

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

ANNEE : 2019

N° : 67

THESE
PRESENTEE POUR LE DIPLOME DE
DOCTEUR EN MEDECINE

Diplôme d'Etat
DES Ophtalmologie

PAR

Elsa DI FOGGIA

Née le 12 mai 1989 à Mulhouse

**Développement d'un test de mesure d'acuité visuelle sur tablette
comme méthode de dépistage des troubles visuels en population
pédiatrique.**

Président de thèse : Madame le Professeur Claude Speeg-Schatz

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Arnaud Sauer

1
FACULTÉ DE MÉDECINE
(U.F.R. des Sciences Médicales)



- **Président de l'Université** M. DENEKEN Michel
- **Doyen de la Faculté** M. SIBILIA Jean
- **Assesseur du Doyen (13.01.10 et 08.02.11)** M. GOICHOT Bernard
- **Doyens honoraires :** (1976-1983) M. DORNER Marc
- (1983-1989) M. MANTZ Jean-Marie
- (1989-1994) M. VINCENDON Guy
- (1994-2001) M. GERLINGER Pierre
- (3.10.01-7.02.11) M. LUDES Bertrand
- **Chargé de mission auprès du Doyen** M. VICENTE Gilbert
- **Responsable Administratif** M. BITSCH Samuel

Edition MAI 2019
Année universitaire 2018-2019

**HOPITAUX UNIVERSITAIRES
DE STRASBOURG (HUS)**
Directeur général :
M. GAUTIER Christophe



A1 - PROFESSEUR TITULAIRE DU COLLEGE DE FRANCE

MANDEL Jean-Louis

Chaire "Génétique humaine" (à compter du 01.11.2003)

A2 - MEMBRE SENIOR A L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE (I.U.F.)

BAHRAM Séiamak
DOLLFUS Hélène

Immunologie biologique (01.10.2013 au 31.09.2018)
Génétique clinique (01.10.2014 au 31.09.2019)

A3 - PROFESSEUR(E)S DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS (PU-PH)

PO191

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
ADAM Philippe P0001	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de chirurgie orthopédique et de Traumatologie / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
AKLADIOS Cherif P0191	NRP6 CS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique/ HP	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
ANDRES Emmanuel P0002	NRP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques / HC	53.01 Option : médecine Interne
ANHEIM Mathieu P0003	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou-CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Haute pierre	49.01 Neurologie
ARNAUD Laurent P0186	NRP6 NCS	• Pôle MIRNED - Service de Rhumatologie / Hôpital de Haute pierre	50.01 Rhumatologie
BACHELLIER Philippe P0004	RP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	53.02 Chirurgie générale
BAHRAM Seiamak P0005	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil Institut d'Hématologie et d'Immunologie / Hôpital Civil / Faculté	47.03 Immunologie (option biologique)
BALDAUF Jean-Jacques P0006	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Haute pierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
BAUMERT Thomas P0007	NRP6 CU	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Unité d'Hépatologie - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie / NHC	52.01 Gastro-entérologie ; hépatologie Option : hépatologie
Mme BEAU-FALLER Michèle M0007 / P0170	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
BEAUJEUUX Rémy P0008	NRP6 Resp	• Pôle d'Imagerie - CME / Activités transversales • Unité de Neuroradiologie interventionnelle / Hôpital de Haute pierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
BECMEUR François P0009	RP6 NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Haute pierre	54.02 Chirurgie infantile
BERNA Fabrice P0192	NRP6 CS	• Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes ; Addictologie Option : Psychiatrie d'Adultes
BERTSCHY Gilles P0013	NRP6 CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie II / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
BIERRY Guillaume P0178	NRP6 NCS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie II - Neuroradiologie-imagerie ostéoarticulaire-Pédiatrie / Hôpital Haute pierre	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
BILBAULT Pascal P0014	NRP6 CS	• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP - Service des Urgences médico-chirurgicales Adultes / Hôpital de Haute pierre	48.02 Réanimation ; Médecine d'urgence Option : médecine d'urgence
BODIN Frédéric P0187	NRP6 NCS	• Pôle de Chirurgie Maxillo-faciale, morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie maxillo-faciale et réparatrice / Hôpital Civil	50.04 Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique ; Brûlologie
Mme BOEHM-BURGER Nelly P0016	NCS	• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
BONNOMET François P0017	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie orthopédique et de Traumatologie / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
BOURCIER Tristan P0018	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
BOURGIN Patrice P0020	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme BRIGAND Cécile P0022	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
BRUANT-RODIER Catherine P0023	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie Maxillo-faciale et réparatrice / Hôpital Civil	50.04 Option : chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique

NHC = Nouvel Hôpital Civil HC = Hôpital Civil HP = Hôpital de Haute pierre PTM = Plateau technique de microbiologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
Mme CAILLARD-OHLMANN Sophie P0171	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophthalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.03 Néphrologie
CANDOLFI Ermanno P0025	RP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
CASTELAIN Vincent P0027	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital Hautepierre	48.02 Réanimation
CHAKFE Nabil P0029	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe M0013 / P0172	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Chirurgie B / HC	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLOUX Anne P0028	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
Mme CHARPIOT Anne P0030	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
CHELLY Jameleddine P0173	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04 Génétique (option biologique)
Mme CHENARD-NEU Marie-Pierre P0041	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe P0044	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie / CCOM d'Illkirch	42.01 Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANGE Olivier P0193	NRP6 NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	48.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence (option Anesthésiologie-Réanimation - Type clinique)
CRIBIER Bernard P0045	NRP6 CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
DANION Jean-Marie P0046	NRP6 NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie 1 / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
de BLAY de GAIX Frédéric P0048	RP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
DEBRY Christian P0049	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
de SEZE Jérôme P0057	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
DERUELLE Philippe		• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique; gynécologie médicale: option gynécologie-obstétrique
DIEMUNSCH Pierre P0051	RP6 CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie-Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Hautepierre	48.01 Anesthésiologie-réanimation (option clinique)
Mme DOLLFUS-WALTMANN Hélène P0054	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	47.04 Génétique (type clinique)
DUCLOS Bernard P0055	NRP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépto-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01 Option : Gastro-entérologie
DUFOUR Patrick (5) (7) P0056	S/nb Cons	• Centre Régional de Lutte contre le cancer Paul Strauss (convention)	47.02 Option : Cancérologie clinique
EHLINGER Matthieu P0188	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie/Hôpital de Hautepierre	50.02 Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Natacha P0059	NRP6 NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme FACCA Sybille P0179	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de la Main et des Nerfs périphériques / CCOM Illkirch	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FAFI-KREMER Samira P0060	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie- Virologie biologique
FALCOZ Pierre-Emmanuel P0052	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
GANGI Afshin P0062	RP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David P0063	NRP6 NCS	• Pôle des Spécialités Médicales - Ophthalmologie / SMO - Service d'Ophthalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophthalmologie
GENY Bernard P0064	NRP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
GEORG Yannick		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
GICQUEL Philippe P0065	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
GOICHOT Bernard P0066	RP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et de nutrition / HP	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Maria P0067	NRP6 CS	• Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail / HC	46.02 Médecine et santé au travail Travail

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
GOTTENBERG Jacques-Eric P0068	NRP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01 Rhumatologie
HANNEDOUCHE Thierry P0071	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Dialyse / Nouvel Hôpital Civil	52.03 Néphrologie
HANSMANN Yves P0072	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03 Option : Maladies infectieuses
HERBRECHT Raoul P0074	RP6 NCS	• Pôle d'Oncolo-Hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôp. Hautepierre	47.01 Hématologie ; Transfusion
HIRSCH Edouard P0075	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
IMPERIALE Alessio P0194	NRP6 NCS	• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
ISNER-HOROBETI Marie-Eve P0189		• Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05 Médecine Physique et Réadaptation
JAULHAC Benoît P0078	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Méd.	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme JEANDIDIER Nathalie P0079	NRP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition / HC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESEL-MOREL Laurence		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
KALTENBACH Georges P0081	RP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Médecine Interne - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau	53.01 Option : gériatrie et biologie du vieillissement
KEMPF Jean-François P0083	RP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main-CCOM / Illkirch	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme KESSLER Laurence P0084	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Addictologie / Méd. B / HC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESSLER Romain P0085	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
KINDO Michel P0195	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
KOPFERSCHMITT Jacques P0086	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service d'Urgences médico-chirurgicales adultes/Nouvel Hôpital Civil	48.04 Thérapeutique (option clinique)
Mme KORGANOW Anne-Sophie P0087	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
KREMER Stéphane M0038 / P0174	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service Imagerie 2 - Neuroradio Ostéoarticulaire - Pédiatrie / HP	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
KUHN Pierre P0175	NRP6 NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatalogie et Réanimation néonatale (Pédiatrie II) / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
KURTZ Jean-Emmanuel P0089	NRP6 CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôpital Hautepierre	47.02 Option : Cancérologie (clinique)
Mme LALANNE-TONGIO Laurence		• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
LANG Hervé P0090	NRP6 NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
LANGER Bruno P0091	RP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale : option gynécologie-Obstétrique
LAUGEL Vincent P0092	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 / Hôpital Hautepierre	54.01 Pédiatrie
LE MINOR Jean-Marie P0190	NRP6 NCS	• Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine - Service de Neuroradiologie, d'imagerie Ostéoarticulaire et interventionnelle/ Hôpital de Hautepierre	42.01 Anatomie
LIPSKER Dan P0093	NRP6 NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-vénérologie
LIVERNEAUX Philippe P0094	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la main - CCOM / Illkirch	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
MALOUF GABRIEL		• Pôle d'Onco-hématologie - Service d'Hématologie et d'Oncologie / Hôpital de Hautepierre	47.01 Hématologie: transfusion
MARESCAUX Christian (5) P0097	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
MARK Manuel P0098	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Cytogénétique, Cytologie et Histologie quantitative / Hôpital de Hautepierre	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MARTIN Thierry P0099	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
MASSARD Gilbert P0100	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme MATHÉLIN Carole P0101	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Unité de Sénologie - Hôpital Civil	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; Gynécologie Médicale
MAUVIEUX Laurent P0102	NRP6 CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Haute-pierre • Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01	Hématologie ; Transfusion Option Hématologie Biologique
MAZZUCOTELLI Jean-Philippe P0103	RP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MERTES Paul-Michel P0104	NRP6 CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / Nouvel Hôpital Civil	48.01	Option : Anesthésiologie-Réanimation (type mixte)
MEYER Nicolas P0105	NRP6 NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / Hôpital Civil	46.04	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication (option biologique)
MEZIANI Ferhat P0106	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation
MONASSIER Laurent P0107	NRP6 CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie • Unité de Pharmacologie clinique / Nouvel Hôpital Civil	48.03	Option : Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier P0108	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
MOULIN Bruno P0109	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Transplantation / Nouvel Hôpital Civil	52.03	Néphrologie
MUTTER Didier P0111	RP6 CS	• Pôle Hépatogastro-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Digestive / NHC	52.02	Chirurgie digestive
NAMER Izzie Jacques P0112	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / Haute-pierre / NHC	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
NISAND Israël P0113	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie Obstétrique / Hôpital de Haute-pierre	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale : option gynécologie-Obstétrique
NOEL Georges P0114	NCS	• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer Paul Strauss (par convention) - Département de radiothérapie	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option Radiothérapie biologique
OHLMANN Patrick P0115	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
Mme OLLAND Anne		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme PAILLARD Catherine P0180	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Haute-pierre	54.01	Pédiatrie
PELACCIA Thierry		• Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR - Service SAMU/SMUR	48.02	Réanimation et anesthésiologie Option : Médecine d'urgences
Mme PERRETTA Silvana P0117	NRP6 NCS	• Pôle Hépatogastro-digestif de l'Hôpital Civil - Service d'Urgence, de Chirurgie Générale et Endocrinienne / NHC	52.02	Chirurgie digestive
PESSAUX Patrick P0118	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Urgence, de Chirurgie Générale et Endocrinienne / NHC	53.02	Chirurgie Générale
PETIT Thierry P0119	CDp	• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer - Paul Strauss (par convention) - Département de médecine oncologique	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
PIVOT Xavier		• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer - Paul Strauss (par convention) - Département de médecine oncologique	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
POTTECHER Julien P0181	NRP6 NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Haute-pierre	48.01	Anesthésiologie-réanimation ; Médecine d'urgence (option clinique)
PRADIGNAC Alain P0123	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et nutrition / HP	44.04	Nutrition
PROUST François P0182	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Haute-pierre	49.02	Neurochirurgie
Mme QUOIX Elisabeth P0124	NRP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie
Pr RAUL Jean-Sébastien P0125	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et NHC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03	Médecine Légale et droit de la santé
REIMUND Jean-Marie P0126	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Option : Gastro-entérologie
Pr RICCI Roméo P0127	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
ROHR Serge P0128	NRP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02	Chirurgie générale
Mme ROSSIGNOL -BERNARD Sylvie P0196	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Haute-pierre	54.01	Pédiatrie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
ROUL Gérard P0129	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
Mme ROY Catherine P0140	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Serv. d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02 Radiologie et imagerie médicale (opt clinique)
SAUDER Philippe P0142	NRP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02 Réanimation
SAUER Arnaud P0183	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
SAULEAU Erik-André P0184	NRP6 NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / HC	46.04 Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication (option biologique)
SAUSSINE Christian P0143	RP6 CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
SCHNEIDER Francis P0144	RP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Haute-pierre	48.02 Réanimation
Mme SCHROEDER Carmen P0185	NRP6 CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychothérapie pour Enfants et Adolescents / Hôpital Civil	49.04 Pédopsychiatrie ; Addictologie
SCHULTZ Philippe P0145	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
SERFATY Lawrence P0197	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01 Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie Option : Hépatologie
SIBILIA Jean P0146	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Haute-pierre	50.01 Rhumatologie
Mme SPEEG-SCHATZ Claude P0147	RP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
STEIB Jean-Paul P0149	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Hôpital Civil	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
STEPHAN Dominique P0150	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires - HTA - Pharmacologie clinique / Nouvel Hôpital Civil	51.04 Option : Médecine vasculaire
THAVEAU Fabien P0152	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Option : Chirurgie vasculaire
Mme TRANCHANT Christine P0153	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Haute-pierre	49.01 Neurologie
VEILLON Francis P0155	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 - Imagerie viscérale, ORL et mammaire / Hôpital Haute-pierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel P0156	NRP6 NCS CS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 3 - Epidémiologie et Economie de la Santé / Hôpital Civil • Laboratoire d'Epidémiologie et de santé publique / HC / Fac de Médecine • Centre de Lutte contre le Cancer Paul Strauss - Serv. Epidémiologie et de biostatistiques	46.01 Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
VETTER Denis P0157	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques/HC	52.01 Option : Gastro-entérologie
VIDAILHET Pierre P0158	NRP6 NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphane P0159	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales / Fac. de Médecine	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VOGEL Thomas P0160	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de soins de suite et réadaptations gériatriques / Hôpital de la Robertsau	51.01 Option : Gériatrie et biologie du vieillissement
WEBER Jean-Christophe Pierre P0162	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne / Nouvel Hôpital Civil	53.01 Option : Médecine Interne
WOLF Philippe P0164	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Générale et de Transplantations multiorganes / HP - Coordonnateur des activités de prélèvements et transplantations des HU	53.02 Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Haute-pierre	49.01 Neurologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
----------------	-----	--	--

HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Haute-pierre - NHC : Nouvel Hôpital Civil

* : CS (Chef de service) ou NCS (Non Chef de service hospitalier) Cspi : Chef de service par intérim CSp : Chef de service provisoire (un an)

CU : Chef d'unité fonctionnelle

Pô : Pôle

Cons. : Consultanat hospitalier (poursuite des fonctions hospitalières sans chef de service) RPô (Responsable de Pôle) ou NRPô (Non Responsable de Pôle)

(1) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2018

(3)

(5) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2019

(6) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2017

DRô (Directeur de Pôle)

(7) Consultant hospitalier (pour un an) éventuellement renouvelable --> 31.08.2017

(8) Consultant hospitalier (pour une 2ème année) --> 31.08.2017

(9) Consultant hospitalier (pour une 3ème année) --> 31.08.2017

A4 - PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES

HABERSETZER François	CS	Pôle Hépatodigestif 4190 Service de Gastro-Entérologie - NHC	52.01 Gastro-Entérologie
CALVEL Laurent	NRPô CS	Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO Service de Soins palliatifs / NHC	55.02 Ophtalmologie
SALVAT Eric		Centre d'Evaluation et de Traitement de la Douleur	

MO112	B1 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)		
NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
AGIN Arnaud M0001		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Haute-pierre	43.01 Biophysique et Médecine nucléaire
Mme ANTAL Maria Cristina M0003		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Haute-pierre • Faculté de Médecine / Institut d'Histologie	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme ANTONI Delphine M0109		• Centre de lutte contre le cancer Paul Strauss	47.02 Cancérologie ; Radiothérapie
ARGEMI Xavier M0112		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03 Maladies infectieuses ; Maladies tropicales Option : Maladies infectieuses
Mme AYME-DIETRICH Estelle		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie clinique / NHC	48.03 Option: pharmacologie fondamentale
Mme BARNIG Cindy M0110		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie
Mme BARTH Heidi M0005 (Dispo → 31.12.2018)		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital Civil	45.01 Bactériologie - <u>Virologie</u> (Option biologique)
Mme BIANCALANA Valérie M0008		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
BLONDET Cyrille M0091		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Haute-pierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
BONNEMAINS Laurent M0099		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	54.01 Pédiatrie
BOUSIGES Olivier M0092		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
CARAPITO Raphaël M0113		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie
CAZZATO Roberto		• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / NHC	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
CERALINE Jocelyn M0012		• Pôle d'Oncologie et d'Hématologie - Service d'Oncologie et d'Hématologie / HP	47.02 Cancérologie ; Radiothérapie (option biologique)
CHOQUET Philippe M0014		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HP	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
COLLONGUES Nicolas M0016		• Pôle Tête et Cou-CETD - Centre d'Investigation Clinique / NHC et HP	49.01 Neurologie
DALI-YOUCHEF Ahmed Nassim M0017		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme de MARTINO Sylvie M0018		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Médecine	Bactériologie-virologie Option bactériologie-virologie biologique
Mme DEPIENNE Christel M0100 (Disp<>15.08.18)	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Cytogénétique / HP	47.04 Génétique
DEVYS Didier M0019		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
DOLLÉ Pascal M0021		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme ENACHE Irina M0024		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie
FILISSETTI Denis M0025		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Faculté	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
FOUCHER Jack M0027		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	44.02 Physiologie (option clinique)
GUERIN Eric M0032		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
Mme HARSAN-RASTEI Laura		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Haute-pierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme HEIMBURGER Céline		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Haute-pierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme HELMS Julie M0114		• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP - Service de Réanimation médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02 Réanimation ; Médecine d'urgence Option : Réanimation
HUBELE Fabrice M0033		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HP et NHC	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme JACAMON-FARRUGIA Audrey M0034		• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03 Médecine Légale et droit de la santé
JEGU Jérémie M0101		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Santé Publique / Hôpital Civil	46.01 Epidémiologie, Economie de la santé et Prévention (option biologique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
JEHL François M0035		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
KASTNER Philippe M0089		• Pôle de Biologie - Laboratoire de diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme KEMMEL Véronique M0036		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LAMOUR Valérie M0040		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LANNES Béatrice M0041		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine • Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
LAVAUX Thomas M0042		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire
LAVIGNE Thierry M0043	CS	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service d'Hygiène hospitalière et de médecine préventive / PTM et HUS - Equipe opérationnelle d'Hygiène	46.01 Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
Mme LEJAY Anne M0102		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (Biologique)
LENORMAND Cédric M0103		• Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
LEPILLER Quentin M0104 (Dispo → 31.08.2018)		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / PTM HUS et Faculté de Médecine	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière (Biologique)
Mme LETSCHER-BRU Valérie M0045		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
LHERMITTE Benoît M0115		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques
Mme LONSDORFER-WOLF Evelyne M0090		• Institut de Physiologie Appliquée - Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie
LUTZ Jean-Christophe M0046		• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Serv. de Chirurgie Maxillo-faciale, plastique reconstructrice et esthétique/HC	55.03 Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MEYER Alain M0093		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
MIGUET Laurent M0047		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre et NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
Mme MOUTOU Céline ép. GUNTNER M0049	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic préimplantatoire / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MULLER Jean M0050		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
NOLL Eric M0111		• Pôle d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR - Service Anesthésiologie et de Réanimation Chirurgicale - Hôpital Hautepierre	48.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence
Mme NOURRY Nathalie M0011		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du travail - HC	46.02 Médecine et Santé au Travail (option clinique)
PENCREAC'H Erwan M0052		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
PFAFF Alexander M0053		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS	45.02 Parasitologie et mycologie
Mme PITON Amélie M0094		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04 Génétique (option biologique)
PREVOST Gilles M0057		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme RADOSAVLJEVIC Mirjana M0058		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
Mme REIX Nathalie M0095		• Pôle de Biologie - Labo. d'Explorations fonctionnelles par les isotopes / NHC • Institut de Physique biologique / Faculté de Médecine	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
RIEGEL Philippe M0059		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
ROGUE Patrick (cf. A2) M0060		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire (option biologique)
Mme ROLLAND Delphine		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
ROMAIN Benoît M0061		• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
Mme RUPPERT Elisabeth M0106		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de Pathologie du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Instit / localisation	Sous-sections Conseil National des Universités
Mme SABOU Alina M0096		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme SAMAMA Brigitte M0062		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme SCHEIDECKER Sophie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme SCHNEIDER Anne M0107		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie pédiatrique / Hôpital de Haute-pierre	54.02 Chirurgie Infantile
SCHRAMM Frédéric M0068		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme SOLIS Morgane		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme SORDET Christelle M0069		• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Haute-pierre	50.01 Rhumatologie
TALHA Samy M0070		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme TALON Isabelle M0039		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Infantile / Hôpital Haute-pierre	54.02 Chirurgie infantile
TELETIN Marius M0071		• Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
Mme URING-LAMBERT Béatrice M0073		• Institut d'Immunologie / HC • Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
VALLAT Laurent M0074		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Haute-pierre	47.01 Hématologie : Transfusion Option Hématologie Biologique
Mme VILLARD Odile M0076		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Fac	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme WOLF Michèle M0010		• Chargé de mission - Administration générale - Direction de la Qualité / Hôpital Civil	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
Mme ZALOSZYC Ariane ép. MARCANTONI M0116		• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Haute-pierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Joffry M0077		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HC	44.02 Physiologie (option clinique)

B2 - PROFESSEURS DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Pr BONAHE Christian	P0166	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des sciences et des techniques
Mme la Pr RASMUSSEN Anne	P0186	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

B3 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Mr KESSEL Nils		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mr LANDRE Lionel		ICUBE-UMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69. Neurosciences
Mme THOMAS Marion		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mme SCARFONE Marianna	M0082	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

B4 - MAITRE DE CONFERENCE DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

Mme CHAMBE Juliette	M0108	Département de Médecine générale / Faculté de Médecine	53.03 Médecine générale (01.09.15)
---------------------	-------	--	------------------------------------

C - ENSEIGNANTS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE
C1 - PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Pr Ass. GRIES Jean-Luc	M0084	Médecine générale (01.09.2017)
Pr Ass. KOPP Michel	P0167	Médecine générale (depuis le 01.09.2001, renouvelé jusqu'au 31.08.2016)

C2 - MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE - TITULAIRE

Dre CHAMBE Juliette	M0108	53.03 Médecine générale (01.09.2015)
---------------------	-------	--------------------------------------

C3 - MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Dre BERTHOU anne	M0109	Médecine générale (01.09.2015 au 31.08.2018)
Dr BREITWILLER-DUMAS Claire		Médecine générale (01.09.2016 au 31.08.2019)
Dr GUILLOU Philippe	M0089	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr HILD Philippe	M0090	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr ROUGERIE Fabien	M0097	Médecine générale (01.09.2014 au 31.08.2017)
Dr SANSELME Anne-Elisabeth		Médecine générale

D - ENSEIGNANTS DE LANGUES ETRANGERES
D1 - PROFESSEUR AGREGE, PRAG et PRCE DE LANGUES

Mme ACKER-KESSLER Pia	M0085	Professeure certifié d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme CANDAS Peggy	M0086	Professeure agrégée d'Anglais (depuis le 01.09.99)
Mme SIEBENBOUR Marie-Noëlle	M0087	Professeure certifié d'Allemand (depuis 01.09.11)
Mme JUNGER Nicole	M0088	Professeure certifié d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme MARTEN Susanne	M0098	Professeure certifié d'Allemand (depuis 01.09.11)

E - PRATICIENS HOSPITALIERS - CHEFS DE SERVICE NON UNIVERSITAIRES

Dr ASTRUC Dominique	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Serv. de Néonatalogie et de Réanimation néonatale (Pédiatrie 2) / Hôpital de Hautepierre
Dr ASTRUC Dominique (par intérim)	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Réanimation pédiatrique spécialisée et de surveillance continue / Hôpital de Hautepierre
Dr CALVEL Laurent	NRP6 CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Soins Palliatifs / NHC et Hôpital de Hautepierre
Dr DELPLANCQ Hervé	NRP6 CS	- SAMU-SMUR
Dr GARBIN Olivier	CS	- Service de Gynécologie-Obstétrique / CMCO Schiltigheim
Dre GAUGLER Elise	NRP6 CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - UCSA - Centre d'addictologie / Nouvel Hôpital Civil
Dre GERARD Bénédicte	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Département de génétique / Nouvel Hôpital Civil
Mme GOURIEUX Bénédicte	RP6 CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Service de Pharmacie-Stérilisation / Nouvel Hôpital Civil
Dr KARCHER Patrick	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Soins de suite de Longue Durée et d'hébergement gériatrique / EHPAD / Hôpital de la Robertsau
Pr LESSINGER Jean-Marc	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biologie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil + Hautepierre
Mme Dre LICHTBLAU Isabelle	NRP6 Resp	• Pôle de Biologie - Laboratoire de biologie de la reproduction / CMCO de Schiltigheim
Mme Dre MARTIN-HUNYADI Catherine	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Secteur Evaluation / Hôpital de la Robertsau
Dr NISAND Gabriel	RP6 CS	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service de Santé Publique - DIM / Hôpital Civil
Dr REY David	NRP6 CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - «Le trait d'union» - Centre de soins de l'infection par le VIH / Nouvel Hôpital Civil
Dr TCHOMAKOV Dimitar	NRP6 CS	• Pôle Médico-chirurgical de Pédiatrie - Service des Urgences Médico-Chirurgicales pédiatriques - HP
Mme Dre TEBACHER-ALT Martine	NRP6 NCS Resp	• Pôle d'Activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Maladies vasculaires et Hypertension - Centre de pharmacovigilance / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dre TOURNOUD Christine	NRP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Centre Antipoison-Toxicovigilance / Nouvel Hôpital Civil

F1 - PROFESSEURS ÉMÉRITES

- o **de droit et à vie** (*membre de l'Institut*)
CHAMBON Pierre (Biochimie et biologie moléculaire)
- o *pour trois ans (1er septembre 2016 au 31 août 2019)*
BOUSQUET Pascal
PINGET Michel
- o *pour trois ans (1er septembre 2017 au 31 août 2020)*
BELLOCQ Jean-Pierre (Anatomie Cytologie pathologique)
CHRISTMANN Daniel (Maladies Infectieuses et tropicales)
MULLER André (Thérapeutique)
- o *pour trois ans (1er septembre 2018 au 31 août 2021)*
Mme DANION-GRILLIAT Anne (Pédopsychiatrie, addictologie)
- o *pour trois ans (1er avril 2019 au 31 mars 2022)*
Mme STEIB Annick (Anesthésie, Réanimation chirurgicale)

F2 - PROFESSEUR des UNIVERSITES ASSOCIE (mi-temps)

M. SOLER Luc CNU-31 IRCAD (01.09.2009 - 30.09.2012 / renouvelé 01.10.2012-30.09.2015-30.09.2021)

F3 - PROFESSEURS CONVENTIONNÉS* DE L'UNIVERSITE

Dr BRAUN Jean-Jacques	ORL (2012-2013 / 2013-2014 / 2014-2015 / 2015-2016)
Pr CHARRON Dominique	Université Paris Diderot (2016-2017 / 2017-2018)
Mme GUI Yali	(Shaanxi/Chine) (2016-2017)
Mme Dre GRAS-VINCENDON Agnès	Pédopsychiatrie (2010-2011 / 2011-2012 / 2013-2014 / 2014-2015)
Dr JENNY Jean-Yves	Chirurgie orthopédique (2014-2015 / 2015-2016 / 2016-2017 / 2017-2018)
Mme KIEFFER Brigitte	IGBMC (2014-2015 / 2015-2016 / 2016-2017)
Dr KINTZ Pascal	Médecine Légale (2016-2017 / 2017-2018)
Dr LAND Walter G.	Immunologie (2013-2014 à 2015-2016 / 2016-2017)
Dr LANG Jean-Philippe	Psychiatrie (2015-2016 / 2016-2017 / 2017-2018)
Dr LECOCQ Jehan	IURC - Clémenceau (2016-2017 / 2017-2018)
Dr REIS Jacques	Neurologie (2017-2018)
Pr REN Guo Sheng	(Chongqing / Chine) / Oncologie (2014-2015 à 2016-2017)
Dr RICCO Jean-Baptiste	CHU Poitiers (2017-2018)

(* 4 années au maximum)

SERMMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Être suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admise à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Respectueuse et reconnaissante envers mes maîtres je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis restée fidèle à mes promesses. Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.

REMERCIEMENTS

A mon jury de thèse

Toute ma gratitude et mon respect vont d'abord au Professeur Claude Speeg-Schatz pour sa bienveillante présence à la tête du service d'Ophtalmologie de Strasbourg. Je vous remercie infiniment pour votre soutien et vos conseils qui m'ont permis, entre autres, de réaliser cet interchu à Paris qui m'a tant appris.

Ma sincère reconnaissance va au Professeur Arnaud Sauer, pour son humanité, sa disponibilité, ses idées brillantes et sans qui ce travail de thèse n'aurait pas vu le jour. Je vous remercie de m'avoir confié ce sujet dès ses débuts, de m'avoir fait confiance tout au long de cet internat, et de m'avoir fait découvrir les joies des présentations orales (françaises ou anglaises). Travailler à vos côtés fut un plaisir, entre les débats et discussions en tout genre et le gout pour la pédiatrie que vous m'avez transmis.

Un immense merci au Professeur Tristan Bourcier, pour son art de la pédagogie, sa réactivité et sa confiance pour le travail réalisé pendant mon semestre en UF1. Je vous remercie particulièrement d'avoir accepté d'être dans mon jury de thèse malgré le sujet de pédiatrie.

Je remercie également le Docteur Laurent Ballonzoli, dont l'apparence sévère au premier abord n'a d'égal que sa grande sensibilité. Merci d'avoir adouci ce semestre en UF2 grâce à tes subtiles remarques. Ta présence dans mon jury me tenait à cœur et je te suis infiniment reconnaissante d'avoir accepté.

A Pauline, un modèle d'accomplissement personnel et professionnel que je n'ai eu de cesse d'admirer pendant mon internat. Merci d'avoir trouvé les mots justes aux moments les plus difficiles, de m'avoir encouragée, et merci pour ta bonne humeur au quotidien.

A mes chefs et collègues

Au Professeur Gaucher et son impressionnante main chirurgicale. Merci pour cette précieuse formation en rétine qui m'aura permis d'assurer pendant mon stage à Paris.

Au Professeur Candolfi, à qui je voudrais rendre hommage, et aux côtés de qui j'ai eu la chance de travailler pendant 6 mois. Sa passion pour la recherche, ses connaissances scientifiques impressionnantes, et sa bienveillance envers ses collègues étaient admirables. J'en profite aussi pour remercier Alexander Pfaff de m'avoir épaulé pendant ces 6 mois en parasitologie.

A mes anciens chefs, Pierre-Henri, modèle d'empathie et ayant l'art de transmettre ses connaissances toujours dans une bonne ambiance, Dan, sa disponibilité et ses déhanchés au bloc opératoire qui resteront gravés dans ma mémoire, Agathe Guillaume et Olivier qui ont accompagnés mes premiers pas en ophtalmologie.

A Vincent, mon Feufeu, qui aura égayé mon internat avec son délicieux humour et qui aura participé à mes meilleurs souvenirs.

A Gabrielle, pour sa belle personne, son écoute attentive et sa bienveillance.

A Delphine, pour ses précieux conseils, tant sur le plan personnel que culinaire. Je suis très heureuse de t'avoir connue à tes débuts d'interne jusqu'à la brillante chef que tu es maintenant.

A Clémence, merci d'avoir été le rayon de soleil de ce deuxième semestre d'UF3.

A Fredo, pour son humour, son esprit conciliant, sa gentillesse. Merci d'avoir adouci ce semestre d'UF1.

A Emilie, que j'ai eu l'occasion de mieux connaître cette année, pour son altruisme, sa gentillesse et sa volonté de vouloir arranger les autres.

A Mathieu, pour son organisation et son sérieux à toutes épreuves. Merci de m'avoir supporté pendant nos deux semestres ensemble.

A Simon, pour son calme légendaire et son humour dont il a le secret.

Et à tous mes autres co internes qui ont contribué à faire de cet internat, un bonheur de chaque jour.

A Marine et son caractère de feu, à Arnaud M, pour ses avis rétinés et sa disponibilité, à Zsolt et ses taquineries sans pareil, à Marion et ses talents culinaires, à Hamza et nos longues journées au rouge, à Anne et ses encouragements, à Jimmy et sa présence rassurante lors de mon premier semestre, à Onsi et sa gentillesse, à Carole et son aide au rouge en tant qu'interne, à Léa, Vincent G, Hugo, Arnaud Joffrey, Yvon pour qui donner des avis au rouge étaient (presque) toujours un plaisir.

Un grand merci également à toutes les infirmières de poly (Adeline, Catherine, Evelyne, Caroline, France, ..), du service (Julie, Christelle, Fernanda, ..), du bloc et à toutes les orthoptistes et élèves orthoptistes.

A tout le service d'Ophtalmologie de Mulhouse

Plus particulièrement au Dr Klinger, au Dr Lenoble, au Dr Nasica pour leurs formations lors de ma première année d'internat.

A toutes l'équipe de neurochirurgie de Hautepierre qui a été d'un accueil inégalable et qui a contribué à me faire passer un semestre « de folie » (Brigitte, Doris, Nora, .. merci pour votre soutien)

J'en profite pour remercier le Pr Proust de m'avoir accueilli dans son service et les Dr Cebula, Chaussémy, Coca, Spatola, Chibbaro de m'avoir partagé leur savoir.

Merci à Julien pour son aide, sa patience et ses subtiles histoires.

Un grand merci à l'équipe de la fondation Rothschild de Paris aux côtés de qui j'ai eu la chance de travailler pendant 6 mois.

Plus particulièrement, je tenais à remercier le Dr Caputo de m'avoir accepté dans son service et le Dr Dureau qui, grâce à son partage de connaissances sans égal et sa confiance au bloc opératoire, m'aura fait vivre 3 mois d'internat parmi les plus mémorables.

Merci également à mes super co internes parisiens et rémois, « la team Caputo », David, Mai, Katia, Emma, Gwendo, Ahmed, Ophélie, Ashraf sans qui rien n'aurait été pareil.

Un immense merci aux chercheurs et ingénieurs du laboratoire SYLABE pour leur précieuse aide dans la confection de cette application et particulièrement à Pierre-Henri Moreau pour sa disponibilité et sa motivation.

A mes amis,

A Delphine H., ma pony, mon pilier de l'externat, qui aura contribué à transformer ces années médecines en de merveilleux souvenirs grâce à nos inoubliables soirées et à nos milliers de fous rires.

A Cécile, ma crevette, mon coup de cœur depuis le premier jour lors de ce premier stage d'externat qui a marqué le point de départ d'une merveilleuse amitié. Merci d'être la personne sur qui je peux toujours compter, merci pour ton soutien, tes conseils, ton écoute.

A Noémie, qui de co interne est devenue une véritable amie, et sans qui ce travail de thèse aurait été beaucoup plus fastidieux. Merci pour tous ces moments de rire, d'écoute, de sport, de dancefloor, et pour ces beaux voyages humanitaires à venir. Je suis heureuse de t'avoir à mes côtés.

A Hajar, qui a été ma plus grande force pendant cette première année de médecine. Nos révisions à la « bibli », nos gamineries, nos rires, nos sorties, nos peines... « Loin des yeux près du cœur », et l'impression que rien n'a changé à chaque retrouvaille.

A Anne, de nos années de gym à nos années médecines, en passant par nos bêtises du lycée, tu as été là dans tous les moments importants.

A Alexis et ses histoires folles, pilier de l'externat et à Marc et son savoir infini. Votre rigueur sans failles pour nos sous colles hebdomadaires m'auront assuré le top 500 et l'accès à l'ophtalmologie.

A Brice et toutes nos aventures, du lycée « Lavoisier » à la première année de médecine en passant par cette saison en Corse, ta présence m'aura laissé de merveilleux souvenirs.

A Orane, Nanou et Rosa, les « 4 fantastiques », mes plus vieilles amies. De nos 400 coups au collège à nos retrouvailles à Amsterdam, je suis fière de ce que nous sommes devenues. Merci d'être restées les mêmes après toutes ces années.

A Léa F et notre incroyable rencontre en neurochir qui nous aura fait passer le meilleur semestre de notre internat et qui aura marqué le début d'une belle amitié. Merci d'avoir été là dans les joies et peines de ce stage et de m'avoir fait pleurer de rire avec tous nos égarements.

A ma merveilleuse famille

A mes parents pour leur amour inconditionnel, leur présence rassurante, leur soutien sans faille, leur patience devant mes nombreuses sautes d'humeur, les petits plats pour la semaine pendant les périodes de révisions et les longs trajets en urgence pour consoler mes peines. Je sais les sacrifices que ces longues années d'étude vous ont demandé et c'est à vous que je dois cette réussite. Votre soutien et votre amour ont été mon moteur pendant toutes ces années. Je vous aime.

A mon petit frère chéri et ses deux princesses Lola et Sélène, qui auront été ma bouffée d'oxygène pendant ces années de médecine.

A mes grands-parents, papi et mami, qui ont été d'un grand soutien, en ne doutant jamais de moi.

A Christian, mon parrain, pour ce gout de la réussite et de l'épanouissement qu'il a su m'inculquer dès mon plus jeune âge. Merci d'avoir contribué à l'article de cette thèse en acceptant une après-midi d'intense correction de mon brillant anglais qui nous aura bien fait rire.

A toute ma famille italienne, Nénette, Marraine, Gino, Rosina, Vincenzo, Tino, Agostino, Florence, Sélina, Karin, Manu...

Merci d'avoir excusé mes absences, de m'avoir permis de garder les pieds sur terre, de faire de chaque vacance en Italie et de chaque repas de famille des moments inoubliables.

Avec vous le mot Famille prend tout son sens.

A mes beaux-parents,

A Brigitte pour sa gentillesse sans égal, son accueil et ses bons petits plats pendant ces 6 mois à Mulhouse.

A Jean-Louis et Muriel pour ces beaux moments ici et ailleurs.

And last but not least ...

A Arnaud, mon amour, celui grâce à qui tout est devenu possible, celui qui supporte tous mes états d'âme depuis près de 6 ans maintenant. Depuis le premier regard jusqu'à aujourd'hui, tu fais de ma vie un bonheur de chaque instant. Merci de me soutenir dans les meilleurs comme dans les pires moments, de me permettre d'être totalement moi, de m'appuyer dans mes décisions même quand elles impliquent que l'on vive loin quelques mois. Plus simplement merci pour cette vie qu'on a construite tous les deux, j'ai hâte de voir les futures joies qu'elle nous réserve.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction.....	23
2. Mise au point, Etude bibliographique.....	24
2.1 Les troubles visuels de l'enfant.....	24
2.1.1 L' Amblyopie.....	24
2.1.2 Les principales amétropies.....	31
2.1.3 Le strabisme.....	32
2.1.4 Les pathologies organiques.....	35
2.2 Etat actuel du dépistage.....	36
2.2.1 L'intérêt du dépistage visuel.....	36
2.2.2 Le dépistage en France	38
2.2.3 A l'échelle mondiale.....	41
2.2.4 Les outils actuels du dépistage.....	43
2.2.5 Les nouveaux appareils de dépistage.....	44
2.2.6 Le dépistage à domicile.....	44
2.3 Les récentes méthodes de dépistage numérique dans le monde.....	45

2.3.1 Les applications de mesure d'acuité visuelle chez l'adulte.....	46
2.3.2 Les applications de mesure d'acuité visuelle chez l'enfant.....	50
3. Le test de mesure d'acuité visuelle sur tablette.....	54
3.1 Développement du test	54
3.1.1 Les débuts : le centre de primatologie de Strasbourg.....	54
3.1.2 Le test e-MOVA : test vision de près.....	57
3.1.3 Notre application : développement du test en vision de loin.....	59
3.2 Protocole de l'étude-Matériels et Méthodes.....	67
3.2.1 Design de l'étude.....	67
3.2.2 Choix du Gold standard.....	67
3.2.3 Procédure.....	67
3.2.4 Critères de jugement.....	69
3.2.5 Analyses statistiques.....	69
3.3 Article soumis en Anglais.....	70

4. Principaux apports de notre étude.....	88
5. Conclusion.....	91
6. Bibliographie.....	93
7. Annexes.....	98
8. Attestation sur l'honneur.....	105

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1: Prévalence de l’amblyopie.....	26
Tableau 2: Prévalence des facteurs amblyopiques dans l’étude d’Arnold et. <i>al.</i>	28
Tableau 3: Classification des strabismes concomitants selon Roth. D’après C. Speeg-Schatz, Rapport SFO Strabologie 2013.....	34
Tableau 4: Risque amblyopique et strabique selon le degré d’hypermétropie. D’après le rapport de la SFO Strabologie 2013.....	34
Tableau 5: Organisation du dépistage visuel en France.....	39
Tableau 6: Exemples de programmes nationaux de dépistage visuel chez l’enfant. D’après Solebo et. <i>al.</i>	42
Figure 1: Exemple de photoscreeners : <i>GoCheck Kids</i>	44
Figure 2 : Interface applications <i>Sightbook</i>	47
Figure 3 : Interface de l’application <i>Paxos Checkup</i>	48
Figure 4 : Interface du test automatisé de la vision stéréoscopique <i>Videogame</i>	52
Figure 5 : Peek acuity	54
Figure 6 : Singes en semi-liberté accédant à leurs cabanons au centre de primatologie.....	56
Figure 7 : Singe effectuant un test d’acuité visuelle en libre accès.....	56

Figure 8 : Interface test E-Mova.....	58
Figure 9 : Echelle de Snellen avec E de Raskin.....	60
Figure 10 : E de Raskin entouré de barres tels que présentés sur la tablette d'affichage.....	61
Figure 11 : Caractéristiques tablettes Samsung Tab A.....	62
Figure 12 : Logo de l'application « Vision Acuity ».....	63
Figure 13 : Interface de présentation lors du démarrage de l'application.....	64
Figure 14 : Création de la fiche patient.....	64
Figure 15 : Interface du début du test.....	65
Figure 16 : Optotypes présentés sur la tablette d'affichage et la tablette de réponse.....	65
Figure 17 : Smileys accompagnant les réponses.....	66
Figure 18 : Présentation des résultats, Fiche patient.....	66

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Manuel d'utilisation de la tablette

Annexe 2 : Cahier de recueil des données

Annexe 3 : Echelle FLACC

1. Introduction

L'Organisation Mondiale de la Santé a récemment estimé à 19 millions le nombre d'enfant atteint de troubles visuels dans le monde. Les troubles réfractifs constituent la majorité de ces troubles visuels (1). La détection précoce des déficits visuels est primordiale chez l'enfant, car les connexions visuo-cérébrales sont en cours de maturation, avec un risque d'amblyopie définitive pouvant avoir un impact scolaire, social et financier pendant de nombreuses années. Ceci implique la mise en place d'un dépistage efficace par les pouvoirs publics, associé à des outils fiables de détection.

Parallèlement, l'utilisation des smartphones et tablettes s'accroît d'années en années, en 2013 on estimait qu'une personne sur 5 dans le monde possédait un smartphone et 1 personne sur 17 une tablette (2). Ainsi, de nombreuses applications de test d'acuité visuelle ont été développées avec pour objectif final une automatisation des tests réalisés par le patient à domicile. Dans un premier temps, ces applications ciblaient les adultes, d'abord en vision de près afin d'assurer le suivi de patients atteints de pathologies rétiniennes. Le développement d'applications dédiées au dépistage des pathologies pédiatriques s'est installé naturellement, facilité par l'engouement des enfants pour les nouvelles technologies et le besoin d'outils de dépistage de masse. En population pédiatrique, la difficulté réside dans la création d'un test d'acuité visuelle fiable dans la mesure de l'acuité visuelle, sensible dans la détection de l'amblyopie et suffisamment ludique pour être suivi par les enfants. Aucune application ne dispose à ce jour d'une validité suffisante pour être utilisée de manière standardisée.

L'objectif de notre étude est de développer une application sur tablette permettant une mesure fiable de l'acuité visuelle et une détection des troubles visuels dans une population

pédiatrique, puis de valider son utilisation en situation de dépistage de masse.

2. Mise au point, Etude bibliographique

2.1 Les troubles visuels de l'enfant

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 19 millions d'enfants seraient atteints de déficience visuelle dans le monde (1). Parmi ces déficiences, la plupart sont évitables, avec en chef de file les troubles réfractifs, corrigeables par des lunettes, et l'amblyopie, dont une prise en charge précoce peut assurer une réversibilité. En France et dans les pays européens, il n'existe pas de recueils de données épidémiologiques validés concernant les déficits visuels de l'enfant (3). Leurs prévalences sont ainsi difficilement appréciables et les chiffres retrouvés sont des estimations. On évalue ainsi la prévalence de la cécité chez l'enfant de 0,10 à 0,5/1000 en Europe, 0,4/1000 en France, et celle de la malvoyance de 0,48 à 1,09/1000 en Europe (3).

2.1.1 L'Amblyopie

Définition

L'amblyopie est définie comme une meilleure acuité visuelle corrigée inférieure à 6/10^e ou une différence d'acuité visuelle de plus de 2 lignes entre les 2 yeux. Il existe une période critique du développement visuel après laquelle la maturation des connexions visio-cérébrales n'est plus possible. Durant cette période, une privation de la stimulation visuelle

normale ou l'absence d'utilisation d'un œil va conduire à une perturbation définitive des fonctions visuelles. L'objectif du diagnostic précoce de l'amblyopie est donc d'agir avant la fin de cette maturation, quand la récupération visuelle est encore possible avec une prise en charge adaptée, c'est-à-dire classiquement avant l'âge de 6 ans.

Prévalence

Sa prévalence varie selon les pays allant de 0,4% à 5,6% selon les études. Cette variabilité est expliquée par l'absence de définition uniforme pour le recueil de données.

Etudes	Année	Nationalité	Prévalence de l'amblyopie	Etiologie présumée de l'amblyopie
Lim et al. (4)	2004	Corée du Sud	0,4%	Amétropie 48,3% Anisométrie 34,2% Strabisme 12,8% Non classées 4,7%
Pai et al.(5)	2012	Australie	1,9%	Anisométrie 41,2% Strabisme 29,4% Strabisme et Anisométrie associée 29,4%
Robaei et al.(6,7)	2005 et 2006	Australie	1,8%	Strabisme 37,5% Anisométrie 34,4% Strabisme et Anisométrie associée 18,8%
Friedman et al.(8)	2009	USA	1,8% chez les caucasiens 0,8% chez les afro-américains	Anisométrie 31,6% Strabisme 31,6% Strabisme et Anisométrie associée 10,5%
MEPEDS(9)	2008	USA	2,6% chez les hispaniques 1,5% chez les afro-américains	Anisométrie 73,6% Strabisme 18,9% Strabisme et Anisométrie associée 5,7%
Faghihi et al.(10)	2011	Iran	1,9%	Anisométrie 65,9% Strabisme 24,4%

Williams et al.(11)	2008	Royaume-Uni	3,6%	Pas de données
Chang et al.(12)	NC	Chine	2,2%	Anisométrie 24,3% Strabisme 2,6% Erreurs réfractives : 62,6% Organique 10,4%
He et al.(13)	2007	NC	1,05%	Anisométrie 66,6% Strabisme 25% Strabisme et Anisométrie associée 8,3%
Goh et al.(14)	2005	Malaisie	3,53%	Anisométrie 63,3% Strabisme 23,3% Strabisme et Anisométrie associée 10%
Ohlsson et al.(15)	2003	Mexique	2,5%	Anisométrie 56,5% Strabisme 30,4% Strabisme et Anisométrie associée 13,1%
Chia et al.(16)	2010	Singapour	1,2%	Anisométrie 78,3% Strabisme 21,7% Strabisme et Anisométrie associée 0%
Wang et al.(17)	2011	Chine	2,8%	Anisométrie 67,3% Strabisme 5,4% Strabisme et Anisométrie associée 4,4%
Rosman et al.(18)	2005	Singapour	0,35%	Anisométrie 37,1% Strabisme 5,7% Méridional 14,3%
Elflein et al.(19)	2016	Allemagne	5,6%	Anisométrie 50% Strabisme 25%
Aldebasi(20)	2015	Arabie Saoudite	3,9%	Anisométrie 77,72% Strabisme 5,44%
Nowak et al.(21)	2009	Pologne	0,8%	Non précisé
Lan et al.(22)	2012	Chine	1,04%	Anisométrie 37,5% Strabisme 25%

Tableau 1 : Prévalence de l'amblyopie.

Classification

L'amblyopie peut être fonctionnelle, organique ou mixte.

L'amblyopie fonctionnelle est le témoin d'un conflit entre l'information visuelle provenant de l'œil droit et celle provenant de l'œil gauche, entraînant un défaut de synchronisation entre les images des deux yeux. Ce conflit est résolu par l'oubli d'une image de l'œil amblyope. Les principales causes sont dominées par l'anisométrie et le strabisme.

L'amblyopie organique est définie dès lors qu'il existe une pathologie organique sur le système visuel à l'étage de la transmission, de la perception ou de l'intégration neuronale. Cependant, une composante fonctionnelle est presque toujours associée. En chef de file des étiologies sont retrouvées les opacités cornéennes, la cataracte congénitale, le glaucome congénital, le rétinoblastome, les rétinopathies et le ptosis.

A côté de cette classification classique de l'amblyopie, d'autres ont vu le jour, plus basées sur la physiopathologie. C'est le cas de celle de Von Noorden, qu'Audren a expliqué en littérature française, qui permet de mieux comprendre la prise en charge des amblyopies (23,24). Sans rentrer dans les détails, l'amblyopie est divisée en amblyopie monoculaire ou passive, binoculaire ou active, mixte. Parmi les amblyopies monoculaires, sont prises en compte celles par déficit du signal visuel arrivant sur la rétine, caractérisées par une intégrité anatomique de la rétine au cortex visuel (troubles des milieux, ...), et celles par déficit du traitement du signal visuel, caractérisées par une atteinte de la rétine, du nerf optique ou des voies visuelles. Ces 2 mécanismes peuvent également être intriqués. L'amblyopie binoculaire quant à elle, correspond à une différence d'informations entre les 2 yeux arrivant au cortex visuel. On retrouve dans cette partie les anisométries et le strabisme (3).

Facteurs de risque

L'estimation de la prévalence des facteurs amblyogènes est variable en raison de différences dans les seuils utilisés dans les différentes études. Dans ce contexte, l'équipe d'Arnold et. al a effectué une méta-analyse portant sur plus de 10000 enfants âgés de 3 à 5 ans en prenant en compte les critères initiaux de l'AAPOS (25). La prévalence retrouvée des différents facteurs de risque sont visibles dans le tableau 2.

Facteur de risque	Valeur seuil	Prévalence
Strabisme	Présence ou absence	2,0%
Anisométrie	>1,5 D	1,2%
Hypermétropie	≥3,5D	6%
Astigmatisme direct ou indirect	≥1,5D	9%
Astigmatisme oblique	≥1,0D	6%
Myopie	≥3,0D	0,5%
Acuité visuelle	20/40	6%
Ptosis	MRD 1 mm	0,3%
Opacité cristallinienne	>1mm	0,2%
Total	-----	31%

Tableau 2 : Prévalence des facteurs amblyogènes dans l'étude d'Arnold et. al

Au total, un facteur amblyogène est retrouvé chez 21% à 31% des enfants. Mais, seulement un enfant sur 40 (prévalence de 2,5%) présente une amblyopie avec une acuité visuelle inférieure à 20/40. La très forte différence entre la prévalence des facteurs définis comme amblyogènes et les amblyopies réellement constatées a mené à repenser les seuils de définition de la plupart des facteurs de risque classique d'amblyopie, afin de ne pas

considérer à risque et de traiter inutilement un nombre excessif d'enfants.

Les facteurs de risque d'amblyopie, initialement définis par l'AAPOS (*American Association for Pediatric Ophthalmology*) en 2003, ont ainsi été révisés et modifiés en 2013 (26,27).

Les facteurs admis comme facteurs amblyogènes sont :

- Le strabisme manifeste >8D
- L'acuité visuelle < ou = à 20/40
- L'anisométrie > 1,5D
- L'hypermétropie > ou = 3,5D
- L'astigmatisme conforme ou inverse à la règle > ou = 1,5D
- L'astigmatisme oblique > ou = 1,0D
- La myopie > ou = à 3D
- Le ptosis avec MRD < 1mm
- Une opacité cornéenne > 1mm

Plus précisément, les amétropies potentiellement amblyogènes à rechercher selon l'âge sont :

- Pour les enfants de 12 à 30 mois :
 - Anisométrie > 2,5D
 - Hypermétropie > 4,5D
 - Astigmatisme > 2D
 - Myopie > -3,5D
- Pour les enfants de 31 à 48 mois :
 - Anisométrie > 2D
 - Hypermétropie > 4D
 - Astigmatisme > 2D

- Myopie > -3D
- Pour les enfants âgés de plus de 48 mois
- Anisométrie > 1,5D
- Hypermétropie > 3,5D
- Astigmatisme > 1,5D
- Myopie > -1,5D

Traitement

L'amblyopie est accessible à un traitement et réversible à condition de ne pas avoir dépassé la période sensible de plasticité cérébrale de l'enfant. Plusieurs études ont montré que les enfants âgés de moins de 5 ans répondaient mieux au traitement que ceux âgés de 5 à 7 ans, eux-mêmes ayant de meilleures réponses que ceux de plus de 7 ans (17,28)

L'objectif du traitement est l'isoacuité visuelle.

Les pathologies organiques (glaucome, cataracte, rétinopathie...) doivent être prises en charge chirurgicalement sans oublier que la fenêtre thérapeutique reste courte du fait de la période critique du développement visuel.

La prise en charge optimale passe toujours par un examen de la réfraction sous cycloplégiques, qui aboutira à la prescription de la correction optique emmetropisante quelle que soit l'étiologie. L'étape suivante consiste en une occlusion totale et permanente de l'œil sain dont la durée quotidienne dépendra de l'âge de l'enfant. Le principal échec de la prise en charge est le non-respect des consignes d'occlusion, qui sont parfois très difficiles à intégrer par les parents d'où la nécessité d'une information claire sur son importance et ses bénéfices.

Par la suite, une fois l'iso acuité obtenue, un traitement d'entretien est nécessaire, réalisé d'abord par diminution de l'occlusion, puis par pénalisation du meilleur œil à l'aide d'une addition (sur correction), d'atropine ou de filtre Ryser. Il est admis que le traitement doit durer au minimum 5 ans, et jusqu'à 10 ans pour certaines pathologies organiques (cataracte congénitale, ...).

2.1.2 Les principales amétropies

Les erreurs de réfraction non corrigées sont la cause la plus fréquente de déficience visuelle de l'enfant (29).

Dans le rapport de la SFO de pédiatrie 2017, il est souligné qu'une simple correction des défauts de réfraction permettrait d'offrir une vision normale à plus de 12 millions d'enfants à travers le monde qui pourraient ainsi suivre une scolarité normale, seuls 1,4 millions d'enfants restant définitivement aveugles (3).

Les amétropies constituent le premier facteur de risque d'amblyopie avec une prévalence de 23% dans l'étude de l'AAPOS de 2013 décrite précédemment (25). Dans cette étude, les prévalences de l'hypermétropie ($\geq 3,5D$), de l'astigmatisme (oblique, direct ou indirect $\geq 1,5D$), de la myopie ($\geq -3D$) et de l'anisométrie ($\geq 1,5D$) étaient respectivement de 6%, 15%, 0,5% et 2% (cf *tableau 2*). La prévalence de la myopie chez l'enfant est proportionnelle à l'âge alors que celle de l'hypermétropie diminue avec l'âge. Ceci a été montré par une méta-analyse chinoise de 2016, incluant 8267 enfants, qui retrouvait une prévalence de la myopie (équivalent sphérique $< -0,5D$) de 1,78% à 3 ans contre 52,2% à 10 ans, alors que celle de l'hypermétropie ($ES \geq 2 D$) était de 17,8% à 3 ans contre 2,6% à 10 ans (30).

La myopie est le trouble réfractif le plus fréquent dans le monde. La prévalence varie selon la région et l'ethnie considérée et a considérablement augmenté ces dernières années. Elle est d'environ 25 à 40 % dans les pays occidentaux, notamment en France, on estimait en 2015 à 39% sa prévalence (3). Ces chiffres augmentent dramatiquement dans les pays asiatiques, atteignant à Singapour et à Taïwan plus de 80 % dans certaines populations de jeunes enfants scolarisés (31). Les mécanismes mis en jeu dans cette augmentation sont complexes et feraient intervenir à la fois des facteurs comportementaux et environnementaux tels que la fréquence des activités en vision de près (lecture, tablettes...), et le temps d'exposition à la lumière naturelle. Ainsi, la volonté de stopper l'évolution de cette épidémie mondiale implique de nouvelles mesures en cours de développement dont l'augmentation du temps passé à l'extérieur, l'instillation d'atropine faiblement dosée, les dispositifs multifocaux ou encore l'orthokératologie (32).

La myopie est cependant moins amblyogène que les autres amétropies en raison notamment de l'utilisation préférentielle de la vision de près chez l'enfant. Les amétropies les plus pourvoyeuses d'amblyopies sont l'astigmatisme et l'anisométrie suivis de l'hypermétropie.

2.1.3 Le strabisme (33)

Nous nous attacherons surtout, dans cette sous partie, à décrire brièvement les relations entre le strabisme, les amétropies et l'amblyopie, l'existence d'un strabisme constituant à lui seul un risque amblyopique d'environ 50%.

L'amblyopie strabique s'explique principalement par la suppression d'une image afin d'éviter la diplopie induite par le non alignement des deux axes visuels, c'est le phénomène de neutralisation. Cette amblyopie s'installe lorsqu'il n'existe pas d'alternance, c'est-à-dire

lorsque la suppression affecte toujours l'image provenant du même œil. Si, en monoculaire, le sujet retrouve une fonction normale avec la fonctionnalité de la fovéa de l'œil dévié, on parle de phénomène de commutation sur laquelle repose la prise en charge de l'amblyopie. Ainsi, il est important de raisonner en termes d'alternance pour mieux comprendre les types de strabismes pourvoyeurs d'amblyopie, avec un risque constant en l'absence de prise de fixation d'un œil. Également, l'existence d'une correspondance rétinienne normale ou anormale (CRA) doit être recherchée. La CRA correspond à un mécanisme adaptatif de l'œil dévié (tout comme le phénomène de suppression) qui va mettre en place une fixation excentrique, la position droite devant ne correspondant plus à la position primaire. Les phénomènes de neutralisation et de CRA ne sont possibles que dans la période de plasticité corticale de l'enfant et au-delà de l'atteinte de la vision binoculaire, sont responsables d'amblyopie.

Certains types de strabisme sont donc plus à risque dans le développement d'une amblyopie. De manière simplifiée, on distingue d'une part les strabismes concomitants, d'autres part les strabismes incomitants (paralysies oculomotrice, syndromes myogènes ou neurogènes ...). Parmi les strabismes concomitants, dont la classification est décrite dans le **Tableau 3**, la constance du strabisme et son âge d'apparition sont les éléments déterminants pour le risque d'amblyopie. Les ésootropies précoces, les exo- ou ésootropies constantes, ainsi que les microstrabismes sont particulièrement à risque, nécessitant en général un traitement par occlusion.

		« Congenital strabismus »	« Acquired strabismus* »	
		Strabismes précoces		Strabismes tardifs
		Éso/exotropie précoce	Éso/exotropie précoce différée	Éso/exotropie tardive
Âge de début		0 à 6-8 mois	6-8 mois à 2 ½-3 ans	Après 2 ½-3 ans
Binocularité	Anormale (CRA)	Éso/exotropie constante Microstrabisme décompensé	Parfois : Ésotropie accommodative	Microstrabisme décompensé tardivement Ésotropie accommodative sur microstrabisme Strabismes secondaires
	Normale (CRN)	Éso/exotropie intermittente	Parfois : Ésotropie accommodative	Éso/exotropie intermittente ou constante Ésotropie accommodative Éso/exophorie (latente) normosensorielle

Tableau 3 : Classification des strabismes concomitants selon Roth. D'après C. Speeg-Schatz, Rapport SFO Strabologie 2013.

D'autre part, il existe une corrélation entre le degré d'hypermétropie et le risque de développement d'un strabisme (cf **tableau 4**), ce qui implique le port de la correction optique totale devant tout strabisme.

	Hypermétropie				
	< + 3,75 δ	> + 3,50 δ	+ 3,50 δ à + 5,00 δ	+ 5,25 δ à + 6,50 δ	> + 6,50 δ
Ingram ^[25]	T = 2,0 %	T = 45,0 %	-	-	-
Atkinson ^[3]	T = 1,6 %	T = 21,0 %	-	-	-
Clergeau ^[13]	T = 2,2 %	T = 12,7 %	T = 6,6 %	T = 25,4 %	T = 44,8 %
Ingram ^[25]	A = ?	A = 48,0 %	-	-	-
Atkinson ^[3]	A = 11,0 %	A = 68,0 %	-	-	-
Clergeau ^[13]	A = 2,6 %	A = 18,2 %	A = 13,8 %	A = 30,2 %	A = 36,2 %

Tableau 4 : Risque amblyopique et strabique selon le degré d'hypermétropie. D'après le rapport de la SFO Strabologie 2013.

Concernant le dépistage du strabisme, il va de soi que les angles larges sont souvent

constatés par les parents qui se rendent alors de façon spontanée chez l'ophtalmologiste. La difficulté réside dans la détection des petits angles, ou microtropie (angle < 8 D), qui amènent de façon très fréquente à un trouble de la vision binoculaire. La détection de ces petits angles n'est pas efficace avec les méthodes photographiques, elle nécessite du personnel qualifié et des tests adaptés tels que le biprisme de Gracis ou le test à l'écran alterné. Il faut également noter que les tests stéréoscopiques diffèrent largement dans leur sensibilité et un grand nombre de faux positifs existent.

2.1.4 Les pathologies visuelles organiques de l'enfant

Elles représentent une part minime des étiologies des amblyopies, mais peuvent avoir des conséquences redoutables et mener à la cécité en l'absence de diagnostic précoce.

Dans les pays à hauts revenus, ce sont les causes héréditaires ou périnatales qui sont principalement responsables de cécité alors que les opacités cornéennes prédominent dans les pays à faibles revenus (3).

Si leurs fréquences diffèrent selon le degré de développement du pays, certaines causes prioritaires sont communes telles que la cataracte, le glaucome, la rétinopathie du prématuré et les dystrophies rétiniennes héréditaires. Leurs diagnostics passent par un examen ophtalmologique approfondi. Cependant, avant la prise en charge par l'ophtalmologiste, le pédiatre, le médecin traitant ou même les parents, jouent un rôle majeur dans leurs détections avec notamment la constatation d'une leucocorie sur les photographies, d'un aspect blanchâtre de l'œil visible à l'œil nu ou encore d'un strabisme.

2.2 Etat actuel du dépistage

2.2.1 Intérêt du dépistage visuel

Le bénéfice du dépistage visuel sur la prévention de l'amblyopie reste discuté.

Malgré les résultats positifs de plusieurs études concernant certains programmes de dépistage, aucune ne constituait un haut niveau de preuve de l'efficacité d'un tel dépistage sur la réduction du risque d'amblyopie (34–36). Le défaut majeur relevé par les différentes revues de la littérature était la faiblesse de la méthodologie, ne permettant pas de conclusion quant à l'intérêt économique ou de santé publique de dépistages visuels précoces (37–39).

Seuls 2 articles s'intéressant à cette question médico-économique et ayant une méthodologie correcte sont disponibles dans la littérature. Le premier, comparant un dépistage intensif par une orthoptiste avec 6 dépistages avant l'âge de 37 mois par rapport à un examen unique à l'âge de 37 mois, montrait une prévalence de l'amblyopie à 7,5 ans moins importante dans le groupe intensif, mais seulement pour une seule parmi les 2 définitions de l'amblyopie (35). La seconde étude, réalisée par les mêmes auteurs, n'avait cependant pas permis de mettre en évidence de différence statistiquement significative sur le taux d'amblyopie à 7,5 ans entre un dépistage par une orthoptiste à l'âge de 3 ans et l'absence de dépistage avant 4-5 ans (40).

Les résultats d'une large revue de la littérature publiée en 2017 vont également dans ce sens (41).

Par ailleurs, peu d'études ont évalué les conséquences des diagnostics positifs erronés suite au dépistage visuel. Pourtant il est nécessaire de noter la présence de taux non

négligeables de faux positifs dans la plupart de ces dépistages (19,5% dans l'étude de Donahue et. *al*), particulièrement dans les populations avec de faibles prévalences de troubles visuels (42). Or, ces diagnostics par excès mènent à des traitements inutiles de correction optique ou de prise en charge d'amblyopie par occlusion, potentiellement pesant pour l'enfant. En effet, les conséquences psychologiques, sur l'estime de soi et sur la vie en société sont bien établies (43–45).

Outres les critères d'efficacité, il apparaît un intérêt certain du dépistage dans la réduction des inégalités liées à l'accès aux soins. Il a effectivement été montré que les familles ayant un faible niveau socio-économique sont plus à risque d'avoir des enfants atteints de troubles visuels et que la probabilité de consulter un spécialiste est plus faible (46).

Il est difficile de définir de façon précise le rapport coût efficacité en raison de l'absence d'étude prospective sur le long terme. Dans la revue de littérature de Carlton et. *al* de 2008, évaluant la situation économique et l'efficacité de dépistage chez les enfants de 4 à 5 ans, les auteurs ont montré que le rapport coût-efficacité du dépistage de l'amblyopie dépend surtout des effets à long terme de la perte de vision unilatérale. Ces mêmes auteurs ont considéré, de façon subjective et prudente, que ces effets sont limités en l'absence de prise en compte des effets de l'intimidation (47). Plus récemment, Solebo et. *al* ont souligné que le rapport coût-efficacité d'un dépistage chez les enfants de 3 à 5 ans, estimé en QALY (quality-adjusted life-year), est trop élevé pour considérer cette ressource comme suffisamment rentable selon les recommandations anglaises (48).

Enfin, dans une étude de 2018 parue dans l'*American Journal of Ophthalmology* les auteurs réaffirment l'intérêt et l'importance d'un dépistage en âge préscolaire du fait du développement d'outils permettant une mesure de la réfraction valide sans médicament cycloplégique. Ces résultats sont en accord avec les recommandations actuelles de l'US

Preventive Service Task Force (USPFTF), l'American Academy Of Ophthalmology (AAO) et l'American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus (AAPOS).

Ainsi, même si la précision, l'efficacité, la fiabilité et la rentabilité des dépistages des troubles visuels de l'enfant mériteraient d'autres évaluations à l'aide d'études comparatives randomisées, il est globalement admis l'intérêt de telles stratégies de dépistage (48,49).

2.2.2 Le dépistage En France

En France, il n'existe pas de consensus national concernant le dépistage visuel de l'enfant malgré les recommandations de l'HAS 2004 (50). Ce dépistage est mis en place principalement en milieux scolaires et par la PMI (Protection maternelle et Infantile) et repose, la plupart du temps, sur des examens paramédicaux réalisés par des orthoptistes ou infirmières scolaires, et médicaux (médecins généralistes, médecins scolaires, pédiatres) qui s'intègrent alors dans une analyse plus générale de l'état de santé de l'enfant (audition, croissance, dentition,...) (3). Des initiatives individuelles de test d'acuité visuelle, prises par certains praticiens, existent également. Malgré ces projets, le dépistage en France pêche par son imperfection du fait de l'absence de pratiques consensuelles. Il comprend, en milieux scolaire, une mesure systématique de l'acuité visuelle de loin en monoculaire et binoculaire avec un test utilisé différent selon les endroits (Pigassou, Monoyer, E de Raskin..). Le reste des examens réalisés est variable et peut inclure un test d'hypermétropie avec des verres de +2D en cas de test d'AV de loin normale, un test d'Ishihara 2 pour la vision des couleurs, un test de la vision stéréoscopique, un cover test, une mesure précaire

de la réfraction sans cycloplégique (**Tableau 5**). On note l'absence de l'ophtalmologiste dans la stratégie de dépistage.

Age du dépistage visuel	Acteurs	Éléments d'examen recueillis
De 0 à 3 ans	Médecin traitant Pédiatres Orthoptistes de la PMI	Antécédents Comportement visuel Poursuite oculaire Attitude vicieuse de la tête Reflets pupillaires Réflexe photomoteur Examen oculaire non spécialisé Réaction à l'occlusion Strabisme Nystagmus
De 4 à 5 ans <i>En maternelle</i>	Médecin traitant Pédiatres Orthoptistes et infirmières- puéricultrices de la PMI	Acuité visuelle au test de Pigassou +- examen orthoptique +- cover test
De 5 à 6 ans <i>Au CP</i>	Médecin traitant Médecine scolaire : médecin et infirmières	Acuité visuelle de loin avec une échelle de Monoyer ou es E de Raskin ou de Snelle, Dépistage de l'hypermétropie (verre +2D) +- Vision binoculaire au stéréotest de Lang +- Vision des couleurs sur les planches d'Ischihara +- mesure de la réfraction
A l'âge de 12 ans <i>En classe de 6^e</i>	Médecin traitant Médecine scolaire : médecin et infirmières	Acuité visuelle de loin avec une échelle de Monoyer ou es E de Raskin ou de Snelle, Dépistage de l'hypermétropie (verre +2D) +- Vision binoculaire au stéréotest de Lang +- Vision des couleurs sur les planches d'Ischihara

Tableau 5. Organisation du dépistage visuel en France

De même, le carnet de santé oriente et guide les examens de recherche de troubles visuels avec la préconisation d'un examen oculaire dès la naissance, au 2^{ème}, 4^{ème}, 9^{ème} et 24^{ème} mois de vie, et au cours des 3^e, 4^e, 6^e et 8^e années. Seuls les examens au cours de la première semaine de vie et celui de la 6^e année sont obligatoires.

Que ce soit en milieu scolaire ou médical, le bilan ophtalmologique est incomplet et ne comprend ni autoréfractométrie sous cycloplégique, ni fond d'œil, qui sont considérés comme la référence dans le diagnostic des troubles visuels de l'enfant. Toute la difficulté réside dans la capacité des différents interlocuteurs à adresser les enfants à l'ophtalmologiste en présence de signes d'appels détectés par les différents tests. Or, au vu de l'organisation actuel du dépistage, aucun ne semble optimal ou suffisant. Particulièrement l'absence de mesure de réfraction efficace sans cycloplégique paraît être une voie à explorer.

Les pays anglo-saxons et les Etats-Unis, quant à eux, utilisent la technique du « photoscreening » en pratique courante comme outil de mesure de réfraction non cycloplégique, technique qui a montré son efficacité dans le dépistage de masse chez les enfants âgés de 3 à 4 ans.

Le dépistage en France comporte donc un certain nombre de limites, principalement du fait de l'absence d'uniformisation des pratiques avec une répartition inhomogène des outils et de l'argent mis à disposition sur le territoire français. Si le coût financier d'une politique de dépistage est important, l'impact financier que représente la prise en charge d'un enfant en situation de handicap visuel, et qui le sera toute sa vie, l'est peut-être bien plus.

2.2.3 A l'échelle mondiale

Les pratiques et stratégies de dépistages des anomalies visuelles diffèrent grandement selon les pays. La variabilité des recommandations à l'échelle mondiale est le reflet du manque d'études précises concernant le devenir des enfants amblyopes et sur le coût que de tels dépistages engendrent (48). Le **Tableau 4**, tiré de l'étude de de Solebo et. *al*, permet d'avoir un aperçu des différentes pratiques dans le monde (48).

Alors que dans certains pays le dépistage visuel est obligatoire et fait l'objet d'un timing précis de prise en charge, comme les Pays d'Europe du Nord, le Canada ou encore Singapour, d'autres, dont font partie la France et les Etats-Unis, ne bénéficient pas de programme national officiel de dépistage visuel, malgré des initiatives locales mises en place (48,51).

Les sociétés savantes américaines, l'AAO, l'AAPOS et l'USPFTF, approuvent toutes l'utilité du dépistage visuel, malgré l'absence de bénéfice formel montré dans la littérature.

Programme de dépistage	
Europe	
England, Scotland, and Wales	Whole-population screening with orthoptist-led visual acuity testing in children aged 4–5 years
Northern Ireland	Whole-population screening with acuity testing done by school nurse in children aged 4–5 years
Ireland	Whole-population screening with orthoptist-led visual acuity testing in children aged 4–5 years
France	None
Germany	Whole-population screening programme with orthoptist-led visual acuity and visual alignment testing in children aged 3 years
Sweden	Whole-population screening programme with orthoptist-led serial testing of visual acuity in children aged 3–6 years
Netherlands	Whole-population screening programme with orthoptist-led serial testing of visual acuity in children aged 3–6 years
USA	None, although a policy review has been done heterogeneous community, state-based, and cross-state screening of acuity and amblyogenic features (refractive error and strabismus) exist (some established by optometry industry)
Canada	Whole-population screening led by public health nurses with at least one assessment of visual acuity with age-appropriate tools in children aged 3–5 years
Israel	Whole-population screening with nurse-led assessment of acuity in children aged 3 years and ophthalmologist-led or optometrist-led assessments in children aged 5–6 years
Singapore	School-based screening led by doctors and nurses with assessment of visual acuity and refractive state in children aged 4–5 years and serial refractive testing in children aged 5–8 years
Australia	None ; heterogeneous state-based programmes exist
China	None ; heterogeneous state-based programmes exist
India	None ; heterogeneous state-based programmes exist

Tableau 4 : Exemple de programmes nationaux de dépistage visuel chez l'enfant. D'après Solebo et. al 2015 (48).

2.2.4 Les outils actuels du dépistage

Que ce soit en situation de dépistage ou au cabinet, les enfants d'âge préscolaire devraient idéalement bénéficier d'une mesure de la réfraction. L'utilisation de réfractomètres portables, est faite en première intention chez les enfants en bas âge. La fiabilité des mesures reste moyenne avec les réfractomètres portables, même si la détection d'amblyopie est satisfaisante. L'écueil principal est lié à l'accommodation importante des enfants, rendant difficile l'interprétation des résultats dans un contexte de dépistage d'amétropie. (49). L'instillation de collyres cycloplégants chez tous les enfants dans un contexte de dépistage de masse n'est à ce jour pas recommandée. Un autre défaut de ces appareils, est qu'ils ne permettent pas de détection des strabismes car chaque œil est testé individuellement (49).

Ces vingt dernières années ont vu se développer une multitude d'outils de dépistage de plus en plus efficace car conjuguant, dans un même appareil, un ensemble de mesures. C'est le cas des « photoscreener », très utilisés aux Etats-Unis (49). Cet appareil permet de réaliser une photographie des yeux, grâce à un appareil photo et un flash intégrés, et mesure la réfraction. Ainsi, à la fois les erreurs réfractives et les facteurs de risque d'amblyopie (pathologies organiques altérant le reflet pupillaire ou strabisme) peuvent être identifiés. Il existe différents modèles dont les performances diagnostiques se valent comme l'ont montré Arnold et. al dans une étude évaluant les caractéristiques intrinsèques (sensibilité (Se) et spécificités (Sp)) et extrinsèques (valeurs prédictives positives (VPP)) de 4 modèles récents (52). Ces performances sont relativement bonnes, variant de 81% (iScreen) à 92% (Center Crescent Method) pour la sensibilité, de 85% (Spot) à 91% (GoCheck Kids) pour la

spécificité, et de 87% (PlusoptixSO9) à 92% (GoCheck Kids) pour la valeur prédictive positive (49,52).

Le problème de ces outils reste la question de la valeur seuil à partir de laquelle les enfants doivent être référés à un ophtalmologiste (49).



Figure 1 : Exemple de photoscreener GoCheck Kids

2.2.5 Les nouveaux appareils de dépistage

Une nouvelle technique a été développée récemment, le *Blinx pediatric vision scanner*. Elle utilise une technologie de balayage de polarisation rétinienne afin de mesurer la fixation bilatérale de la fovéa dans l'objectif de détecter une absence de fixation fovéale présageant d'une amblyopie ou d'une microtropie plutôt que la détection d'une erreur réfractive (49).

Le principal désavantage de cet appareil, et la principale différence avec les méthodes de détection des erreurs réfractives, est qu'il détecte l'amblyopie quand elle est déjà présente.

2.2.6 Le dépistage à domicile

Quelques études se sont attachées à évaluer des méthodes de dépistage « à la maison ».

L'idée est séduisante, particulièrement dans le cadre de dépistage de masse à grande échelle en permettant de réduire le coup organisationnel.

- **Etude de Lan et al (53)**

L'objectif de cette étude réalisée en Chine et ciblant les enfants de 3 à 6 ans, était d'évaluer une méthode de dépistage à domicile par les parents. Pour cela, un kit de dépistage était donné aux parents dans les crèches. Il comprenait une lettre explicative sur l'amblyopie, sa détection, sa prise en charge, un cahier avec des E de tailles différentes, un questionnaire sur les facteurs de risque d'amblyopie, un cache œil et un mètre pour mesurer la distance définie à 1,5m. Cette méthode était comparée à une évaluation professionnelle comprenant un examen clinique ophtalmologique et orthoptique, une évaluation de l'AV et un examen de la réfraction sous cycloplégiques. Les résultats ont montré une très bonne utilité du test pour le dépistage de l'amblyopie avec une sensibilité et une spécificité respective de 80 et 94% ce qui en fait une méthode de dépistage de masse à moindre coût intéressante et indépendante des professionnels de santé.

2.3 Les récentes méthodes de dépistage numérique dans le monde

L'introduction des méthodes de dépistage « à la maison » des troubles visuels ces dernières années rentre dans un projet d'amélioration de l'accès, d'élargissement, de facilité de mise

en place du dépistage. L'*American Academy of Pediatrics* a justement publié une déclaration soutenant les efforts déployés pour le dépistage des facteurs de risque d'amblyopie à la maison.

Ceci est possible grâce à l'utilisation croissante des smartphones et tablettes dans les ménages.

Ainsi une multitude d'applications ont vu le jour, permettant de tester l'acuité visuelle, la vision des couleurs, la vision des contrastes, rendant ainsi accessible à toutes personnes détentrices de ces appareils, la possibilité de se tester à tout moment. La possibilité d'atteindre les enfants se dessine alors, quand on sait l'attrait qu'ils présentent pour ces objets électroniques.

Malgré le développement de ces applications de mesure d'acuité visuelle, il existe un manque d'études de puissances suffisantes pour les valider dans la pratique courante. C'est ce que montre notamment une étude parue en 2015, « *The Eye Phone Study* », qui a évalué la fiabilité de 11 applications sur smartphone utilisant une échelle de Snellen. Aucune de ces applications ne permettait d'obtenir une mesure précise, par rapport aux tests de références (54).

Nous détaillerons certaines de ces applications, paraissant les plus pertinentes avec des niveaux de preuves suffisants, en distinguant celles destinées à la population adulte (les premières créées) de celles plus récentes destinées à la population pédiatrique.

2.3.1 Les applications de test d'acuité visuelle chez l'adulte

On constate que la plupart des applications sont destinées à l'évaluation de la vision de près.

- **EyeHandBook 2015 : test AV en vision de près (55)**

Cette application, disponible sur smartphone, est destinée à l'évaluation de l'acuité visuelle de près. Elle a été comparée aux cartes de Rosenbaum chez 100 sujets. Les résultats ont montré une surestimation de l'AV avec l'application qui était expliquée par des degrés de contraste et de luminosité plus élevés. De plus, il n'existait pas de randomisation dans la présentation des lettres ce qui pouvait entraîner un biais de mémorisation d'un œil à l'autre.

- **MAVERIC 2016: test AV en vision de près (56)**

L'application MAVERIC (Mobile Assesment of Vision by intERactive Computer), développée sur tablette, permet aux patients de tester eux-mêmes leur vision de près selon différents degrés de contraste. Elle utilise les C de Landolt comme optotype et a été comparée à une échelle EDTRS. L'étude se passait dans une chambre test avec un repose tête permettant de contrôler la distance tablette-yeux. Les résultats étaient globalement bons avec une différence d'acuité visuelle cliniquement non pertinente avec le test de référence (0,03 logMAr), et une bonne testabilité.

- **Sight book 2016: test d'AV en vision de près (57)**

Cette application, créée par des scientifiques de l'université de Stanford, comprend un test d'acuité visuelle de près, un test de vision des couleurs et des contrastes ainsi qu'une grille d'Amsler. Elle permet aux patients une auto surveillance, néanmoins, les acuités retrouvées varient considérablement de celles mesurées avec les cartes de Rosenbaum et l'échelle de Snellen.

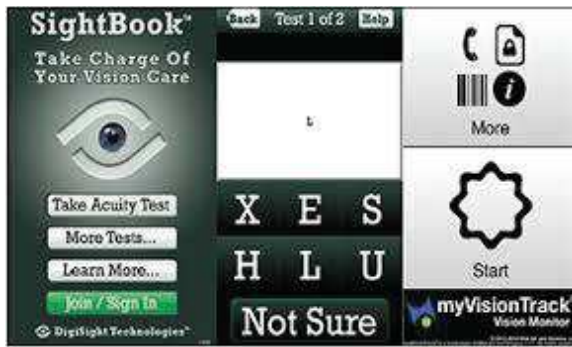


Figure 2 : Interface Application Sightbook

- Paxos checkup 2016: test d'acuité visuelle en vision de près (58)

Dans cette étude, l'acuité visuelle de près avec l'application Paxos checkup mesurée aux urgences était comparée à l'échelle de Rosenbaum mesurée par un ophtalmologiste. Dans un premier temps, une évaluation de l'AV de loin par un urgentiste était confrontée à une évaluation de l'AV de près faite par un ophtalmologiste. La différence d'acuité visuelle retrouvée était de $0,21 \pm 0,4$ logMAR. Avec l'utilisation de l'application, la différence retrouvée était de $0,06 \pm 0,4$ logMAR. L'utilisation de cette application a permis une diminution statistiquement significative de la différence d'AV mesurée entre le personnel des urgences et l'ophtalmologue. Cependant, la comparaison de l'acuité visuelle de loin et de près dans la première phase du test paraît difficilement extrapolable.



Image Checkup interface. A sample screen from th

Figure 3: Interface de l'application Paxos Checkup

- Eye Chart Pro 2013 : test en vision de loin (59)

Cette application, développée sur Ipad, a été comparée à la méthode conventionnelle sur écran lumineux. Cent-vingt patients ont été recrutés et ont bénéficié des deux tests d'AV. Les résultats ont montré une surestimation statistiquement significative de l'AV avec l'application pour les acuités inférieures à 20/200 (1/10^e), avec toutefois une fiabilité pour les acuités visuelles supérieures.

- Peek Acuity 2015 : test vision de loin (60)

L'étude a été menée sur une cohorte de 300 adultes au Kenya avec pour objectif la comparaison du test sur l'application (développée sur Android sur des Samsung Galaxy S3) comprenant des E de Raskin, avec une échelle de Snellen et une échelle EDTRS (logMAR). Le test était réalisé en vision de loin, le mobile tenu par l'examineur et présenté à une distance de 2m, le patient pointant avec la main dans la direction du E, l'examineur notifiant le résultat sur l'écran. L'étude était réalisée en 2 phases : un premier examen, réalisé à domicile par un membre de la communauté, comprenait une mesure de l'AV avec le Peek Acuity test et l'échelle de Snellen, un deuxième examen était réalisé en clinique avec le même personnel réalisant le Peek Acuity, l'échelle de Snellen et un test EDTRS réalisé par un ophtalmologiste.

L'objectif était de promouvoir le dépistage dans un pays en voie de développement grâce à un test mobile indépendant des connaissances linguistiques du patient. Un des avantages est qu'il permet de tester les visions basses telles que « compte les doigts », « voit bouger la main » ou « perception lumineuse ». La sensibilité du Peek Acuity était de 85% pour une

spécificité de 98% avec un faible taux de faux positifs référés à l'ophtalmologue. La différence d'acuité visuelle entre les différents tests était raisonnable avec au maximum 1 ligne d'écart et une excellente corrélation entre les tests. L'inconvénient de ce test est qu'il ne permet pas d'autoévaluation.

2.3.2 Les applications de test d'acuité visuelle chez l'enfant

Un certain nombre d'applications destinées à la mesure de l'acuité visuelle chez l'enfant existent, rentrant ou non dans le cadre d'une stratégie plus globale de dépistage. Parmi ces tests sur smartphone ou tablettes, peu sont validés en raison de cohortes trop peu importantes, d'erreur de méthodologie ou de différences de mesures excessives avec les tests de référence.

- **SVAT (Simplified Visual Acuity Test) 2014 : test d'AV à 1m (61)**

Cette application de test d'AV a été développée sur *Ipad* et comparée aux résultats obtenus avec le protocole HOTV établis par l'*Amblyopia treatment study* ou l'ETDRS. Soixante-six patients âgés de 3 à 18 ans ont été testés. Il n'existait pas de différence cliniquement pertinente entre les VA des 2 yeux (0,115 logMAR pour l'œil droit, 0,066 logMAR pour l'œil gauche) mais aucune étude de corrélation ou de concordance n'a été réalisée.

- **EVA (Electronic Visual Acuity tester) test en vision de loin (62,63)**

Le test EVA (*Electronic Visual Acuity tester*) est utilisé sur tablette et présente des optotypes isolés du groupe HOTV selon les recommandations de l'« *Amblyopia Treatment Study* ». Dans cette étude, il a été évalué chez des enfants âgés de 3 à 7 ans et administré soit par un

professionnel de santé soit par les parents puis comparé à l'AV mesurée par un professionnel de santé. La fiabilité de l'AV mesurée par les parents était relativement bonne (93% OD, 85% OG). D'autre part l'utilisation de ce test avant la consultation en salle d'attente a permis de réduire le nombre d'optotypes nécessaire à la détermination de l'AV lors de la consultation ((7,5 vs 21,7 OD ; 7,1 vs 22,4 OG). La disponibilité de ce type de test en salle d'attente pourrait permettre d'améliorer l'efficacité des mesures d'AV chez les jeunes enfants.

- **MAVERIC 2016 : test en vision de près (64)**

L'application MAVERIC a été développée sur tablette et utilise les C de Landolt comme optotypes. Elle permet de tester l'acuité visuelle de près et a été évaluée sur des enfants de 4 à 16 ans en comparaison avec l'ETDRS. L'acceptabilité était très bonne avec un taux de succès de 95% et une différence moyenne de 0,09 logMAR d'acuité visuelle entre les 2 tests. Cependant, on peut se demander si l'âge maximal supérieur choisis (16 ans) était pertinent dans le test d'une population pédiatrique. Effectivement, à l'adolescence, les capacités visuelles sont similaires à celles des adultes, l'extrapolation de ces résultats sur une population de moins de 10 ans est à réaliser avec prudence.

- **Videogame 2013 : Test vision de loin (65)**

Un test automatisé d'acuité visuelle et de vision stéréoscopique basé sur un design de jeux vidéo a été développé pour cette étude. Les optotypes, présentés de manière isolés à 3m par du personnel non médical, étaient soit des chiffres, soit les C de Landolt. Les enfants, âgés de 3 à 7 ans, devaient reconnaître le symbole par appariement. Ce test était comparé à

la mesure de l'acuité visuelle par du personnel médical à l'aide de l'échelle de Snellen. Ils ont trouvé qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre l'AV mesurée dans les 2 tests.

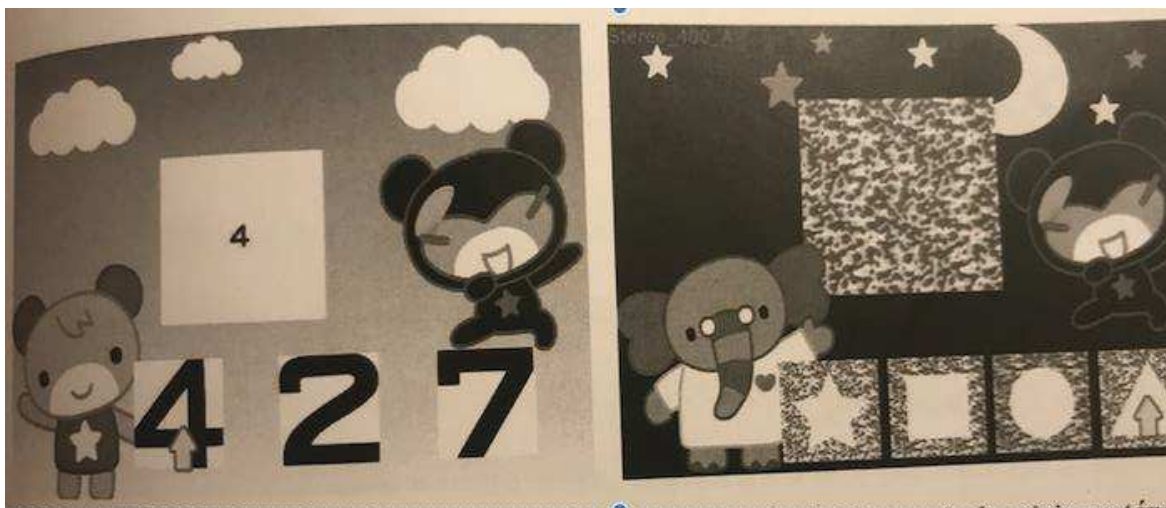


Figure 4 : Interface du test automatisé de la vision stéréoscopique videogame

- **The Handy Eye Check [\[66\]](#) : test vision de loin**

Cette étude a évalué la validité d'une application de test d'acuité visuelle « the Handy Eye Check » par rapport à l'AV mesurée avec le « Handy Eye Chart ». L'application consiste à présenter des optotypes isolés selon le protocole de l'ATS (Amblyopia treatment Study). Soixante patients âgés de 6 à 18 ans ont bénéficié des 2 tests. Ils ont obtenu de très bons résultats avec une validité et une fiabilité importante (coefficient de corrélation 0,92, erreur standard de mesure à 0,08).

- Peek Acuity 2018 : Test en vision de loin

Comme nous l'avons vu précédemment, cette application gratuite avait montré sa fiabilité dans la mesure de l'acuité visuelle dans une population rurale d'adulte au Kenya.

Deux études ont été faites par la suite sur l'utilisation du *Peek Acuity* test en matière de dépistage en population pédiatrique avec des résultats discordants quant à son utilité.

La première, réalisée au Paraguay, incluait une cohorte de plus de 300 enfants âgés de 6 à 16 ans qui bénéficiaient d'une évaluation de l'AV à l'aide de 3 tests à l'école. Le *Peek Acuity* était comparé à un test d'AV avec une seule ligne de « E » équivalent à 20/40 et aux résultats d'un *Spot Vision Screener*. En cas d'échec à l'un des 3 tests (AV<20/40 ou erreurs réfractives détectées avec le *Spot Vision Screener*), un examen ophtalmologique avec une mesure d'AV à l'aide d'une échelle de Snellen, une réfraction sous cycloplégique, un bilan orthoptique et un fond d'œil étaient réalisés. Les résultats obtenus mettaient en évidence une faible sensibilité à 48% pour une spécificité de 83%, une valeur prédictive positive de 43% et une valeur prédictive négative de 86%. Les auteurs concluaient que cette sensibilité faible n'autorisait pas l'utilisation de ce test dans les programmes de dépistage scolaire car les ressources investies seraient inutiles si le test ne permettait pas de dépister correctement un enfant avec des troubles visuels (67).

Parallèlement à cette étude, une autre équipe a évalué l'efficacité d'une méthode de dépistage sur smartphone, « *Peek school eye health* », comprenant un *Peek Acuity test*, des cartes de simulation de la vue de l'enfant ainsi qu'un système d'instruction par sms en cas de mauvaise vision, par rapport à la méthode usuelle comprenant des cartes avec des « E » de Snellen et un courrier en cas de nécessité de consulter. Cinquante écoles ont participé à l'étude, plus de 20000 enfants âgés de 1 à 8 ans ont été recrutés. Des

professeurs testaient la vision de l'enfant, si l'AV était inférieure à 6/12, l'enfant était amené à consulter un spécialiste. Le critère de jugement principal était la proportion de patients référés se rendant bien à l'hôpital dans les 8 semaines. Les sensibilités étaient respectivement de 77% et 75% et la spécificité de 91 vs 97,4% pour le *Peek school eyes* system et pour le système de référence. Les résultats, parus dans *The Lancet*, ont montré une proportion de patient plus importante se rendant à l'hôpital avec le système *Peek school eye health* comparée à l'approche habituelle, montrant que ce type de méthode permettrait d'augmenter l'adhésion au dépistage (68).

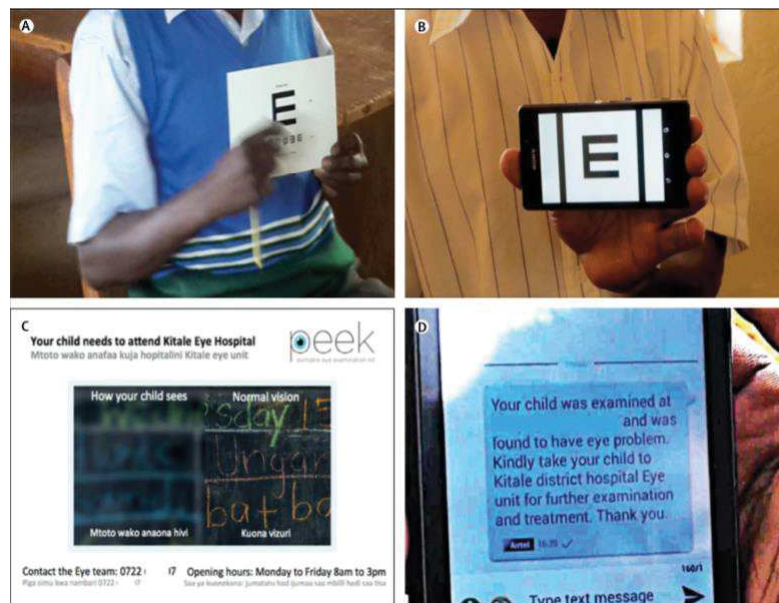


Figure 5 : A. Carte avec E de Snellen B. Peek Acuity application C. Cartes simulant la vision de l'enfant avec les instructions pour la consultation D. SMS invitant les parents à emmener leurs enfants en consultation

3. Le test de mesure d'acuité visuelle sur tablette

3.1 Développement de notre test

3.1.1 Les débuts : le Centre de primatologie de Strasbourg

Du fait de la grande ressemblance génétique avec l'homme, estimée à 98-99%, les singes sont des animaux très étudiés (69). Chez le primate, 55% du cortex cérébral est concerné par le traitement des informations visuelles, ce qui en fait la modalité sensorielle la plus importante et la plus étudiée (70). Le centre de primatologie de Strasbourg, lieu unique en Europe, s'attache à l'étude du comportement des primates en condition de semi-liberté, dans un objectif scientifique. Huit-cents singes de 9 espèces différentes sont présents, entourés d'une équipe de vétérinaires leur donnant tous les soins dont ils ont besoin, en plus du recueil des caractéristiques comportementales et de santé.

C'est lors d'une visite dans ce centre, dont l'objectif était d'examiner les singes sur le plan ophtalmologique (mesure de la réfraction, fond d'œil à la recherche d'une pathologie organique), que nous avons constaté la mise en place d'une ingénieuse méthode de mesure de l'acuité visuelle chez les singes par les chercheurs du laboratoire SILABE (Simian Laboratory Europe). Ils ont effectivement développé une application sur écran tactile appelée « Monkey Vision » permettant d'appréhender le comportement visuel du singe. Différentes formes sont présentées en grand format de façon individuelle, les primates doivent ensuite « cliquer » sur la forme correspondante parmi 4 choix. Ces écrans sont entreposés dans des petits cabanons et accessibles librement pour les singes. Après une phase d'apprentissage de la tâche d'appariement, ils peuvent ainsi à leur guise, se rendre dans le cabanon et participer au test autant de fois qu'ils le veulent. Un système de récompense a été mis en place avec l'accès à du lait dans un biberon ou à des cacahuètes en cas de réponse juste.

L'idée de créer une application ludique destinée aux enfants, s'est développée en

association avec l'équipe du laboratoire SILABE, qui a été particulièrement motivée par le projet.

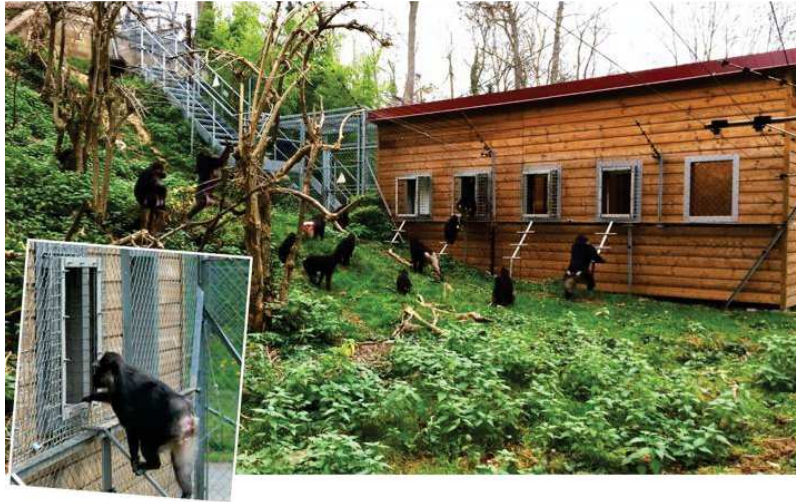


Figure 6 : singes en semi-liberté accédant à leur cabanon au centre de primatologie



Mesurer l'acuité visuelle des sujets



Figure 7 : singe effectuant un test d'AV en libre accès

Dans un premier temps, une première version de l'application testant l'acuité visuelle de près a été développée, le test E-Mova (*Electronic Measurement Of Visual Acuity Test*), ayant fait l'objet du travail de thèse du Dr Stoll.

3.1.2 Le test E-Mova : application pour test en vision de près

Le test e-MOVA est une application destinée à évaluer l'acuité visuelle de près chez l'enfant, développé sur tablette Android, plus précisément sur une tablette Lenovo (Lenovo TAB 2 A10-30).

Il utilise le principe de l'appariement avec la présentation d'un optotype de façon isolé, de type E de de Raskin, dirigé vers le haut, vers le bas, vers la droite ou la gauche, avec en dessous quatre propositions. L'enfant doit cliquer sur la bonne présentation. En cas de réponse positive un smiley souriant apparait, en cas de réponse négative un smiley « triste » apparait et un optotype plus grand est présenté. Le test est effectué à 40 cm, et comprend une phase d'entraînement en binoculaire avant d'évaluer l'acuité visuelle de chaque œil séparément.



Figure 8 : Interface test E-Mova

L'étude consistait à comparer l'acuité visuelle de près trouvée avec le test eMOVA, avec celle du test de référence choisis comme étant le Rossano Weiss, chez des enfants âgés de 3 à 8 ans.

Au total, 97 enfants ont été inclus dans l'étude, tous s'étant présentés en consultation ophtalmologique au CHU de Strasbourg. Les seuls critères d'exclusion englobaient les enfants n'étant pas physiquement ou mentalement capable de faire le test ainsi que ceux ayant déjà participé une première fois au test e-MOVA. Les résultats en termes d'acuité visuelle ont été comparés ainsi que la durée de réalisation des deux tests, la compréhension, l'attention et l'acceptabilité de l'enfant.

Une étude de concordance et une étude de supériorité ont été réalisées. Malgré la tendance à la surestimation de l'acuité visuelle avec le test eMOVA (différence statistiquement significative), la différence n'était cependant pas cliniquement pertinente avec une surestimation de $1/10^e$ au maximum. Une très bonne concordance pour les acuités visuelles hautes a également été trouvée. Ainsi la concordance et la corrélation entre les deux tests étaient considérées comme correctes. Par ailleurs, le test eMOVA s'est avéré plus rapide et moins pénible que le test de référence.

Ces résultats très encourageants ont conduit à envisager une nouvelle application pour

tester l'acuité visuelle de loin, en tenant compte des limites du test eMOVA.

3.1.3 Notre application : Le développement du test en vision de loin

La mesure de l'acuité visuelle de près, bien qu'utile pour le suivi d'une amblyopie, s'avère moins pertinente en matière de dépistage à large échelle, notamment dans le cadre d'un dépistage concomitant des amétropies et plus particulièrement de la myopie.

A l'aide des ingénieurs du laboratoire SILABE, nous avons donc mis au point une application disponible sur tablette Android destinée à évaluer l'acuité visuelle de loin dans un objectif de dépistage en population pédiatrique.

Pour cela, nous avons repris point par point les principales limites du test eMOVA qui nous a servi de référence pour la création de cette application. La création et l'ajustement de l'application a nécessité plusieurs mois.

La principale difficulté était d'avoir un support permettant de présenter les optotypes à distance. Nous avons donc imaginé d'utiliser 2 tablettes connectées entre elles grâce à la technologie bluetooth, l'une destinée à la présentation de l'optotype, l'autre considérée comme la tablette de réponse, l'enfant devant répondre par appariement.

Il a fallu ensuite adapter la taille des optotypes en fonction de la distance selon les mêmes schémas que les tests d'acuité visuelle habituels. Nous avons créé 2 possibilités de distance, l'une à 3m, l'autre à 5m afin de s'adapter au maximum aux conditions réelles de dépistage.

Choix de l'optotype

Nous avons choisi comme optotype les E de Raskin, qui font entrer en jeu la résolution angulaire dans la mesure de l'AV, et augmentent la précision de cette mesure.

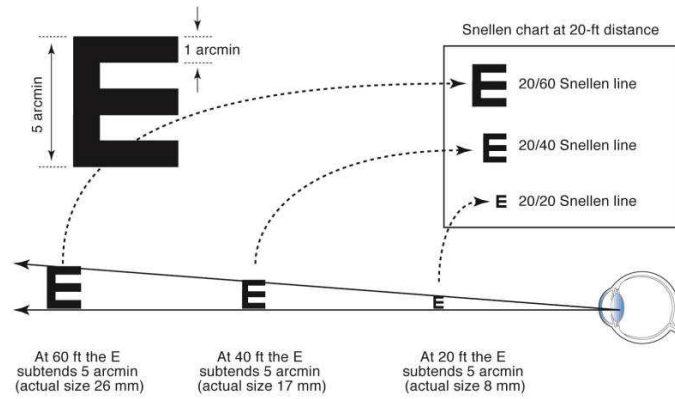


Figure 9 : Echelle de Snellen avec E de Raskin.

Les « E » de Raskin sont présentés aléatoirement selon 3 directions différentes ; vers le haut, le bas ou le côté. De même le choix de la réponse se faisait entre 3 optotypes. Nous avons volontairement retiré la 4eme présentation afin d'éviter les problèmes de latéralité qui avait été retrouvés chez les primates et dans l'étude eMOVA. En effet, il avait été constaté un plus fort taux de mauvaises réponses avec les optotypes présentés horizontalement, qui était dû à des erreurs de latéralité lors du choix de la réponse et non à une vision plus faible (71). De plus nous avons décidé d'entourer les optotypes de barre, comme recommandé dans l'étude de Holmes et. al,» afin d'augmenter la sensibilité du dépistage de l'amblyopie en tenant compte et en simulant le « crowding effect (45).



Figure 10 : E de Raskin entouré de barre tels que présentés sur la tablette d'affichage

Développement de l'algorithme

Pour permettre une comparaison entre la tablette et le test de référence, il a fallu harmoniser la pratique de la mesure d'acuité visuelle avec le test de référence (taille du premier optotype présenté, nombre de confirmations nécessaires afin de valider le niveau d'acuité visuelle), et créer un algorithme à la fois rapide et efficace pour le test sur tablette.

Nous avons décidé de débiter avec la présentation d'un optotype correspondant à l'acuité visuelle 10/10^e pour chacun des tests car ceci correspond au cas le plus fréquent.

Concernant le test sur tablette :

Le plus petit optotype, correspondant à une acuité visuelle de 10/10^e est donc présenté en premier.

- Si la réponse est correcte, 2 confirmations sont nécessaires pour valider l'acuité visuelle. Les 2 optotypes nécessaires à la confirmation sont présentés dans deux orientations différentes de la première. Ainsi au total, l'enfant doit valider les 3 orientations pour que son acuité visuelle soit confirmée à ce niveau.
- S'il y a une erreur au niveau 10/10^e, un optotype correspondant à l'AV de 5/10^e est présenté.
- Si la réponse est juste au niveau 5/10^e, on passe automatiquement à un optotype correspondant à 6/10^e puis 7/10^e, puis 8/10^e et ainsi de suite jusqu'à 10/10^e si les réponses sont justes. La ligne d'AV est validée après 2 confirmations. En cas d'échec sur l'une des lignes, le test revient au niveau d'acuité visuelle précédent.
- Si la réponse est inexacte au niveau 5/10^e, le test propose un optotype de taille correspondante à 1/10^e d'AV, puis remonte à 2/10^e, 3/10^e, etc....jusqu'à la validation de la ligne par 2 confirmations ou l'échec à la ligne supérieure.

Caractéristiques de la tablette

L'application a été développée pour les systèmes d'exploitation Android*. Les tablettes que

nous avons utilisées sont des Samsung Galaxy Tab A qui disposent d'une qualité d'image et de contraste adaptée à un test d'acuité visuelle et dont les caractéristiques sont décrites ci-dessous.

- *Système d'exploitation Android*
- *4G Cat 4*
- *Ecran 7,0" (177,7mm) LCD TFT WXGA (1280 x 800)*
- *Processeur Quad Core 1,5 GHz*
- *Mémoire RAM : 1,5 Go*
- *Appareil photo 5 mégapixels autofocus*
- *Caméra frontale 2 mégapixels*
- *Lecteur video Full HD (1080p) Enregistreur video HD (720p)*
- *GPS / GLONASS*
- *Batterie 4000 mAh (Li-ion)*



Figure 11 : caractéristiques tablette Samsung Tab A

Le programme est une application d'environ 250Ko développée en langage Java, HTML, CSS et JavaScript destinée à fonctionner sur système d'exploitation de type Android.



Figure 12 : logo de l'application « Vision Acuity » présente sur la tablette.

Procédure, déroulement de notre test (*Annexe 1*)

Après réalisation du test d'acuité habituel (Monoyer, Pigassou, ou E de Raskin selon l'âge de l'enfant et à l'appréciation de l'opérateur), nous avons proposé notre test sur tablette.

Etape 1 : appariement des tablettes.

Dans un premier temps, la tablette d'affichage, la tablettes de réponses ainsi que la distance de présentation des optotypes (3 ou 5m) sont sélectionnées. Pour une question d'uniformisation des pratiques, nous avons systématiquement réalisé le test à 3m.



Figure 13 : interface de présentation lors du démarrage de l'application

Etape 2 : Création de la « fiche patient »

Les coordonnées du patient, sa date de naissance, son numéro de dossier ainsi que le port d'une correction optique éventuelle sont rentrés dans la « fiche patient ». Une rubrique, permettant d'indiquer l'école de l'enfant, est également disponible en prévision de l'utilisation en milieu scolaire.

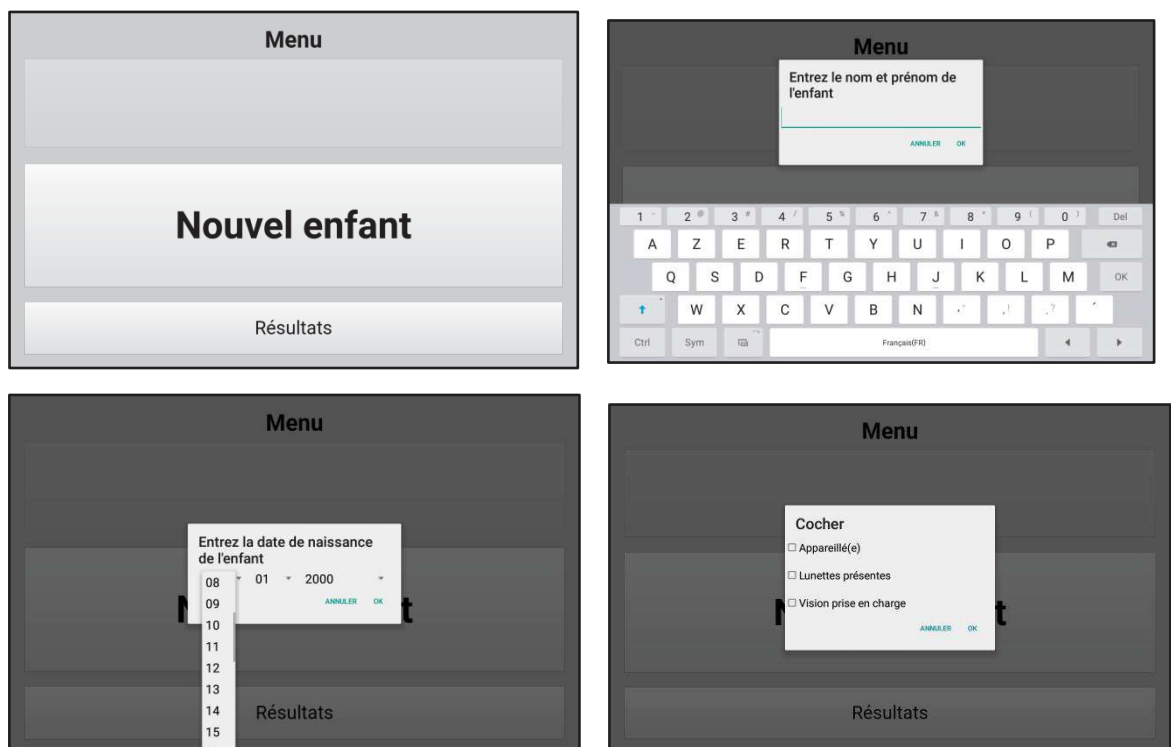


Figure 14 : Création de la fiche patient

Etape 3 : démarrage du test

Le choix de débuter par un entraînement montrant des optotypes correspondant à $1/10^{\text{e}}$ d'acuité visuelle, est laissé à l'appréciation de l'opérateur. Le test est réalisé en binoculaire, en cachant l'œil droit, puis l'œil gauche. Nous avons choisi une interface attractive avec une étoile sur laquelle l'enfant doit appuyer pour lancer l'évaluation.

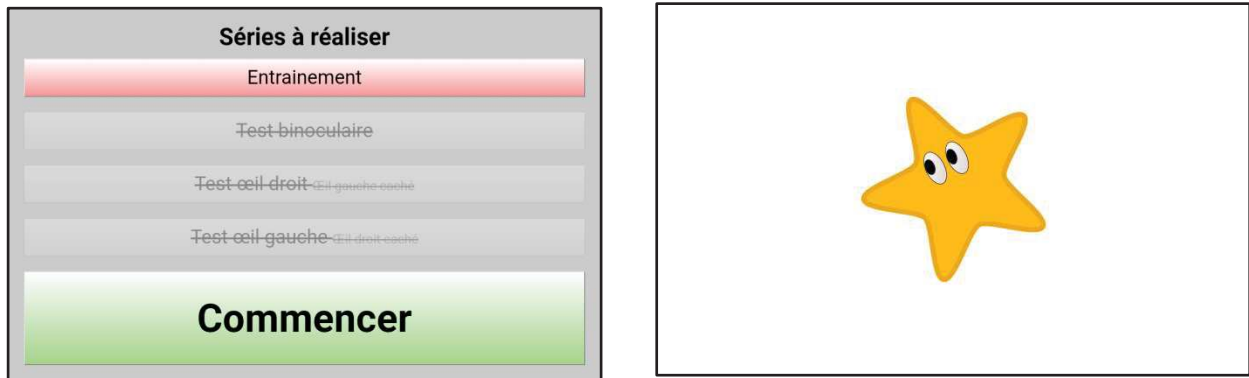


Figure 15 : Interface du début du test

Etape 4 : Déroulement du test

La tablette d'affichage, tenue par l'opérateur ou les parents à la distance choisie, affiche un optotype unique entouré de barre, en commençant avec un équivalent d'AV à 10/10^e.

La tablette de réponse est tenue par l'enfant qui doit choisir parmi les 3 optotypes qui lui sont proposés ou l'option « point d'interrogation » (« je ne sais pas »).

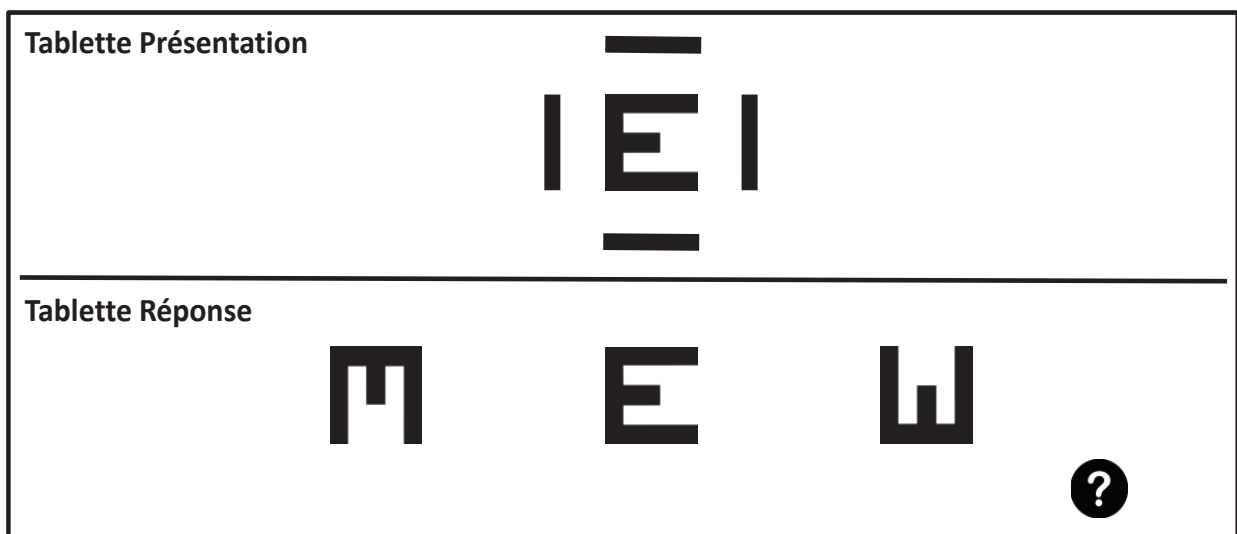


Figure 16 : Optotypes présentés sur tablette d'affichage et tablette de réponse

Afin de rendre le test plus ludique, des smileys et une animation sonore accompagnent les bonnes ou les mauvaises réponses.



Figure 17 : smileys accompagnant les réponses

Etape 5 : Présentation des résultats

Les résultats, enregistrés directement dans la fiche patient, sont présentés sous forme de tableau comprenant les valeurs d'AV ainsi que la durée du test (**figure 18**). Les conditions de réalisation du test, la compréhension de l'enfant et son attention durant le test sont évaluées subjectivement par l'opérateur. Tous les résultats sont récupérables sur PC sous la forme de tableau Excel ce qui a pour avantage d'éviter de les retranscrire manuellement.

Tacron Emmanuelle (ELUE2017)				
29/08/2018 à 12:33:35				
Date de naissance : 21/12/2007				
Etablissement : ELISE 1er				
Appareillé	Lunettes présentes		Vision-prise-en-charge	
Acuité visuelle de loin - Test de Snellen				
Distance :	3m			
Sans correction - OD :	Sans correction - OG :	Sans correction - Non évaluable :		
Avec correction - OD :	Avec correction - OG :	10/10ème	Avec correction - Non évaluable :	
Acuité binoculaire				
Sans correction :	Avec correction :	10/10ème	Non évaluable :	

Conditions de test		
Distance patient-affichage :	3m	
Durée du test :	33,9s	
Conditions du test :	★★★★★	
Compréhension du test :	★★★★★	
Attention du patient :	★★★★★	
Détails		
Taille	Succès	Temps
Binoculaire		8,9s
10/10ème	Succès	1,3s
10/10ème	Succès	1,9s

Figure 18 : Présentation des résultats, Fiche patient

3.2 Protocole de notre étude – Matériels et Méthodes

3.2.1 Design de l'étude

Notre étude, prospective, descriptive, monocentrique, a été réalisée dans le service d'ophtalmopédiatrie du CHU de Strasbourg de décembre 2018 à février 2019. Tous les enfants, âgé de 3 à 10 ans, se présentant en consultation se sont vus proposer le test sur tablette à partir du moment ils disposaient de capacités cognitives et physiques suffisantes. Les critères d'exclusion étaient les enfants atteints de handicap moteur (avec une incapacité à appuyer ou tenir la tablette), de retard mental et ceux ayant déjà participé au test une première fois. Une information orale claire et adaptée était donnée aux parents concernant les objectifs de l'étude avant de recueillir leurs accords.

3.2.2 Choix du Gold standard

Nous avons choisi comme Gold Standard les tests habituellement utilisés en pratique courante en France et en situation de dépistage afin de se rapprocher au maximum d'une étude vraie vie. Ainsi, selon les capacités et l'âge de l'enfant, l'échelle de Monoyer, les « E » ou le Pigassou étaient utilisés.

3.2.3 Procédure

Chaque participant a bénéficié, dans un premier temps, du test d'acuité visuel habituel à 5 mètres qui consiste en l'utilisation, soit de l'échelle de Monoyer, soit de l'échelle de Parinaud, soit des « E » de Snellen. Le choix du test est laissé à l'appréciation de l'interne,

selon l'âge et les capacités de compréhension de l'enfant. Dans un second temps, l'enfant a réalisé le test sur tablette effectué à 3m de manière uniforme. Les séries, c'est-à-dire l'AV binoculaire, l'AV de l'œil droit, l'AV de l'œil gauche sont toujours faites dans le même ordre pour les deux tests en commençant par l'AV binoculaire, suivie de celle de l'œil droit puis de l'œil gauche. Les 2 tests sont réalisés par le même intervenant sans aveugle. C'est pour pallier à ce biais méthodologique que nous avons décidé de finir par l'évaluation sur tablette, moins subjective, car les résultats ne peuvent être influencés par l'opérateur qui ne fait qu'observer l'enfant travaillant sur la tablette. L'AV a été testée soit sans correction lors d'un premier bilan, soit avec la correction optique totale obtenue lors d'un examen précédent. Un cache de type ortopad ou opticlud a été utilisé pour masquer l'œil non testé.

Les données consignées sur une feuille de recueil spécifique ont été les suivantes ([Annexe 2](#)):

- L'identité de l'enfant
- Son âge
- Le motif de la consultation
- La présence de cycloplégique
- L'accès à un smartphone ou une tablette à la maison
- La présence d'une correction optique
- L'AV binoculaire, de l'œil droit, de l'œil gauche
- La durée de chaque test.
- La compréhension, l'attention, la pénibilité du test

Par ailleurs, les résultats du test sur tablette ont été directement enregistrés dans la fiche patient et consultable à tout moment (*figure 13*).

La compréhension et l'attention ont été notées de façon subjective par l'opérateur qui met une note sur 5 pour chaque item à la fin du test, la note de 5 correspondant à une

compréhension et une attention maximale.

La pénibilité de chacun des tests a été évaluée à l'aide de l'échelle FLACC (*Face Legs Activity Cry Consolability*), échelle comportementale validée pour l'évaluation de la douleur de l'enfant (72) (*Annexe 3*).

Les résultats d'AV en valeurs décimales ont été convertis en valeurs logarithmiques dans l'objectif d'une publication dans une revue internationale.

3.2.4 Critères de jugement

Le critère de jugement principal était la corrélation entre la mesure d'acuité visuelle réalisée avec les 2 tests et la non-infériorité du test sur tablette par rapport au test d'acuité visuelle de référence.

Les critères de jugement secondaires concernaient la non infériorité du test sur tablette sur la durée de réalisation, la pénibilité, la compréhension, l'attention des enfants ainsi que le pourcentage de préférence pour l'application par rapport aux tests usuels.

3.2.5 Analyses statistiques

Après concertation avec les statisticiens, nous avons choisi de faire toutes les analyses avec la méthode bayésienne.

Les différences entre les statistiques bayésiennes et fréquentistes découlent de l'interprétation du concept de probabilité lui-même. En fréquentiste, il n'y a pas de distribution de probabilité attribuée aux paramètres à estimer, ils sont considérés comme fixes. Alors que dans l'approche bayésienne, les paramètres à estimer sont considérés comme aléatoires, une distribution de probabilité est donc attribuée à ces paramètres, appelée probabilité à priori. A partir de cette probabilité à priori, la probabilité à posteriori de ces paramètres est estimée.

Le nombre de sujet nécessaire pour une puissance de 90% a été estimé à 105 patients à inclure.

Pour l'évaluation initiale, afin de vérifier l'équivalence des deux tests d'acuité visuelle, nous avons réalisé une étude de concordance avec une analyse des résultats principaux. Nous avons utilisé la méthode de Bland & Altman et calculé le coefficient de corrélation intraclass pour les variables quantitatives continues avec leurs intervalles de confiance de 95%. Pour les résultats secondaires avec variables qualitatives, la concordance a été évaluée avec le calcul du coefficient Kappa.

L'acuité visuelle, la douleur, l'attention et la compréhension entre deux tests ont été comparées à un modèle de régression mixte bêta. La durée entre deux tests a été comparée à un modèle de régression gamma mixte. La probabilité que le coefficient associé aux tests soit supérieur à 0 a été calculée. On a considéré qu'il n'y avait pas de différence si la probabilité était comprise entre 0,025 et 0,975.

Enfin, une étude de non infériorité a été réalisée en calculant la moyenne et son intervalle crédible de la distribution postérieure de la différence entre deux tests. La marge de non-infériorité a été fixée à 1 pour l'échelle décimale et à 0,10 pour l'échelle logarithmique.

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 3.5.0.

3.3 Article soumis en anglais

Les résultats sont présentés sous la forme d'un article en cours de soumission à la revue

Ophthalmology

A new visual acuity test development on touchpad for vision screening in children.

*E. Di Foggia¹, N. Stoll², H. Meunier³, A. Rimelé⁴, P. Ance⁴, P.H. Moreau⁴, C. Speeg-Schatz¹,
A. Sauer¹*

¹Ophthalmology department, CHU Strasbourg, France

²Ophthalmology department CH Colmar, France

³Cognitive and adaptative neuroscience laboratory

⁴Plateforme SILABE, Strasbourg University

Corresponding author:

Elsa Di Foggia

Service d'Ophtalmologie, NHC Strasbourg

1 Quai Louis Pasteur, 67000 Strasbourg

elsadifoggia@gmail.com

Keywords: visual acuity, children, screening, vision test application

ONLY FOR REVIEW

Abstract

Purpose: To validate a visual acuity test application on touchpad in the screening of pediatric population by comparing visual acuity results obtained with conventional tests.

Methods: A cohort of 101 patients, 3-10 years of age, presenting for eye examinations in ophthalmology department (Strasbourg, France) between November 01, 2018, and February 01, 2019 were enrolled in the study. Monocular and binocular visual acuity testing was performed on the subject using both a standard test and the touchpad application (Monoyer, "E" or, Pigassou depending of children's capacities). Patients were excluded if they were physically or mentally unable to use the touch pad. Duration of each tests, painfulness, comprehension, attention of children during the test and test's preferences were also evaluated. Statistics analysis was made with Bayesian method.

Results: There was a good linear correlation and intra-class correlation coefficient (0,5037 [0,3419;0,6409] for binocular acuity, 0,7397 [0,6405; 0, 8197] for right eyes and 0,5254 [0,3715;0,6562] for left eye). The Standard errors of measurement was very low (0,081, 0,052, 0,083 for binocular VA, right eyes VA and left eyes VA respectively). There was no difference between two tests for right eye (0,126) , left eye (0,098) and binocular acuity (0,085). Non inferiority was proved for all binocular (-0,06 [-0,09;-0,03]), right eye (-0,04[-0,07;-0,01]) and left eye (-0,06 [-0,09;-0,02]) visual acuity. The sensitivity and specificity of our test were 91% and 77% respectively.

Conclusion: Our touchpad application represents an efficient and valid test of visual acuity in children with a high specificity to detect visual impairment.

Introduction

Amblyopia, defined as a difference in best-corrected visual acuity (BCVA) between the two eyes of 0.20 logMAR (2 lines on an acuity chart), occurs during the critical period of brain development (1). Its prevention and treatment are only effective during childhood. Depending on its definition, prevalence varies between 0,4% and 5,6% in developed countries (1–5). It may be due to either organic pathology of the visual pathways, visual deprivation or, functional abnormalities (mainly anisometropia or strabismus) (1).

Ametropia represent the most important risk factor of amblyopia with a prevalence of 23% in a large American study in 2013 (3), and 19 million children are affected by visual impairments worldwide (6). As a matter of fact, uncorrected refractive errors are a real public health issue with an estimated cost of US\$202 000 million annually according to the World Health Organization in 2012 (6). Poor vision has also negative social, health, educational and economic consequences. Early identification and treatment of eye conditions reduces the prevalence of visual impairment hence the importance of effective screening during childhood (7). Nevertheless, depending on the region, the ease of access to visual specialists (ophthalmologists and orthoptists) varies, which may imply long waiting lists (80 days in France in 2019) (8).

The French program for visual impairment screening is not systematic. Only two ophthalmologic exams are mandatory, the first one during the first week after birth, the second one at the age of 6. However, in some regions, a program including a visual acuity test does exist in nursery and elementary schools and is carried out by nurses, orthoptists or doctors.

Actually, several screening initiatives are offered throughout the world to enable a large number of children to benefit from a simple and rapid test for early diagnosis of amblyopia (9,10). Increased access and use of smartphones and tablets has recently led to the

development of many screening or visual acuity tests applications in several countries (11–13). Further development and expansion of such would enable a larger number of people to gain access to screening of visual disorders. The perspective is all the more interesting as adherence to such screening method is high among children.

With the aim of improving screening among the pediatric population, a visual acuity test application available on Android tablets * has been developed through the corporation grouping the Ophthalmology Department of Strasbourg University Hospital and the University of Strasbourg in France. At first, the study focused on the visual acuity test from near with a first application created, called the E-Mova test. The results of this study demonstrated a great reliability of the test which permitted us to create a brand new application targeting distance vision (14).

In order to validate this new test as a screening method, a comparative study with the standards visual acuity tests used in current clinical practice with children from 3 to 10 years old was carried out in Strasbourg University Hospital.

Subjects and Methods

Design study, Participants

This prospective monocentric study was realized at The Ophthalmology Pediatric Department of the Strasbourg's University Hospital in France. Children were recruited prospectively from November 2018 to February 2019 during pediatrics consultations. All patients between 3 and 10 years old, with sufficient cognitive and physical abilities to understand the test, were included consecutively, regardless of their pathologies. Exclusion criteria included handicap such as incapacity to press on the tablet, mental retardation, the refusal of parents or children to participate and a previous participation to the test.

Ethics approval

The study adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki and was approved by Strasbourg University and Strasbourg's University Hospital Center ethics committees. Inform consent was obtained from all participants and their parent. The risks and benefits for participation in the study were explained in French.

Procedure

Each participant has been tested first, with a standard acuity test at 5 meters distance, then, with Snellen E application with Touch Pad 3 meters away. Test administrator was not masked to the results of the first test during the administration of the second test.

Standard acuity test was subjectively determined by the examiner depending of the age, maturity and capacities of the children. Also, Monoyer scale, Raskin's E or Pigassou test were carried out in this order, according to the cooperation of the child. Decimals values were converted in logmar. Visual acuity was measured with glasses if worn, or with total optic correction if children were dilated by cycloplegia. A skin patch was used to hide the eye during measurement of monocular visual acuity.

Additional data notes were collected such as the ages, reason for consultation, pathology (strabismus, amblyopia, ametropia,..), the presence of an optical correction, the presence of a cycloplegia, the access of a smartphone or touch pad at home. Binocular visual acuity, monocular visual acuity, tests duration with each test, were consigned on a specific data chart.

Tablets results data was saved directly in the patient record in the touch pad. Results with usual test were noted in the clinical chart. Comprehension, attention, test's painfulness with Flacc Scale were also evaluated for both tests. Once the test was completed, the participants and their parents were asked for which visual acuity test they would prefer to be tested with the next time and the reason why.

Touch pad characteristics

The app was created by engineers and researchers of Strasbourg University and developed to be used on Android exploitation system. According to this specificity, we have chosen a Samsung Galaxy Tab A device equipped with a 7 inches touchscreen which features sufficient quality of contrast and resolution for visual acuity assessment. The app was built in order to permit testing visual acuity with two tablets connected. Both touch pads were paired via Bluetooth, one was considered as a display touch pad projecting the items whereas the other one was used to provide the answer. Two testing distance options were available in the app which permitted to displace the tablets at either 3 or 5 meters away depending of the size of the room. The intensity of the screen was maintained at 100% during the test.

As a visual acuity test displayed by the app, we have chosen Raskin's E isolated optotypes surrounded by 4 bars in order to decrease the crowding effect and to minimize the overestimation of visual acuity as recommended in the study of Holmes et. *Al (15)* . The application system allows a random presentation of the optotypes.

Sizes of optotypes were correlated to the distance. The smaller optotype corresponding to visual acuity of 0 logmar (1.0) was presented at first.

- If the response was correct, two confirmations were necessary to validate the visual acuity, therefore, two extras optotypes with different orientations were presented.
- If there was a failure corresponding to 0 logmar (1.0) acuity line, an optotype corresponding to 0,3 logmar (0,5) was presented, followed by 0,2 logmar (0,63) 0,16 logmar (0,7) and so on to 0 logmar (1.0). The line of visual acuity was valid after 2 confirmations. A failure at one level would automatically induce the presentation of a higher level size optotype for double confirmation.

- If there was a failure corresponding to 0,3 logmar (0,5) acuity line, an optotype corresponding to 1 logmar (0,1) was presented, followed by 0,7 logmar (0,2), 0,5 logmar (0,3) and so on until new failure occurred, as previously described.

Outcomes

The primary outcome was the correlation of visual acuity noted in decimal and logarithmic scale between the two tests.

The main secondary outcome was the time taken by children to make the tests. We also compared painfulness, understanding, attention and behavior of the children during testing and finally preferences between E mova and usual tests.

Statistical Analysis

We calculated the sample size for primary outcome assuming a puissance of 90 % with 105 children required. All analyses were performed with bayesian method.

For the initial evaluation, we realized a concordance study to primary outcome analysis to test equivalence of both visual acuity tests (Standards vs App). We used Bland & Altman method and we calculated intraclass correlation coefficient for continue quantitative variables with their 95% credible intervals. For secondary outcome with qualitative variables, concordance was evaluated with Kappa coefficient.

Visual acuity, painfulness, attention and comprehension between both visual acuity tests were compared with mixed beta regression model. Duration between two tests was compared with mixed gamma regression model. The probability that the coefficient associated with the statistical tests was greater than 0 was calculated. It was considered as no difference a probability comprised between 0,025 and 0,975.

Finally, a non-inferiority study was realized by calculating the mean and its credible interval of the posterior distribution of the difference between both tests. The non-inferiority margin was fixed at 1 for decimal scale and 0,10 for logarithmic scale.

Statistical analyses were performed using the R software version 3.5.0.

Results

Study population description

106 children were recruited between October 1, 2018, and January 31, 2019. Six children were excluded of the analysis because of an incapacity to finish one of the tests.

The main characteristics of population and parameters are described in table 1 (**Table 1**).

Prevalence of visual impairment, as measured by usual acuity test (defined by at least one eyes $< 6/10$ or difference between the two eyes > 2 lines)) was 22% (n=22). Cohort was composed of 41% of girls and 59% of boys. Average age was 6,8 years (59 (58%) > 6 years).

All patients had access to a tablet at home or at school.

Table 1 : Populations characteristics

Reasons for consultations	No of patients(%)
Screening	66 (65%)
Strabismus	21 (21%)
Cataract	4 (4%)
Amblyopia	4 (4%)
Hight Myopia	1 (1%)
Prematurity	1 (1%)
Sturge-Weber	1 (1%)
Uveitis	1 (1%)
Retinoblastoma	1 (1%)
Ptosis	1 (1%)
	101

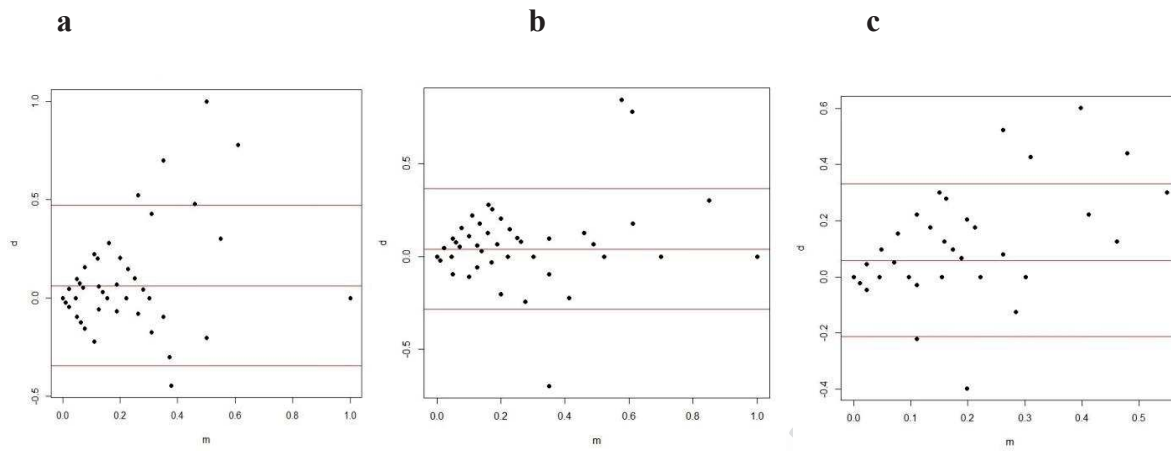
Primary outcome measure

Average of visual acuity in usual test was 0,13 logmar (0,81 in Monoyer Scale) for right eyes, 0,11 (0,84) for left eyes and 0,07 (0,89) for binocular acuity compared to respectively 0,16 (0,76 Monoyer), 0,16 (0,76) and 0,12 (0,8) with tablets. The results between both tests were comparable for monocular left, right and binocular visual acuity. Standard errors were very low for all visual acuities; 0,081, 0,052, 0,083 for binocular VA, right eyes VA and left eyes VA respectively, which confirm the precision of our measures.

To detect an unilateral amblyopia, defined as a visual acuity inferior to 0,2 logmar or a difference superior to 2 lines between both eyes, our application shown a good accuracy with a high sensitivity (91%) and a good specificity (77%). Both predictive positive and negative values were respectively 52% and 99%. In summary, the tablet-based VA test identified correctly 91% of visual impairment on the children assessed.

To test the equivalence between both visual acuity tests, a concordance analysis was performed first (**figure 1**). Intraclass correlation coefficients (ICC) with 95% credible intervals were 0,5037 [0,3419;0,6409] for binocular acuity, 0,7397 [0,6405; 0, 8197] for right eyes VA and 0,5254 [0,3715;0,6562] for left eye VA. Interestingly, the lower the intra-subject variability was when compared to the variability between subjects, the higher was the intra-class correlation meaning that both present a good correlation in terms of variability. Bland-Altman analysis show a very good concordance for high values of VA for all series. Although still correct, concordance was worse for low visual acuities (0,4 logmar or less), particularly for the left eye.

Figure 1 : Bland et Altman analysis **a.** Binocular visual acuity ($-\log\text{MAR}$) **b.** Visual acuity of right eyes **c.** Visual acuity of left eyes ($-\log\text{MAR}$)

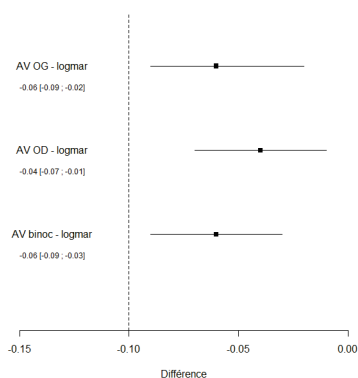


In a second time, VA values measured with tablet and standard tests were compared with mixed beta regression model. For each variable, the probability that one variable is greater than 0 was calculated. The results show no difference between both tests for right eye (0,126), left eye (0,098) and binocular acuity (0,085).

Non inferiority was proved for all binocular (-0,06 [-0,09;-0,03]), right eye (-0,04[-0,07;-0,01]) and left eye (-0,06 [-0,09;-0,02]) VA logmar values with a threshold of 0,1 logmar.

(figure 2).

Figure 2 : Non inferiority study with a threshold of 0,1 logmar.



Secondary outcome

Quantitative variables are described in **table 2**.

Table 2 : Description of quantitative variables

Variables	n	Min	Average	Médian	Max
AV binoculaire R (logMAR)	101	0,4 (4/10)	0,1 (8,9/10)	0 (9,5/10)	0 (10/10)
AV OD R (logMAR)	101	1.0 (1/10)	0,1 (8,1/10)	0 (9,5/10)	0 (10/10)
AV OG R (logMAR)	101	1.0 (1/10)	0,1 (8,4/10)	0 (9,5/10)	0 (10/10)
AV binoculaire T (logMAR)	101	0,7 (2/10)	0,1 (8,1/10)	0 (9/10)	0 (10/10)
AV OD T (logMAR)	101	1.0 (1/10)	0,2 (7,6/10)	0 (9/10)	0 (10/10)
AV OG T (logMAR)	101	1.0 (1/10)	0,2(7,7/10)	0,1 (8/10)	0 (10/10)
Durée Totale R (sec)	101	10	158,9	132	686
Durée Totale T (sec)	101	22,2	138,4	134,1	352,7
Flacc R /10	101	0	0,10	0	2
Flacc T /10	101	0	0,10	0	2

Test duration

The mean duration to complete the standards VA was 138,4 seconds, with respectively a minimal and maximal duration of 22,2 sec and 352, 7 sec. When the test was performed by mean of the tablet, the mean assessment duration was 158,9 sec with respectively a minimal and maximal duration of 10 sec and 686 sec.

The total test duration for both tests was compared with mixed gamma model for each series (binocular, right eye, left eye). No statistical difference was observed between both tests for right eye (0,104 [-0,006;0,210]), binocular (0,043 [-0,105; 0,186]) and right visual acuity (0.080 [-0,042;0,200]).

Flacc Scale

The painfulness was low with a mean Flacc score of 0,1/10 for the reference test and 0,1/10 for our test. The level of painfulness was similar between both groups (no statistical difference; Pr = 0,575).

Comprehension, Attention

The mean scores for comprehension were respectively 4,68 and 4,60 when the assessment was performed with standard VA tests or tablet. No statistical difference was observed between both tests with a Pr = 0,0882 (comprised between 0,025 and 0,975).

Regarding attention during the testing procedure, the mean scores were 4,47 and 4,61 respectively for standard VA test and tablet. No statistical difference was observed between both test with a Pr equal to 0,0419.

Kappa coefficient was 0,277 [0,165; 0,395] for comprehension and 0,340 [0,23; 0,454] for attention. Credible intervals did not include 0, concordance was medium.

Preference

Ninety five percent of children and 81% of parents had preferred to be assessed with the VA test on tablets. Principally, they found the test playful, fun, and more in line with our current modern society. However, when the standard visual acuity tests were preferred, the main reason was that tablets might present a “risk” regarding the eyes of their children. A part of parents (%) did not have any preferences.

Discussion

The objective of our study was to test our application during pediatric ophthalmic consultations and to compare it with the usual methods used for acuity testing in our department in order to be in a position to validate it in real screening situation.

The results obtained demonstrate a good correlation in terms of visual acuity between the usual tests (Monoyer, « E » de Snellen, Pigassou) and the one carried out on a tablet. Such results are all the more encouraging as very few existing applications have indeed been tested on pediatric cohort and validated, while several studies on adult population exist (13,16–19). A 2012 study called The Eye Phone Study assessed the reliability of 11 applications using the Snellen Scale. None of the applications were identified as being capable of measuring VA effectively (12). The Handy Eye Check using the Handy Eye Chart according to the Amblyopia Treatment Study recommendations was the application featuring the highest correlation rate ($r=0,92$) (15,20). This correlation, higher than the one featured in our own test, needs to be put in perspective considering the smaller number of children tested and the wider age scale of those tested (60 children included from 6 to 18 years of age), including children as old as 18 (20). Furthermore, a single eye was only tested in the Handy Eye Check study whereas each eye and binocular visual acuity were registered in our study.

The gold standard selected for our study, i.e. the Monoyer Scale, the Snellen-E, the Pigassou, also need to be taken into account as all of the above-mentioned have their own limitations and lack precision in visual acuity measurement (21). These tests were chosen because they correspond to those used routinely during our consultations. As a matter of fact, decimal scales together with their logmar conversions have exclusively been used in our study when, ideally, logarithmic scales like the ETDRS should have been used for more precision (21).

This study showed the non-inferiority of the test of visual acuity from a distance on a tablet compared to the tests used in routine. The originality of this study is the use of a distance

vision test. Most of the studies carried out with children assess their near visual acuity, which can be useful as part of the follow-up of an amblyopia management but less interesting as part of a screening process (22). The results obtained cannot easily be compared with those obtained in our distance vision test.

Studies carried out with large groups of children have evaluated the idea of implementing a screening program at school, the « PEEK School Eye Health System », initially validated on a group of adults in Kenya. This program included a visual acuity assessment through a mobile application together with an automatic communication system alerting parents in case of their children's visual acuity being less than 6/10. The program was evaluated in Kenya and in Paraguay in 2018 with varied results (9,10,23). On the one hand, evaluation in Kenya highlighted a strong adherence to the « Peek School Eye Health System » with more parents accepting to accompany their children to undergo the assessment in hospital. On the other hand, the evaluation in Paraguay, which was to evaluate the effectiveness of this screening compared to others, demonstrated an insufficient sensitivity of the test, considering the large number of children with unidentified refractive errors (9,10).

In our study, the high percentage accounting for the children expressing a preference for the use of touchpads (95%) confirms easy adherence of children to this type of test. This could facilitate screening at school. Likewise, understanding and attention rates with children were excellent (with average scores respectively 4,60 and 4,61 out of 5 and no difference with the usual test). The test is relatively fast, particularly for high visual acuity, with no extra painfulness involved (very low Flacc score), which provides the test with a definite advantage. We could therefore in the future imagine a similar system to improve the usefulness of our application with automatic messaging displayed in case of ophthalmologic consultation needed.

Finally, the sensitivity rate of our test was high (94%) with a good specificity, which is ideal to ensure the effectiveness of a test. As a matter of fact, the objective of such test is to detect the maximum number of people visually impaired and only one child with proven amblyopia had not been detected by our own test. This results were similar to those found in the large study of Rono *et al* with the Peek Acuity test (10). Moreover, crowding bars are included around each optotypes to improve the detection of amblyopia, in comparison to testing with single letters alone, although differences of opinion exist (24).

The absence of double-blind process reduces the impact of our study. To overcome this, we started with the usual visual acuity test because the final visual acuity on the touchpads cannot be influenced by the examiners, the child pressing the optotypes himself. To our knowledge regarding the literature, our test is the only distance visual acuity test that allows the child to type the answer himself without being influenced (9,10,25). Having said that, we did notice that the child's motivation and understanding levels could be increased with the operator's encouragements. Likewise, previous training did generally facilitate the conditions under which the test was carried out. This was done with children under the age of 6 only. Such a mock-up training test should maybe be carried out with all children.

Another setback of our application is that it does not enable us to test low visual acuity less than $1/10^e$, unlike other studies (23), although such date is not as important when screening.

We made a point of choosing to highlight the concordance analysis that enables us to thoroughly check if the visual acuity of a child tested with the application is in line with the reference test.

Indeed, a non-inferiority trial, as realized in similar studies, could imply the risk of a poor concordance, due to comparing globally the visual acuity averages rather than the average for a particular patient (26,27). Our results demonstrate that, as far as the visual acuity and the duration of the test are concerned, the touchpad test figures are not inferior to the usual test.

Both the concordance analysis and the non-inferiority study prove the validity of this visual acuity measurement application. In addition, our system allows automation of the testing protocol with an automatic determination of the level of optotypes presentation after children's responses, the ability to randomize letters and an automated scoring of visual acuity.

The advantage is therefore for children to gain access to an easily available and playful screening test that is user-friendly enough to enable the child not to rely on his/her language skills

Bibliographie

1. Tailor V, Bossi M, Greenwood JA, Dahlmann-Noor A. Childhood amblyopia: current management and new trends. *Br Med Bull.* 2016;119(1):75-86.
2. Multi-ethnic Pediatric Eye Disease Study Group. Prevalence of amblyopia and strabismus in African American and Hispanic children ages 6 to 72 months the multi-ethnic pediatric eye disease study. *Ophthalmology.* juill 2008;115(7):1229-1236.e1.
3. Arnold RW. Amblyopia Risk Factor Prevalence. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2 avr 2013;50(4):213-7.
4. Lim HT, Yu YS, Park S-H, Ahn H, Kim S, Lee M, et al. The Seoul Metropolitan Preschool Vision Screening Programme: results from South Korea. *Br J Ophthalmol.* juill 2004;88(7):929-33.
5. Elflein HM. [Amblyopia. Epidemiology, causes and risk factors]. *Ophthalmologie.* avr 2016;113(4):283-8.
6. Solebo AL, Rahi J. Epidemiology, aetiology and management of visual impairment in children. *Archives of Disease in Childhood.* 1 avr 2014;99(4):375-9.
7. Fricke TR, Holden BA, Wilson DA, Schlenker G, Naidoo KS, Resnikoff S, et al. Global cost of correcting vision impairment from uncorrected refractive error. *Bull World Health Organ.* 1 oct 2012;90(10):728-38.
8. Communiqués de presse [Internet]. SNOF. [cité 21 mars 2019]. Disponible sur: <http://www.snof.org/public/defendre/communiqués-de-presse>
9. de Venecia B, Bradfield Y, Trane RM, Bareiro A, Scalamogna M. Validation of Peek Acuity application in pediatric screening programs in Paraguay. *Int J Ophthalmol.* 18 août 2018;11(8):1384-9.
10. Rono HK, Bastawrous A, Macleod D, Wanjala E, Di Tanna GL, Weiss HA, et al. Smartphone-based screening for visual impairment in Kenyan school children: a cluster randomised controlled trial. *Lancet Glob Health.* août 2018;6(8):e924-32.
11. Heggestuen J. One In Every 5 People In The World Own A Smartphone, One In Every 17 Own A Tablet [CHART] [Internet]. *Business Insider Australia.* 2013 [cité 30 déc 2018].

Disponible sur: <https://www.businessinsider.com.au/smartphone-and-tablet-penetration-2013-10>

12. Perera C, Chakrabarti R, Islam FMA, Crowston J. The Eye Phone Study: reliability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology. *Eye (Lond)*. juill 2015;29(7):888-94.
13. Phung L, Gregori NZ, Ortiz A, Shi W, Schiffman JC. REPRODUCIBILITY AND COMPARISON OF VISUAL ACUITY OBTAINED WITH SIGHTBOOK MOBILE APPLICATION TO NEAR CARD AND SNELLEN CHART. *Retina (Philadelphia, Pa)*. mai 2016;36(5):1009-20.
14. Thèse Noémie Stoll « Développement et validation d'une nouvelle méthode de mesure de l'acuité visuelle sur tablette en population pédiatrique. Test E-Mova ».2017.
15. Holmes JM, Beck RW, Repka MX, Leske DA, Kraker RT, Blair RC, et al. The Amblyopia Treatment Study Visual Acuity Testing Protocol. *Arch Ophthalmol*. 1 sept 2001;119(9):1345-53.
16. Zhang Z, Zhang S, Huang X, Liang L. A pilot trial of the iPad tablet computer as a portable device for visual acuity testing. *J Telemed Telecare*. janv 2013;19(1):55-9.
17. Black JM, Jacobs RJ, Phillips G, Chen L, Tan E, Tran A, et al. An assessment of the iPad as a testing platform for distance visual acuity in adults. *BMJ Open*. 20 juin 2013;3(6).
18. Tofigh S, Shortridge E, Elkeeb A, Godley BF. Effectiveness of a smartphone application for testing near visual acuity. *Eye (Lond)*. nov 2015;29(11):1464-8.
19. Pathipati AS, Wood EH, Lam CK, Sáles CS, Moshfeghi DM. Visual acuity measured with a smartphone app is more accurate than Snellen testing by emergency department providers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. juin 2016;254(6):1175-80.
20. Toner KN, Lynn MJ, Candy TR, Hutchinson AK. The Handy Eye Check: a mobile medical application to test visual acuity in children. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. juin 2014;18(3):258-60.
21. Ricci F, Cedrone C, Cerulli L. Standardized measurement of visual acuity. *Ophthalmic epidemiology*. 1998;5(1):41-53.
22. Aslam TM, Tahir HJ, Parry NRA, Murray IJ, Kwak K, Heyes R, et al. Automated Measurement of Visual Acuity in Pediatric Ophthalmic Patients Using Principles of Game Design and Tablet Computers. *American Journal of Ophthalmology*. oct 2016;170:223-7.
23. Bastawrous A, Rono HK, Livingstone IAT, Weiss HA, Jordan S, Kuper H, et al. Development and Validation of a Smartphone-Based Visual Acuity Test (Peek Acuity) for Clinical Practice and Community-Based Fieldwork. *JAMA Ophthalmol*. août 2015;133(8):930-7.
24. Simmers AJ, Gray LS, McGraw PV, Winn B. Contour interaction for high and low contrast optotypes in normal and amblyopic observers. *Ophthalmic Physiol Opt*. mai 1999;19(3):253-60.
25. Kupl MT, Dobson V, Peskin E, Quinn GF, Schmidt P. The electronic visual acuity tester: testability in preschool children. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*. 2004;81(4):238-44.
26. Park H-JS, Hampp C, Christoff A, Yoo SH. Validation of iPad-based simplified visual acuity testing in children. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus {JAAPOS}*. 1 août 2014;18(4):e7-8.
27. Ma DJ, Yang HK, Hwang J-M. Reliability and Validity of an Automated Computerized Visual Acuity and Stereoacuity Test in Children Using an Interactive Video Game. *American Journal of Ophthalmology*. 1 juill 2013;156(1):195-201.e1.

4 Principaux apports de notre étude

Notre test d'acuité visuelle a été développé dans le contexte actuel d'un attrait croissant de la population, et particulièrement des enfants, pour les objets connectés type smartphones ou tablettes. Si un certain nombre d'applications testant l'acuité visuelle ont été développées ces dernières années, aucune n'a fait la preuve de son efficacité en termes de précision et de fiabilité par rapport aux tests usuels.

L'objectif de notre étude était d'abord de s'assurer de la corrélation des acuités visuelles entre notre test et ceux habituellement utilisés en consultation. Les résultats sont favorables avec une bonne corrélation retrouvée, surtout pour les acuités visuelles hautes. De plus, l'analyse de non infériorité a permis de confirmer la fiabilité de notre test par rapport à ceux de référence, même si ce type d'analyse n'est pas le plus approprié dans l'objectif de notre étude.

Principales limites

Notre étude comportait un certain nombre de limites. Tout d'abord, les mesures n'étaient pas réalisées en aveugle. Pour pallier à cela, nous avons toujours commencé par le test d'acuité visuelle de référence. Le test sur tablette ne peut pas être influencé par l'examineur car l'enfant répond seul sans influence extérieure et l'acuité visuelle est automatiquement calculée par le logiciel.

Nous voulions que notre étude se rapproche d'une étude de vraie vie malgré les biais que cela comporte. Ainsi, le test de référence utilisé n'était pas toujours le même d'un patient à l'autre. Selon les capacités et l'âge de l'enfant, était testés dans l'ordre, le test de Monoyer, les « E » puis le Pigassou. Ces tests sont tous basés sur des échelles décimales et comportent leurs propres limites. Par ailleurs, notre test ne permet pas d'évaluer les acuités visuelles inférieures à 1/10^e.

Le design retenu implique l'utilisation de 2 tablettes connectées entre elles, ce qui représente un coût non négligeable. Cependant devant le nombre de tablettes et

smartphones présents dans chaque maison, une application gratuite ou à bas coût n'entraînerait à priori pas de dépenses non surmontables.

Avantages du dépistage numérique

Les avantages de notre application sur tablette sont l'aspect ludique, la facilité d'utilisation par du personnel non médical, la compréhension rapide des consignes par l'enfant. Ce type de test permet d'augmenter l'adhésion et la participation des enfants comme nous l'avons montré dans notre étude avec une préférence de 97% des enfants pour notre test sur tablette par rapport à celui de référence. Le fort taux d'acceptabilité des parents, qui ont été très enthousiastes devant cette « méthode moderne » (81% de préférence pour la tablette) renforce encore cette adhésion.

La question revenue la plus fréquemment était celle de l'impact de la lumière bleue sur l'enfant. En effet, la courte longueur d'onde de la lumière visible (lumière bleue) est connue pour être le stimulus photique le plus puissant supprimant la production de mélatonine et altérant le rythme circadien (73). Concernant les effets de la lumière bleue sur la rétine, elle serait absorbée par la lipofuscine qui s'accumulerait dans l'épithélium pigmentaire rétinien et augmenterait ainsi le stress oxydatif. Cependant, les études ont uniquement été réalisées chez des animaux pour des stimuli répétés et très intenses, ces résultats ne peuvent en l'état être prédictibles pour l'humain (74). De plus, notre test sur tablette ne demande qu'une exposition rapide de quelques minutes à l'écran n'ayant aucun impact sur l'anatomie oculaire de l'enfant ou sur son rythme circadien.

Un autre avantage certain de notre application est l'automatisation de notre test qui garantit le strict respect du protocole de projection des optotypes car une fois la réponse de l'enfant saisie, le logiciel détermine le niveau suivant d'optotype à utiliser. Des vérifications sont aussi imposées par l'algorithme augmentant le niveau de fiabilité des résultats. De plus, à notre connaissance, il n'existe pas dans la littérature d'application de test de vision de loin chez l'enfant où l'enfant lui-même retranscrit la réponse directement sur la tablette. Dans toutes les autres études c'est l'examineur qui note les résultats, ce qui peut induire un

certain nombre d'erreurs (62,67,68).

Perspectives

Au final, notre test a prouvé sa fiabilité et ouvre des perspectives dans le champ du dépistage. La procédure automatisée, la standardisation de la lumière et du contraste, l'utilisation d'optotypes impliquant la résolution angulaire et entourés de barre pour diminuer le *crowding effect*, la validité des mesures d'acuité visuelle, en font un examen de choix dans la détection des troubles visuels de l'enfant et de l'amblyopie. Une plus large étude en situation de dépistage mériterait d'être menée afin d'élargir son utilisation.

Dans cet objectif, en coordination avec les équipes de dépistage scolaire de la ville de Strasbourg, nos tablettes sont actuellement utilisées en test dans les écoles de l'Eurométropole.

Par ailleurs, le développement de la télé médecine s'accéléralant, on pourrait imaginer d'utiliser cette application en auto dépistage « à la maison », en associant une photographie des yeux, sur le modèle des photoscreeners des Etats-Unis, permettant une interprétation à distance des résultats par un ophtalmologiste.

5 Conclusion

L'amblyopie est un défaut de maturation du cortex visuel induisant une baisse d'acuité visuelle. Quelle qu'en soit son origine, elle représente un important problème de santé publique de par ses retentissements médicaux et socio-économiques.

Un dépistage précoce et efficace s'avère nécessaire et permet de traiter une grande partie des amblyopies. Cependant, les contraintes d'accès aux spécialistes de la vue (Ophtalmologistes ou orthoptistes) imposent des délais de consultations pouvant être très longs. De nombreuses initiatives sont proposées pour permettre à un grand nombre d'enfants de bénéficier d'un test simple et rapide permettant un diagnostic précoce d'amblyopie.

Devant l'attrait des enfants pour les tablettes tactiles et la possibilité d'une large diffusion, de nombreuses applications de tests d'acuité visuelle sur smartphone ou tablettes ont vu le jour ces dernières années.

Dans l'objectif d'améliorer le dépistage des troubles visuels dans la population pédiatrique, une application de test d'acuité visuelle disponible sur tablettes Android* a été développée en collaboration entre le service d'Ophtalmologie du CHU de Strasbourg et l'Université de Strasbourg.

Afin de valider ce nouveau test d'acuité visuelle, une étude comparative avec les tests d'acuité visuelle (échelles de Pigassou ou Monnoyer) utilisés en pratique clinique courante chez les enfants de 3 à 10 ans a été réalisée.

L'étude a montré une bonne concordance entre les deux tests, ainsi qu'une non infériorité du test sur tablette par rapport aux tests d'acuité visuelle habituels. Ce test sur tablette est donc aussi efficace pour détecter une baisse d'acuité visuelle que les méthodes classiques. En comparaison aux méthodes classiques de test, l'utilisation de la tablette a aussi été désignée comme méthode préférée par les enfants (97%) et leurs parents (81%) en raison d'une grande facilité d'utilisation, d'une pratique plus ludique, et d'une acceptabilité plus grande de la part des enfants.

6. Bibliographie

1. World Health Organization. Visual Impairment and Blindness (2014). Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>. Accessed February 3, 2016. 2016.
2. Heggstuen J. One In Every 5 People In The World Own A Smartphone, One In Every 17 Own A Tablet [CHART] [Internet]. Business Insider Australia. 2013 [cited 2018 Dec 30]. Available from: <https://www.businessinsider.com.au/smartphone-and-tablet-penetration-2013-10>
3. Rapport SFO 2016. Pédiatrie.
4. Lim HT, Yu YS, Park S-H, Ahn H, Kim S, Lee M, et al. The Seoul Metropolitan Preschool Vision Screening Programme: results from South Korea. *Br J Ophthalmol*. 2004 Jul;88(7):929–33.
5. Pai AS-I, Rose KA, Leone JF, Sharbini S, Burlutsky G, Varma R, et al. Amblyopia prevalence and risk factors in Australian preschool children. *Ophthalmology*. 2012 Jan;119(1):138–44.
6. Robaei D, Rose K, Ojaimi E, Kifley A, Huynh S, Mitchell P. Visual acuity and the causes of visual loss in a population-based sample of 6-year-old Australian children. *Ophthalmology*. 2005 Jul;112(7):1275–82.
7. Robaei D, Rose KA, Ojaimi E, Kifley A, Martin FJ, Mitchell P. Causes and associations of amblyopia in a population-based sample of 6-year-old Australian children. *Arch Ophthalmol Chic Ill 1960*. 2006 Jun;124(6):878–84.
8. Friedman DS, Repka MX, Katz J, Giordano L, Ibrionke J, Hawse P, et al. Prevalence of amblyopia and strabismus in white and African American children aged 6 through 71 months the Baltimore Pediatric Eye Disease Study. *Ophthalmology*. 2009 Nov;116(11):2128-2134.e1-2.
9. Multi-ethnic Pediatric Eye Disease Study Group. Prevalence of amblyopia and strabismus in African American and Hispanic children ages 6 to 72 months the multi-ethnic pediatric eye disease study. *Ophthalmology*. 2008 Jul;115(7):1229-1236.e1.
10. Faghihi M, Ostadimoghaddam H, Yekta AA. Amblyopia and strabismus in Iranian schoolchildren, Mashhad. *Strabismus*. 2011 Dec;19(4):147–52.
11. Williams C, Northstone K, Howard M, Harvey I, Harrad RA, Sparrow JM. Prevalence and risk factors for common vision problems in children: data from the ALSPAC study. *Br J Ophthalmol*. 2008 Jul;92(7):959–64.
12. Chang C-H, Tsai R-K, Sheu M-M. Screening amblyopia of preschool children with uncorrected vision and stereopsis tests in Eastern Taiwan. *Eye Lond Engl*. 2007 Dec;21(12):1482–8.
13. He M, Huang W, Zheng Y, Huang L, Ellwein LB. Refractive error and visual impairment in school children in rural southern China. *Ophthalmology*. 2007 Feb;114(2):374–82.
14. Goh P-P, Abqariyah Y, Pokharel GP, Ellwein LB. Refractive error and visual impairment in school-age children in Gombak District, Malaysia. *Ophthalmology*. 2005 Apr;112(4):678–85.
15. Ohlsson J, Villarreal G, Sjöström A, Cavazos H, Abrahamsson M, Sjöstrand J. Visual acuity, amblyopia, and ocular pathology in 12- to 13-year-old children in Northern Mexico. *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2003 Feb;7(1):47–53.
16. Chia A, Dirani M, Chan Y-H, Gazzard G, Au Eong K-G, Selvaraj P, et al. Prevalence of amblyopia and strabismus in young singaporean chinese children. *Invest Ophthalmol Vis*

Sci. 2010 Jul;51(7):3411–7.

17. Holmes JM, Lazar EL, Melia BM, Astle WF, Dagi LR, Donahue SP, et al. Effect of age on response to amblyopia treatment in children. *Arch Ophthalmol Chic Ill* 1960. 2011 Nov;129(11):1451–7.
18. Rosman M, Wong TY, Koh CLK, Tan DTH. Prevalence and causes of amblyopia in a population-based study of young adult men in Singapore. *Am J Ophthalmol*. 2005 Sep;140(3):551–2.
19. Elflein HM. [Amblyopia. Epidemiology, causes and risk factors]. *Ophthalmol Z Dtsch Ophthalmol Ges*. 2016 Apr;113(4):283–8.
20. Aldebasi YH. Prevalence of amblyopia in primary school children in Qassim province, Kingdom of Saudi Arabia. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2015 Mar;22(1):86–91.
21. Nowak MS, Gos R, Jurowski P, Smigielski J. Correctable and non-correctable visual impairment among young males: a 12-year prevalence study of the Military Service in Poland. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom*. 2009 Jul;29(4):443–8.
22. Lan W, Zhao F, Li Z, Zeng J, Liu W, Lu J, et al. Validation and cost-effectiveness of a home-based screening system for amblyopia. *Ophthalmology*. 2012 Jun;119(6):1265–71.
23. Von Noorden. Von Noorden G. *Binocular vision and ocular motility*, 6th ed. St Louis : Mosby ; 2002.
24. Audren,. *Physiopathologie de l’amblyopie fonctionnelle et de l’amblyopie organique*. In : Péchereau A. *L’amblyopie*. Éd. A & J Péchereau pour Lissac opticien/FNRO édition ; 2009, p. 71-82. En ligne : <http://www.amblyopie.net/Telechargement/Telechargement.html>.
25. Arnold RW. Amblyopia Risk Factor Prevalence. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2013 Apr 2;50(4):213–7.
26. Donahue SP, Arnold RW, Ruben JB, AAPOS Vision Screening Committee. Preschool vision screening: what should we be detecting and how should we report it? Uniform guidelines for reporting results of preschool vision screening studies. *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2003 Oct;7(5):314–6.
27. Donahue SP, Arthur B, Neely DE, Arnold RW, Silbert D, Ruben JB. Guidelines for automated preschool vision screening: A 10-year, evidence-based update. *J Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus JAAPOS*. 2013 Feb 1;17(1):4–8.
28. Repka MX, Kraker RT, Holmes JM, Summers AI, Glaser SR, Barnhardt CN, et al. Atropine vs patching for treatment of moderate amblyopia: follow-up at 15 years of age of a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*. 2014 Jul;132(7):799–805.
29. Bourne RRA, Stevens GA, White RA, Smith JL, Flaxman SR, Price H, et al. Causes of vision loss worldwide, 1990–2010: a systematic analysis. *Lancet Glob Health*. 2013 Dec 1;1(6):e339–49.
30. Ma Y, Qu X, Zhu X, Xu X, Zhu J, Sankaridurg P, et al. Age-Specific Prevalence of Visual Impairment and Refractive Error in Children Aged 3-10 Years in Shanghai, China. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016 Nov 1;57(14):6188–96.
31. Myopia - The Lancet [Internet]. [cited 2019 Aug 3]. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)60272-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)60272-4/fulltext)
32. Chassine T, Villain M, Hamel CP, Daien V. How can we prevent myopia progression? *Eur J Ophthalmol*. 2015 Aug;25(4):280–5.
33. Rapport SFO - Strabisme [Internet]. [cited 2018 Dec 30]. Available from: https://www.em-consulte.com/em/SFO/2013/html/file_100012.html
34. Kvarnström G, Jakobsson P, Lennerstrand G. Visual screening of Swedish children: An ophthalmological evaluation. *Acta Ophthalmol Scand*. 2001;79(3):240–4.
35. Williams C, Northstone K, Harrad RA, Sparrow JM, Harvey I. Amblyopia treatment outcomes after screening before or at age 3 years: follow up from randomised trial. *BMJ*. 2002 Jun 29;324(7353):1549.

36. de Koning HJ, Groenewoud JH, Lantau VK, Tjiam AM, Hoogeveen WC, de Faber JTHN, et al. Effectiveness of screening for amblyopia and other eye disorders in a prospective birth cohort study. *J Med Screen*. 2013 Jun 1;20(2):66–72.
37. Schmucker C, Grosselfinger R, Riemsma R, Antes G, Lange S, Lagrèze W, et al. Effectiveness of screening preschool children for amblyopia: a systematic review. *BMC Ophthalmol*. 2009 Jul 16;9(1):3.
38. Powell C, Hatt SR. Vision screening for amblyopia in childhood. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2009 [cited 2019 Jul 6];(3). Available from: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD005020.pub3/abstract>
39. Mathers M, Keyes M, Wright M. A review of the evidence on the effectiveness of children's vision screening. *Child Care Health Dev*. 2010;36(6):756–80.
40. Williams C, Northstone K, Harrad RA, Sparrow JM, Harvey I, ALSPAC Study Team. Amblyopia treatment outcomes after preschool screening v school entry screening: observational data from a prospective cohort study. *Br J Ophthalmol*. 2003 Aug;87(8):988–93.
41. Jonas DE, Amick HR, Wallace IF, Feltner C, Schaaf EBV, Brown CL, et al. Vision Screening in Children Aged 6 Months to 5 Years: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA*. 2017 Sep 5;318(9):845–58.
42. Donahue SP. How often are spectacles prescribed to “normal” preschool children? *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2004 Jun;8(3):224–9.
43. Webber A, Wood J, Gole G, Brown B. Effect of Amblyopia on Self-Esteem in Children. *Optom Vis Sci*. 2008 Nov 1;85(11):1074–81.
44. Koklanis K, Abel LA, Aroni R. Psychosocial impact of amblyopia and its treatment: a multidisciplinary study. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2006;34(8):743–50.
45. Holmes JM, Beck RW, Repka MX, Leske DA, Kraker RT, Blair RC, et al. The Amblyopia Treatment Study Visual Acuity Testing Protocol. *Arch Ophthalmol*. 2001 Sep 1;119(9):1345–53.
46. Majeed M, Williams C, Northstone K, Ben-Shlomo Y. Are there inequities in the utilisation of childhood eye-care services in relation to socio-economic status? Evidence from the ALSPAC cohort. *Br J Ophthalmol*. 2008 Jul;92(7):965–9.
47. Carlton J, Karnon J, Czoski-Murray C, Smith KJ, Marr J. The clinical effectiveness and cost-effectiveness of screening programmes for amblyopia and strabismus in children up to the age of 4-5 years: a systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess Winch Engl*. 2008 Jun;12(25):iii, xi–194.
48. Solebo AL, Cumberland PM, Rahi JS. Whole-population vision screening in children aged 4–5 years to detect amblyopia. *The Lancet*. 2015 Jun 6;385(9984):2308–19.
49. Preschool Vision Screening: Where We Have Been and Where We Are Going. *Am J Ophthalmol*. 2018 Oct 1;194:xviii–xxiii.
50. Haute Autorité de Santé - Dépistage précoce des troubles de la fonction visuelle chez l'enfant pour prévenir l'amblyopie [Internet]. [cited 2019 Jul 6]. Available from: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_272178/fr/depistage-precoce-des-troubles-de-la-fonction-visuelle-chez-l-enfant-pour-prevenir-l-amblyopie
51. Hopkins S, Sampson GP, Hendicott P, Wood JM. Review of guidelines for children's vision screenings. *Clin Exp Optom*. 2013 Sep;96(5):443–9.
52. Arnold RW, Armitage MD. Performance of Four New Photoscreeners on Pediatric Patients With High Risk Amblyopia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2014 Jan 3;51(1):46–52.
53. Lan W, Zhao F, Li Z, Zeng J, Liu W, Lu J, et al. Validation and Cost-effectiveness of a Home-Based Screening System for Amblyopia. *Ophthalmology*. 2012 Jun 1;119(6):1265–71.

54. Perera C, Chakrabarti R, Islam FMA, Crowston J. The Eye Phone Study: reliability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology. *Eye Lond Engl*. 2015 Jul;29(7):888–94.
55. Tofigh S, Shortridge E, Elkeeb A, Godley BF. Effectiveness of a smartphone application for testing near visual acuity. *Eye Lond Engl*. 2015 Nov;29(11):1464–8.
56. Aslam TM, Parry NRA, Murray IJ, Salleh M, Col CD, Mirza N, et al. Development and testing of an automated computer tablet-based method for self-testing of high and low contrast near visual acuity in ophthalmic patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016 May 1;254(5):891–9.
57. Phung L, Gregori NZ, Ortiz A, Shi W, Schiffman JC. REPRODUCIBILITY AND COMPARISON OF VISUAL ACUITY OBTAINED WITH SIGHTBOOK MOBILE APPLICATION TO NEAR CARD AND SNELLEN CHART. *Retina Phila Pa*. 2016 May;36(5):1009–20.
58. Pathipati AS, Wood EH, Lam CK, Sáles CS, Moshfeghi DM. Visual acuity measured with a smartphone app is more accurate than Snellen testing by emergency department providers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 2016 Jun;254(6):1175–80.
59. Zhang Z, Zhang S, Huang X, Liang L. A pilot trial of the iPad tablet computer as a portable device for visual acuity testing. *J Telemed Telecare*. 2013 Jan;19(1):55–9.
60. Bastawrous A, Rono HK, Livingstone IAT, Weiss HA, Jordan S, Kuper H, et al. Development and Validation of a Smartphone-Based Visual Acuity Test (Peek Acuity) for Clinical Practice and Community-Based Fieldwork. *JAMA Ophthalmol*. 2015 Aug;133(8):930–7.
61. Park H-JS, Hampp C, Christoff A, Yoo SH. Validation of iPad-based simplified visual acuity testing in children. *J Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus JAAPOS*. 2014 Aug 1;18(4):e7–8.
62. Kupl MT, Dobson V, Peskin E, Quinn GF, Schmidt P. The electronic visual acuity tester: testability in preschool children. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*. 2004;81(4):238–44.
63. Paysse EA, Camejo L, Hussein MAW, Coats DK. Parent-administered visual acuity testing: is it reliable and can it improve office efficiency? *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2004 Aug;8(4):332–7.
64. Aslam TM, Tahir HJ, Parry NRA, Murray IJ, Kwak K, Heyes R, et al. Automated Measurement of Visual Acuity in Pediatric Ophthalmic Patients Using Principles of Game Design and Tablet Computers. *Am J Ophthalmol*. 2016 Oct;170:223–7.
65. Ma DJ, Yang HK, Hwang J-M. Reliability and Validity of an Automated Computerized Visual Acuity and Stereoacuity Test in Children Using an Interactive Video Game. *Am J Ophthalmol*. 2013 Jul 1;156(1):195-201.e1.
66. Toner KN, Lynn MJ, Candy TR, Hutchinson AK. The Handy Eye Check: a mobile medical application to test visual acuity in children. *J Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2014 Jun;18(3):258–60.
67. de Venecia B, Bradfield Y, Trane RM, Bareiro A, Scalamogna M. Validation of Peek Acuity application in pediatric screening programs in Paraguay. *Int J Ophthalmol*. 2018 Aug 18;11(8):1384–9.
68. Rono HK, Bastawrous A, Macleod D, Wanjala E, Di Tanna GL, Weiss HA, et al. Smartphone-based screening for visual impairment in Kenyan school children: a cluster randomised controlled trial. *Lancet Glob Health*. 2018 Aug;6(8):e924–32.
69. Barriel V. Ces 1,4% qui nous séparent des chimpanzés ! *médecine/sciences*. 2004 Oct 1;20(10):859–61.
70. Neuroophtalmologie. 2eme edition.elsevier Masson.

71. Thèse Noémie Stoll “Developpement et validation d’une nouvelle méthode de mesure de l’acuité visuelle sur tablette en population pédiatrique. Test E-Mova”.2017.
72. Andersen RD, Langius-Eklöf A, Nakstad B, Bernklev T, Jylli L. The measurement properties of pediatric observational pain scales: A systematic review of reviews. *Int J Nurs Stud.* 2017 Aug 1;73:93–101.
73. Lee S, Matsumori K, Nishimura K, Nishimura Y, Ikeda Y, Eto T, et al. Melatonin suppression and sleepiness in children exposed to blue-enriched white LED lighting at night. *Physiol Rep* [Internet]. 2018 Dec 16 [cited 2019 Aug 4];6(24). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6295443/>
74. Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis.* 2016 Jan 24;22:61–72.

ANNEXE 1 : Manuel d'utilisation de la tablette



L'outil numérique développé est destiné à évaluer l'acuité visuelle des enfants. Ce projet s'inscrit dans un champ d'activité visant la modernisation des outils ophtalmologiques usuels par l'utilisation des nouvelles technologies. L'objectif global consiste à produire un programme informatique de type application smartphone et tablette tactile fonctionnant sous système d'exploitation mobile Android. Ce nouvel outil a été pensé et créé par la plateforme SILABE et l'équipe du Pr Arnaud Sauer à des fins de dépistage précoce de troubles de l'acuité visuelle chez les jeunes enfants mais également pour évaluer la récupération fonctionnelle post-opératoire à partir de deux tablettes tactiles interconnectées.

I. Matériel et caractéristiques techniques

Tablettes tactiles : Samsung Galaxy Tab A

- Système d'exploitation Android
- 3G/ 4G
- Écran 7,0" (17,77cm) LCD TFT WXGA (1280 x 800)
- Processeur Quad Core 1,5 GHz
- Mémoire RAM : 1,5 Go
- Appareil photo 5 mégapixels autofocus
- Caméra frontale 2 mégapixels
- Lecteur vidéo Full HD (1080p) Extrêmement vidéo HD (720p)
- GPS / GLONASS
- Batterie 4000 mAh (Li-ion)



Programme :

Le programme est une application d'environ 250Ko développée en langage Java, HTML, CSS et JavaScript destinée à fonctionner sur système d'exploitation de type Android.

L'application a été produite à l'aide des outils de développement suivants : Android Studio et Notepad ++



II. Principe de fonctionnement de l'application

Principe général

Une fois les tablettes connectées, le programme offre les fonctionnalités suivantes :

- Allouer l'une ou l'autre des deux tablettes en tant que tablette de présentation ou tablette de réponse.
- Accès à l'interface de gestion général de l'application sur la tablette de réponse.
- Sélection d'une tâche selon les paramètres suivants :
 - La distance de présentation (3m ou 5m)
 - Le mode souhaité (entraînement ou séries de test)
 - La série de test souhaitée pendant la passation
- Paramétrer et créer un profil de nouveau patient selon les paramètres suivants : nom-prénom de l'enfant, le numéro de dossier, la date de naissance de l'enfant, la sélection de l'école et s'il est porteur ou non d'un dispositif de correction oculaire.
- Sélection et utilisation d'un profil créé et existant.
- Consultation des sessions réalisées par un enfant et ses résultats (taux de réussite/nombre d'essais/temps de réaction/acuité visuelle correspondante).
- Annotation de critères secondaires tels que la compréhension du test, l'attention de l'enfant, les conditions de réalisation du test.
- Consulter directement les résultats à partir de l'application.
- Consulter les résultats par participants.
- Supprimer les résultats d'un profil.
- Extraire l'ensemble des résultats sous forme de tableau de type .csv ou de fichiers séparés par enfant.
- Supprimer l'ensemble de l'historique de test

Séries de test

L'application offre la possibilité de tester au choix une série complète, correspondant aux trois conditions suivantes présentées de manière successive : (1) Les deux yeux ouverts puis (2) l'œil droit uniquement ouvert puis (3) l'œil gauche uniquement ouvert, ou bien se limiter à tester une ou deux des trois conditions.

Description du test d'acuité visuelle

Le test d'acuité visuelle créé est basé sur le test de **Bassano-Weiss (RW)** et utilise comme optotype le E de **Baskin**.



IV. Tutoriel

1. Démarrer les deux tablettes en appuyant quelques secondes sur le bouton de démarrage de la tablette situé sur le côté, en haut à droite et attendre l'apparition de l'écran d'accueil.



2. Ouvrir l'application "Visual Acuity Test" sur les deux tablettes en appuyant sur l'icône.

3. Au démarrage l'application demandera de relier les tablettes entre elles en activant le Bluetooth. Il suffira d'autoriser en appuyant sur 'oui' sur chacune des deux tablettes.

Le Bluetooth s'active automatiquement tout comme l'appariement des deux tablettes.



4. L'application démarre puis propose d'allouer l'une ou l'autre des tablettes en mode d'affichage ou réponse.



Choisir ainsi l'un ou l'autre des modes en appuyant sur la case correspondante.



Lorsque les deux tablettes s'apparient il se peut qu'elles affichent cette fenêtre d'attente.





5. Une fois le mode choisi, la **tablette d'affichage** présente un écran noir de manière à économiser de la batterie et la **tablette réponse** offre le choix de réaliser le test à 3m ou 5m.
 Pour sélectionner l'une ou l'autre des distances il suffit d'appuyer sur la case correspondante.



6. Lorsque la distance de test est sélectionnée, un menu apparaît (1) avec la possibilité de choisir parmi 3 possibilités :

- Créer le profil d'un nouvel enfant (Nom et numéro).
- Sélection du dernier enfant évalué dont le profil a déjà été créé. (Ceci permet de rétester une condition de test ou de continuer les tests avec un enfant ayant déjà été évalué)
- Consulter l'ensemble des résultats.



6.1. Passation du test avec création d'un profil "Nouvel enfant" sur la tablette réponse

- Appuyer sur la case nouvel enfant. Une fenêtre s'ouvre permettant de renseigner le nom et prénom de l'enfant (2). Une fois chose faite appuyer sur 'OK'. Une deuxième fenêtre coere permettant d'indiquer le numéro de dossier de l'enfant (3). La procédure est identique, renseigner le numéro de patient puis appuyer sur 'OK'.



Une nouvelle fenêtre apparaît et permet de paramétrer la date de naissance de l'enfant (4). Appuyer sur les flèches pour entrer la date de naissance (Jour / Mois / Année) un menu déroulant est proposé, choisir la date correspondante pour le jour, mois et année puis appuyer sur 'OK'. La fenêtre suivante (5) permet d'ajouter l'école de l'enfant parmi une sélection préenregistrée. Pour ce faire, entrer la première lettre de l'école puis choisir parmi celles pré-sélectionnées (6).

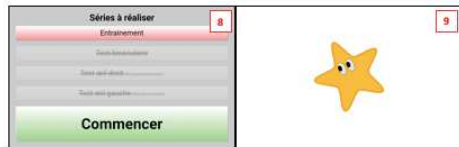


Pour terminer, il ne reste plus qu'à indiquer si l'enfant est appareillé, s'il porte des lunettes le jour du test et si sa vision est prise en charge par un professionnel de santé. Pour se faire cocher sur l'écran (7) les cases correspondantes puis appuyer sur 'OK'.



- Lorsque le profil du nouvel enfant est créé, un nouveau menu intitulé 'Séries à réaliser' apparaît avec la possibilité de choisir les séries à effectuer. Toutefois, l'application débute en proposant une phase d'entraînement consistant en la présentation d'une succession de stimuli de taille maximum correspondant à une vision de 110° (8). Les 3 autres séries de test sont désélectionnées par défaut mais peuvent être facilement activées si souhaité. Pour démarrer l'entraînement appuyer sur la case 'commencer'.

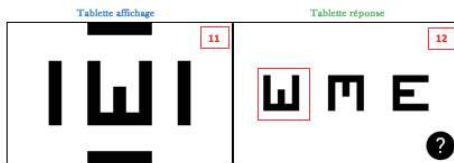
La tablette réponse affichera une étoile ce qui annonce que la passation peut commencer (9). Pour lancer l'entraînement test il suffit d'appuyer sur l'étoile.



- Après avoir appuyé sur l'étoile, suivre les instructions présentées sur l'écran de la tablette réponse (10).



- Lorsque l'entraînement commence, la **tablette d'affichage** (11) affiche le premier optotype correspondant au plus gros optotype. Pour répondre l'enfant devra utiliser la **tablette réponse** (12) et appuyer sur l'optotype correspondant à celui présenté sur la **tablette d'affichage**.



Si l'enfant évalué ne sait pas la réponse il peut appuyer sur le bouton ? afin de ne pas répondre au hasard. L'essai sera considéré comme passé.

Lorsque le patient répond correctement il est affiché un smiley souriant avec les poignes levés vers le haut. Si la réponse est incorrecte, un smiley faisant la grimace sera présenté pour indiquer l'erreur.



- Une fois l'entraînement terminé, la fenêtre de choix des séries à réaliser réapparaît (13) avec la case entraînement désélectionnée avant de démarrer l'ensemble du test, ce qui offre le choix à l'expérimentateur de décider des séries à effectuer.

En effet, si l'expérimentateur souhaite se limiter à ne tester que l'une ou deux des trois conditions il suffit d'appuyer sur les cases des séries à ne pas réaliser (14, ex : test œil droit est désélectionné).



- Une fois la ou les séries sélectionnées appuyer sur la case 'commencer' ce qui initiera la phase de test (15).



Tout comme pour la phase d'entraînement, la tablette réponse affichera une étoile ce qui annonce que la passation peut commencer (16). Pour lancer le test il suffit d'appuyer sur l'étoile.

- Avant le lancement du test, une fenêtre correspondant à la condition de test de la série à effectuer s'affiche indiquant la série et les conditions requises pour la série à réaliser, c'est à dire cacher ou non l'œil qui ne sera pas évalué (6) Test binoctaire (17) ; (6) Test œil droit (18) ; (6) Test œil gauche (19).

Pour continuer et commencer la présentation des optotypes suivre les indications à l'écran.



ANNEXE 2 : Cahier de recueil des données

Cahier de recueil des données :

Date :

Opérateur :

Contexte d'évaluation de l'acuité visuelle :

- Contrôle
- Strabisme
- Pathologie spécifique :

Test d'acuité visuelle habituel

- Séquence de réalisation : 1^{er} 2^{ème}
- Acuité visuelle du test : OD :
OG :
ODG :
- Durée du test : OD
OG
ODG
- Compréhension du test : 1 2 3 4 5
- Attention : 1 2 3 4 5
- Hétéro évaluation (échelle FLACC) si réalisée :
.../ 10 avant le test
.../10 pendant le test
.../10 après le test
- Remarques :

Test Tablettes

- Séquence de réalisation : 1^{er} 2^{ème}
- Acuité visuelle du test : OD :
OG :
ODG :
- Durée du test : OD
OG
ODG
- Compréhension du test : 1 2 3 4 5
- Attention : 1 2 3 4 5

- **Hétéro évaluation (échelle FLACC) si réalisée :**
.../ 10 avant le test
.../10 pendant le test
.../10 après le test

- **Remarques :**

Préférences :

- **Quel test l'enfant préférerait-il faire à la prochaine consultation**
Monoyer Tablettes
Pourquoi ?

- **Quel test les parents préféreraient-ils que nous proposons à leur enfant lors d'une**
prochaine consultation ?
Monoyer Tablettes
Pourquoi ?

ANNEXE 3 Echelle FLACC :

ÉCHELLE FLACC : Face Legs Activity Cry Consolability

Élaborée pour évaluer la douleur postopératoire chez l'enfant de 2 mois à 7 ans

Validée pour mesurer la douleur des soins de 5 à 16 ans – Utilisable pour mesurer la douleur des soins de la naissance à 18 ans

Chaque item est coté de 0 à 2 – Score de 0 à 10

	Date Heure				
		Avant le soin	Pendant le soin	Après le soin	Avant le soin
VISAGE	0	Pas d'expression particulière ou sourire			
	1	Grimace ou froncement occasionnel des sourcils, retrait, désintéressé			
	2	Froncements fréquents à permanents des sourcils, mâchoires serrées, tremblement du menton			
JAMBES	0	Position habituelle ou détendue			
	1	Gêné, agité, tendu			
	2	Coups de pieds ou jambes recroquevillées			
ACTIVITÉ	0	Allongé calmement, en position habituelle, bouge facilement			
	1	Se tortille, se balance d'avant en arrière, est tendu			
	2	Arc-bouté, figé, ou sursaute			
CRIS	0	Pas de cris (éveillé ou endormi)			
	1	Gémissements ou pleurs, plainte occasionnelle			
	2	Pleurs ou cris constants, hurlements ou sanglots, plaintes fréquentes			
CONSOLABILITÉ	0	Content, détendu			
	1	Rassuré occasionnellement par le toucher, l'étreinte ou la parole. Peut être distrait			
	2	Difficile à consoler ou à reconforter			
SCORE TOTAL					
OBSERVATIONS					

Merkel SI, Voepel-Lewis T, Shayevitz JR, Malviya S. The FLACC : a behavioral scale for scoring postoperative pain in young children. *Pediatr Nursing* 1997 ; 23 : 293-7.

Traduction par l'équipe de l'Unité d'évaluation et de traitement de la douleur, Centre hospitalier universitaire Robert Debré, Paris, France.
Contre-traduction par le Dr Marie-Claude Grégoire, IWK Health Center, Dalhousie University, Halifax, Canada et par le Dr Peter Jones, Centre hospitalier universitaire Robert Debré, Paris, France.

*Il existe une présentation pour la douleur des soins (mêmes items) et une version pour la personne avec handicap cognitif (items un peu différents).
Instructions au verso*

Instructions

Patients éveillés : Observer pendant au moins 2 à 5 minutes. Observer les jambes et le corps découverts. Repositionner le patient ou observer sa motricité, évaluer la rigidité et le tonus. Consoler le patient si nécessaire.

Patients endormis : Observer pendant au moins 5 minutes ou plus. Observer les jambes et le corps découverts. Si possible repositionner le patient. Toucher le corps et évaluer sa rigidité et son tonus.

Visage

Cotez 0 si le patient a un visage détendu, un contact visuel et s'il manifeste de l'intérêt pour son environnement.

Cotez 1 si le patient a une expression du visage anxieuse, les sourcils froncés, les yeux mi-clos, les pommettes surélevées, la bouche pincée.

Cotez 2 si le patient a des plis marqués sur le front (le front très crispé) et les yeux fermés, les mâchoires serrées ou la bouche ouverte et des sillons naso-labiaux accentués.

Jambes

Cotez 0 si le patient a une motricité et un tonus habituels au niveau des membres (jambes et bras).

Cotez 1 si le patient a un tonus augmenté, une rigidité, une tension, des mouvements de flexion-extension intermittents des membres.

Cotez 2 si le patient a une hypertonicité, les jambes raides, des mouvements de flexion-extension des membres exagérés, des tremulations.

Activité

Cotez 0 si le patient se mobilise facilement et librement, s'il a une activité motrice habituelle.

Cotez 1 si le patient change fréquemment de position ou au contraire hésite à bouger, si le torse est raide, si une partie du corps est tendue.

Cotez 2 si le patient est figé ou au contraire se balance, bouge sa tête de part et d'autre, frotte une partie de son corps.

Cris

Cotez 0 si le patient n'émet aucun cri ou gémissement, qu'il soit éveillé ou endormi.

Cotez 1 si le patient gémit, crie, pleure ou soupire de temps en temps.

Cotez 2 si le patient gémit, crie ou pleure fréquemment ou continuellement.

Consolabilité

Cotez 0 si le patient est calme et n'a pas besoin d'être consolé.

Cotez 1 si le patient est réconforté par le toucher ou la parole en 30 à 60 secondes.

Cotez 2 si le patient a besoin d'être réconforté en permanence ou ne peut être consolé.

À chaque fois qu'il est possible, l'évaluation comportementale de la douleur doit être associée à une autoévaluation. Quand celle-ci est impossible, l'interprétation des manifestations comportementales de la douleur et la prise de décision thérapeutique nécessitent une analyse attentive du contexte dans lequel les manifestations de douleur ont été observées.

Chaque item est coté de 0 à 2, ce qui donne un score total entre 0 et 10 :

0 = détendu et confortable

1-3 = léger inconfort

4-6 = douleur modérée

7-10 = douleur sévère ou inconfort majeur

Université
de Strasbourg



Faculté
de médecine

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Document avec signature originale devant être joint :

- à votre mémoire de D.E.S.

- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : Di FOGGIA Prénom : EISA

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics,

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente,

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Ne pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

A écrire à la main : « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète.

Signature originale :

A STRASBOURG le 04/09/19.

Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.

Résumé :

Introduction

L'amblyopie représente un important problème de santé publique de par ses retentissements médicaux et socio-économiques. Un dépistage précoce et efficace s'avère nécessaire et permet de traiter une grande partie des troubles visuels.

Dans un objectif d'amélioration du dépistage dans la population pédiatrique, une application de test d'acuité visuelle disponible sur tablettes Android* a été développée en collaboration entre le service d'Ophtalmologie du CHU de Strasbourg et l'Université de Strasbourg. Afin de valider ce nouveau test, une étude comparative avec les tests d'acuité visuelle utilisés en pratique clinique courante chez les enfants de 3 à 10 ans a été réalisée.

Matériels et Méthodes

Cette étude, réalisée en monocentrique de novembre 2018 à février 2019 dans le service d'ophtalmo-pédiatrie du CHU de Strasbourg, concernait tous les enfants âgés de 3 à 10 ans se présentant en consultation. Nous avons réalisé une étude de concordance et une étude de non infériorité comparant notre test sur tablette aux tests de mesure d'acuité visuelle habituellement utilisés dans le service (Monoyer, Pigassou, E de Snellen). Les résultats en termes d'acuité visuelle ont été comparés ainsi que la durée de réalisation, la compréhension, l'attention et la pénibilité pour chaque test.

Résultats

L'étude a montré une bonne concordance entre les deux tests concernant la mesure de l'acuité visuelle, ainsi qu'une non infériorité du test sur tablette par rapport aux tests d'acuité visuelle habituels. Les durées de réalisation, la compréhension, l'attention et la pénibilité pour chaque test n'étaient pas statistiquement différentes. En comparaison aux méthodes classiques, l'utilisation de la tablette a été désignée comme méthode préférée par 95% des enfants et 81% de leurs parents en raison d'une grande facilité d'utilisation, d'une pratique plus ludique, et d'une meilleure acceptabilité de la part des enfants.

Conclusion

Ce test sur tablette apparaît comme aussi efficace pour détecter une baisse d'acuité visuelle que les méthodes classiques. Il présente l'avantage d'être apprécié à la fois par les parents et les enfants, ce qui en fait un outil de dépistage intéressant qui reste à développer sur une plus grande cohorte.

Rubrique de classement : Diplôme d'étude spécialisées

Mots Clés : Amblyopie, acuité visuelle, dépistage, pédiatrie,

Présidente : Professeur Claude Speeg-Schatz

Assesseurs : Pr Arnaud Sauer, Pr Tristan Bourcier, Dr Laurent Ballonzoli, Dr Pauline Heitz

Adresse de l'auteur : Elsa Di Foggia, 20 Rue du Marechal Foch 67000 Strasbourg