ

Pour se former à l'imagerie en coupes, les étudiants en médecine ont à leur disposition les supports pédagogiques classiques (cours, stages, livres et certains sites internet). Il n'existe cependant pas de support adapté pour leur apprendre à lire de façon interactive un examen d'imagerie. Pour répondre à ce problème, nous avons travaillé au développement d'un outil informatique simulant les fonctions de défilement d'une console de visualisation d'examens d'imagerie médicale. Cet outil, élaboré initialement pour des étudiants de deuxième cycle des études médicales, permet une analyse visuelle volumique à partir de coupes jointives d'examens présentés avec un court texte décrivant le contexte clinique. Il s'agit d'un outil interactif et didactique avec des QCM à remplir par les étudiants. Les réponses à ces questions sont illustrées et assorties de généralités sur la pathologie en question. Les dossiers concernent actuellement essentiellement des examens de Médecine Nucléaire. La technique pour créer de nouveaux dossiers est facile à mettre en œuvre.

Ce logiciel a été testé avec succès lors d'une séance de 2 heures organisée pour 9 étudiants de 5ème ou 6ème années de médecine. Ceux-ci ont considéré que cet outil était nettement supérieur aux supports de cours existants et qu'il était aussi bien adapté à la préparation au futur concours de l'ECN sur tablette informatique.

TITRE EN ANGLAIS

Development and evaluation of a three-dimensional medical imaging learning software dedicated to medical students

THÈSE : MÉDECINE SPECIALISEE – ANNÉE 2014

MOTS CLÉS : médecine nucléaire, imagerie, pédagogie, e-learning, web application

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex