

DIU - Imagerie et Pathologie Rétiniennes

Dépistage de la RD, Télémédecine, Intelligence Artificielle et évolutions futures

A. Erginay



**Hôpital Lariboisière
Hôpital Saint Louis
AP-HP.Nord**

Déclaration d'intérêts

Dr A Erginay

Aucune implication financière

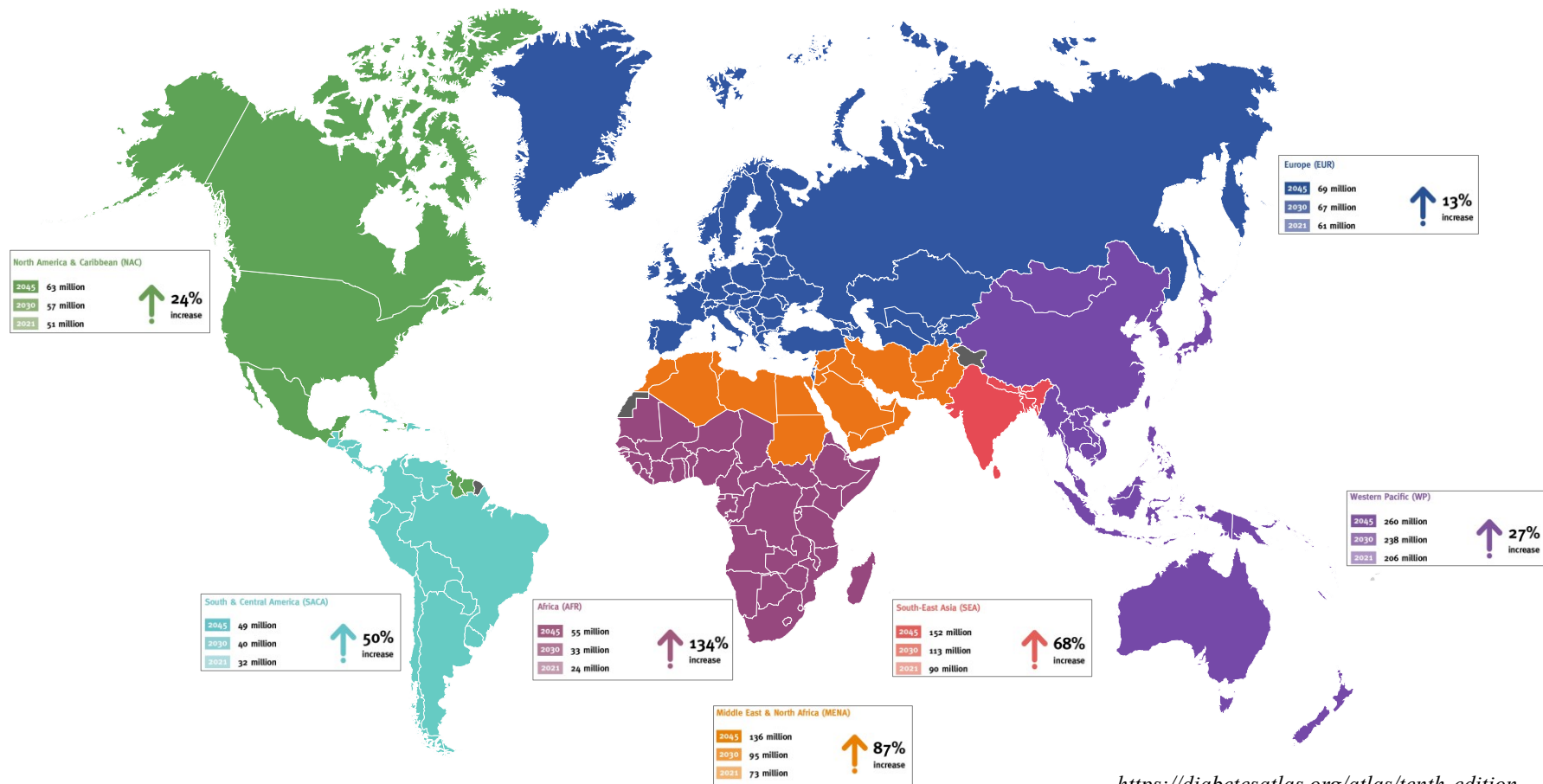
Pourquoi le dépistage de la RD?

- Le Diabète: Maladie fréquente
 - **537** millions de patients diabétiques âgées de 20 à 79 ans en **2021** (1 adulte sur 10) et **784** pour **2045**¹
 - près de 50% des diabétiques ne sont pas diagnostiqués au niveau mondial (40% au niveau européen) ¹
 - Une mort liée au diabète toutes le 6 secondes
- En 2021, environs 3,6 millions de personnes en France sont diabétiques, mais environ 1 million d'entre elles l'ignorent !
- Prévalence de la RD : 30% des diabétiques
- 1,4 million de personnes avec une RD en France sur 3,6 millions de patients diabétiques
- Le nombre de diabétiques pourrait augmenter de près de 8 % en France, et atteindre les 5 millions à l'horizon 2045

- META-EYE Study, Diabetes Care 2012
 - 35 études (1980-2008) incluant 22 896 individus diabétiques
 - Prévalence de la RD: 34.6%
 - Prévalence de la RD proliférante: 6.96%
 - Prévalence de l'œdème maculaire diabétique : 6.81%

- L'œdème maculaire diabétique (OMD) est la principale cause de malvoyance dans la population active dans le monde . Il concerne 10 % de la population diabétique (>50M) et 30 % des diabétiques après 20 ans d'évolution.

Number of people with diabetes : Aged 20–79 years globally and by IDF region



Pourquoi le dépistage de la RD?

- 1000 patients deviennent aveugles chaque année en France à cause du diabète
- La baisse visuelle ne survient qu'après une longue période d'évolution silencieuse de la RD et elle est causée par ses complications



2/3 des cas de cécité pourraient être évités si la rétinopathie était dépistée et traitée à temps

- Diagnostic possible à un stade préclinique, en utilisant un outil de diagnostic fiable non invasif
 - Examen du FO et photos
- La **photographie du fond d'œil** (FO) et sa **télétransmission** permettent d'améliorer le dépistage annuel de la RD avec un accès aux soins d'un plus grand nombre de patients diabétiques en économisant le temps médical.

Dépistage de la Rétinopathie Diabétique par Télémédecine

Une méthode de dépistage largement répandue depuis le début des années 1980 en Europe de Nord et aux USA.

- La télémédecine définie par l'article L.6316-1 du code de santé publique est « **une forme de pratique médicale à distance utilisant les technologies de l'information et de la communication** ».
- La télémédecine est entrée en 2019 dans le droit commun des pratiques médicales.

Concrètement, la téléconsultation est remboursée par l'assurance maladie depuis le 15 septembre 2019, à l'instar des consultations « classiques ».

HAS: Examens de dépistage de la RD

Recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS): Diabète type 1 adulte/enfant, diabète type 2, rapport rétinographie (2007)

- La biomicroscopie réalisée par l'ophtalmologiste reste validée.
- En première intention: **photographies du FO** avec ou sans dilatation
- **À défaut** ophtalmoscopie indirecte à la LAF lampe à fente avec dilatation
<http://www.has-sante.fr>
- Photographie du FO est plus sensible que l'ophtalmoscopie pour détecter la rétinopathie diabétique¹, mais présente comme inconvénient l'impossibilité d'obtenir des clichés interprétables chez certains patients (cataracte, myosis...)
 - meilleure qualité si dilatation
- Dissociation prise de photos/lecture  **Télémédecine**

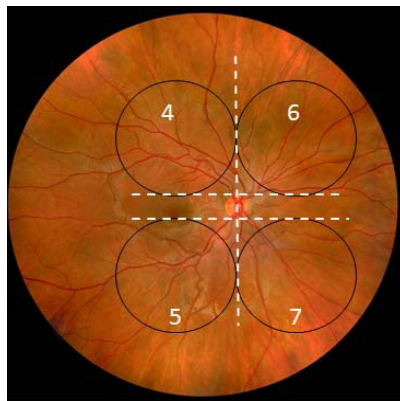
¹ The sensitivity and specificity of single-field nonmydriatic monochromatic digital fundus photography with remote image interpretation for diabetic retinopathy screening: a comparison with ophthalmoscopy and standardized mydriatic color photography.

Lin DY, Blumenkranz MS, Brothers RJ, Grosvenor DM. Am J Ophthalmol 2002;134:204-213

Comment ?

Rétinographes **Non Mydriatiques** numérisés

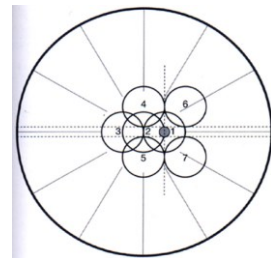
- système de mise au point semi automatique
- en lumière infrarouge (peu éblouissant)
- facilité d'emploi
- image numérique de haute définition
- peu onéreux, peu encombrants



Combien de champs ?

L'examen de référence de l' **ETDRS** :

Photographies **stéréoscopiques** de **7 champs** en **30°** du FO (35° pour Topcon)



Méthode sensible, spécifique, reproductible, utile pour étude prospective thérapeutique mais trop COMPLEXE pour la pratique clinique

Conférence Européenne sur le dépistage de la RD en Europe : Screening for Diabetic Retinopathy in Europe, 15 years after the Declaration of St Vincent

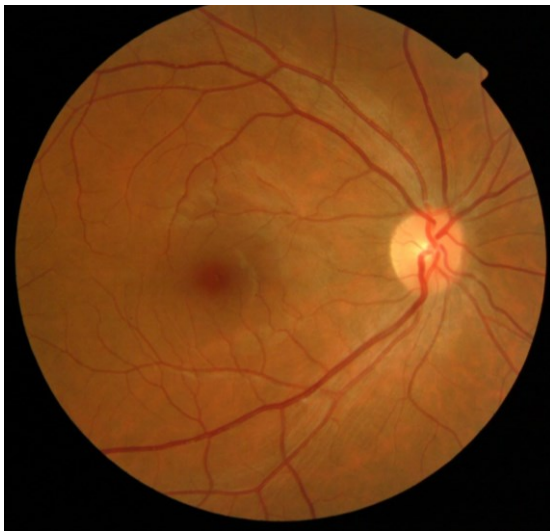
(*The Liverpool Declaration 2005*, <http://www.drscreening2005.org.uk>)

Recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS): Diabète type 1 adulte/enfant, Diabète type 2, Rapport rétinographie (2007), <http://www.has-sante.fr>

- La photographie du FO est une méthode de référence pour dépister la RD.
- 2 photographies de 45° (avec ou sans dilatation pupillaire) centrées sur la macula et la région nasale



Pour que les clichés d'un œil soient jugés interprétables, il est indispensable que les 2 clichés obligatoires maculaire et nasal, soient interprétables, en particulier la région centro-maculaire.



Qualité : Bonne

Bonne définition de l'image , bonne visibilité des détails (vaisseaux de deuxième ordre)

Toute l'image est analysable



Qualité : Moyenne, mais cliché interprétable .
Aspect modérément flou des petits vaisseaux.
Toute l'image est analysable

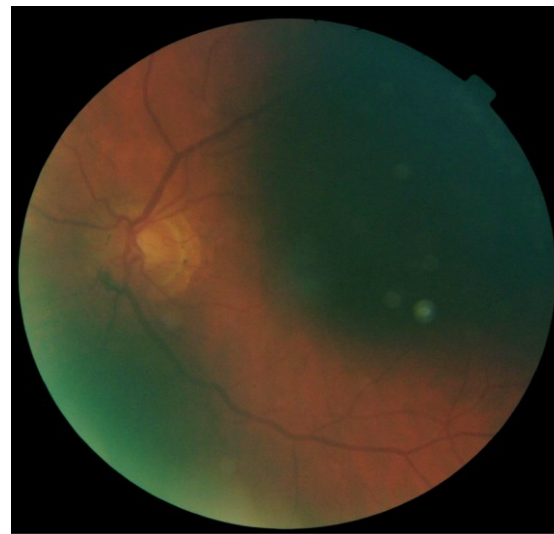


Qualité : Moyenne, mais cliché interprétable .

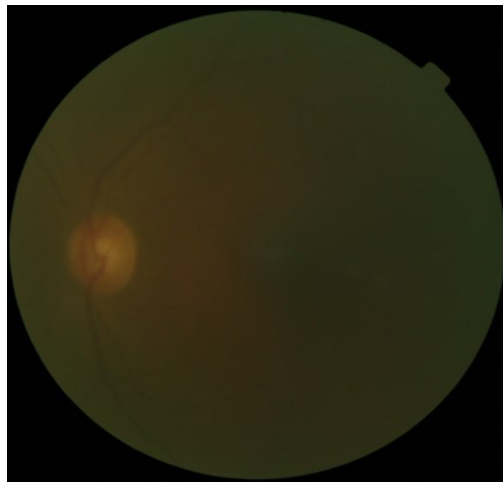
Plus des deux tiers de la photographie sont analysables, et la région centromaculaire est analysable



Cliché Non interprétable : la région centro maculaire n'est pas analysable



Cliché Non interprétable :
Moins des deux tiers de l'image sont analysables



Qualité : Mauvaise. Cliché non interprétable.
Les vaisseaux rétinien de deuxième ordre ne sont pas analysables

Dispositif régional de dépistage de la Rétinopathie Diabétique par Télémédecine/AP-HP

OphDiaT[©] Réseau de dépistage de la Rétinopathie Diabétique par Télémédecine

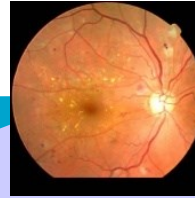
- Réseau de télémédecine pour le dépistage de la rétinopathie diabétique (RD), en place depuis 15 ans.
- Il est organisé en étoile avec, à chaque extrémité des branches, des sites de dépistage et en son milieu un centre de lecture, reliés par un serveur.

*Pr Pascale Massin,
Coordinatrice médicale et scientifique télémédecine OphDiaT[©]*

*Emmanuelle ROUX
Cadre Supérieur de Santé-Coordinatrice administrative télémédecine OphDiaT[©]*

Réseau régional de dépistage de la Rétinopathie par Télémédecine OphDiaT[©]

ORGANISATION



DOSSIER :
IMAGES
DONNÉES MÉDICALES

SITES DE DÉPISTAGE

PRISONS

RÉSEAUX DIABÈTE

SERVICES DE
DIABÉTOLOGIE

CENTRES MUNICIPAUX
DE SANTÉ

CENTRE D' EXAMEN DE
SANTÉ

ORTIF

CENTRE
DE LECTURE

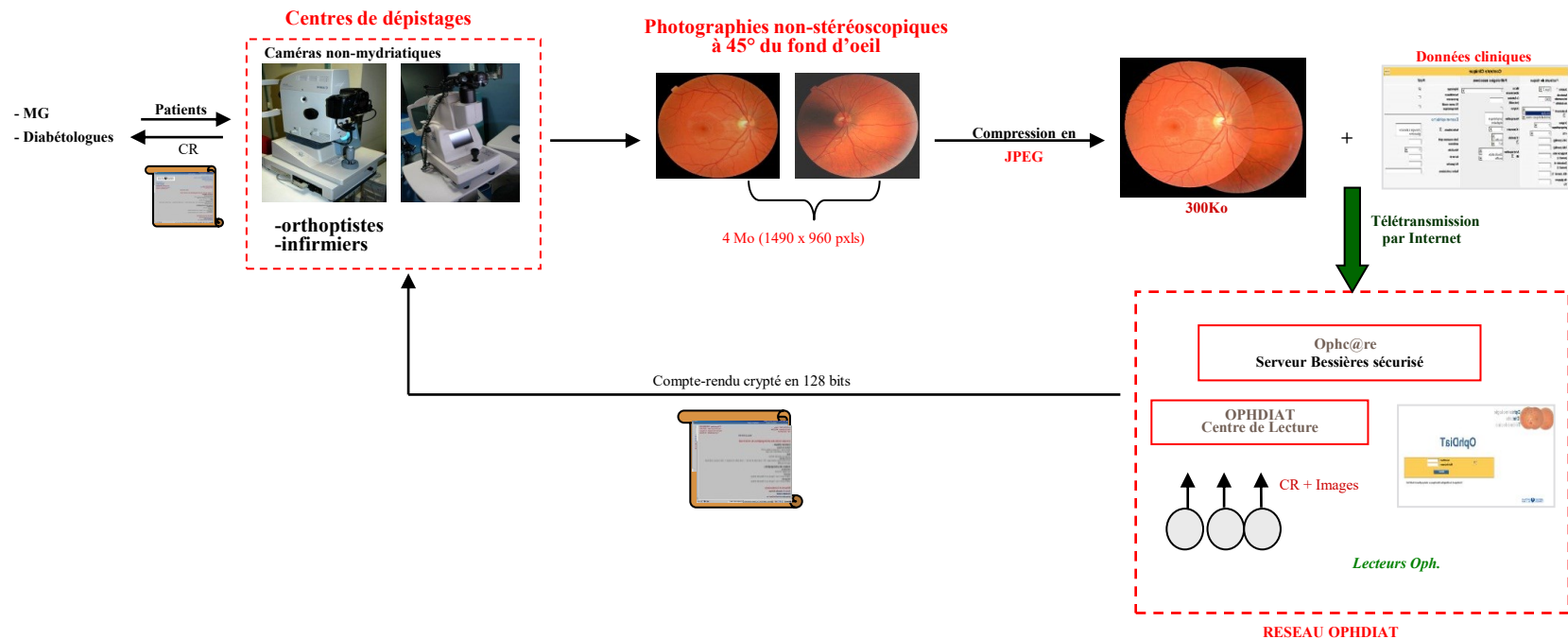


COMPTE-RENDU



Sites de dépistage
Les orthoptistes/infirmières
recueillent les informations
cliniques et prennent les
photographies du fond d'œil

Centre de lecture
Les ophtalmologistes se
connectent à tour de rôle
pour interpréter les
photographies présentes
sur le serveur



- Les sites de dépistage sont équipés d'un rétinographe non mydriatique dont le fonctionnement est assuré par une infirmière ou une orthoptiste formée.
- 2 clichés 45° par œil minimum (pôle postérieur + nasal)
- Les ophtalmologistes participant au centre de lecture établissent chacun à leur tour leur diagnostic à partir des dossiers envoyés par Internet.
- RD au stade 35 de l'ETDRS (pour toute RD > « Microanévrismes only ») + clichés ininterprétables et d'autres pathologies (glaucome, OVR, NO...) référées à l'ophtalmologiste

Procédures d'assurance qualité

Objectifs	Critère	Minimum QA Standards
S'assurer de la bonne qualité des images	Pourcentage de patients avec des clichés non interprétables dans au moins 1 oeil	< 10%
S'assurer de la qualité de la lecture	Concordance entre lecteurs	> 90%
S'assurer que les photos sont lues dans des délais acceptables	Temps entre la prise de photos et l'interprétation	80% < 48h
Pour maintenir l'expertise des lecteurs et éviter les erreurs dues à la fatigue	Nombre de patients lus par chaque lecteur chaque année	Minimum 500 Maximum 3000

OPHDIAT: quality-assurance programme plan and performance of the network.

Erginay A, Chabouis A, Viens-Bitker C, Robert N, Lecleire-Collet A, Massin P.

Diabetes Metab. 2008 Jun;34(3):235-42.

Portail de l'Espace Numérique Régional de Santé

**"La porte d'entrée des Professionnels de
Santé vers les services sanitaires et
médicaux-sociaux de SESAN"**

Login / Mdp



Carte CPS



Code Ephémère



AUTHENTIFICATION PAR IDENTIFIANTS

Identifiant

pmassin

[Pas de compte ?](#)

Mot de passe

.....

[Mot de passe oublié ?](#)

Valider

 Créer un télé dossier

Actions ▾

 Centre de dépistage 

Rechercher 

	Prio	État	Nom du patient	Centre de dépistage	Date de la demande	Actions
☐				Hôpital Cochin Port Royal APHP	Aujourd'hui à 12:04	   
☐				Hôpital Lariboisière APHP CUDC	Aujourd'hui à 12:11	   
☐				Hôpital Cochin Port Royal APHP	Aujourd'hui à 12:23	   
☐				Hôpital Bichat APHP	Aujourd'hui à 12:26	   
☐			ed	Hôpital Bichat APHP	Aujourd'hui à 12:31	   
☐				Hôpital Cochin Port Royal APHP	Aujourd'hui à 12:44	   
☐				CMS F Lamaze Le Blanc Mesnil	Aujourd'hui à 12:48	   
☐				Hôpital Cochin Port Royal APHP	Aujourd'hui à 13:00	   
☐				Hôpital Lariboisière APHP CUDC	Aujourd'hui à 13:13	   

- Patient
- Contexte
- Interprétation
- Historique

Facteurs de risques

Diabète *

Type 1

Précisez...

Année de découverte du diabète

1995

Diabète depuis

23

an(s)

Traitement *

☒ Insuline

☐ Antidiabétiques oraux

☐ Régime

Avec pompe

HTA

☒ Oui

☐ Non

Traitement

☐ Oui

☐ Non

Hb Glyquée (%)

9.2

Site émetteur

Centre de dépistage

Hôpital Cochin Port Royal APHP

Opérateur

Marie THONG

Antécédents ophtalmologiques

- ☐ Glaucome
- ☐ Cataracte opérée OD
- ☐ Cataracte opérée OG
- ☐ Autres

Dépistage précédent

Premier dépistage pour ce patient

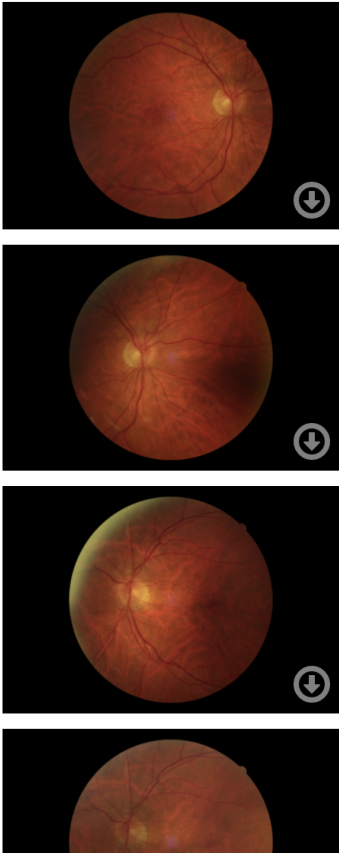
Motif

- ☒ Dépistage
- ☐ Surveillance grossesse
- SA
- ☐ FO avant modif thérapeutique
- ☐ Autres

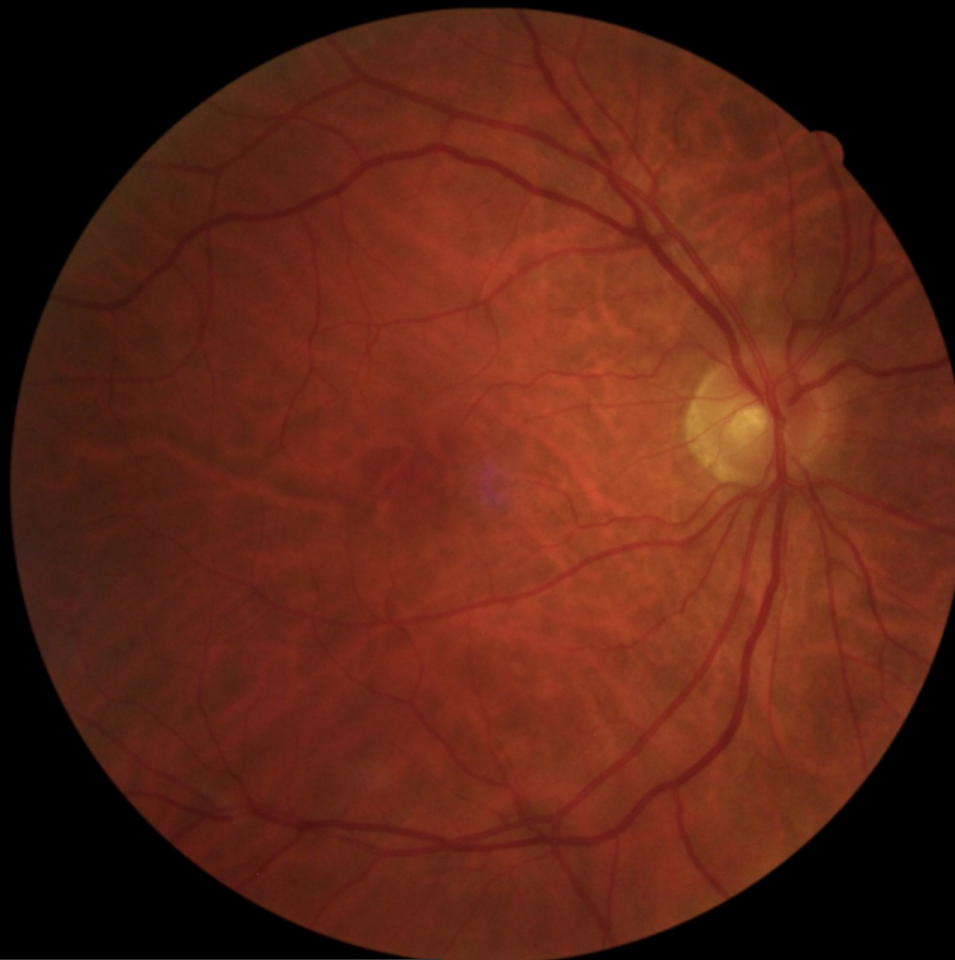
Notes

Aucunes notes dans ce dossier

Examen à interpréter



Sexe: F
ID: OP1010821



Settings panel with sliders and controls:

- Contrast: 0
- Brightness: 0
- Red: 0
- Green: 0
- Blue: 0

Buttons: Réinitialiser, [Icons]

Zoom controls: 100% 200% 300% 400%

Rédiger l'interprétation

Patient Contexte Interprétation Historique

Date de l'analyse Jeudi 26 Avril 2018

Oeil Droit

Qualité des photos (*) Bonne

Diagnostic OD (*) Pas de RD

- ☐ OD - Oedème maculaire
- ☐ OD - Cataracte
- ☐ OD - Suspicion glaucome
- ☐ OD - Dystrophie maculaire MIDD

Autres pathologies OD ☐ DMLA ☐ OVCR ☐ OBVR

Précisez...

Oeil Gauche

Qualité des photos (*) Bonne

Diagnostic OG (*) Pas de RD

- ☐ OG - Oedème maculaire
- ☐ OG - Cataracte
- ☐ OG - Suspicion glaucome
- ☐ OG - Dystrophie maculaire MIDD

Autres pathologies OG ☐ DMLA ☐ OVCR ☐ OBVR

Précisez...

Conduite à tenir (*) Photographies du FO dans 1 an

☐ Avec dilatation pupillaire si possible

Examen à interpréter



CENTRE DE LECTURE OPHDIAT ©
Dépistage de rétinopathie diabétique par
télémédecine
Hôpital Lariboisière AP-HP
Site Internet : reseau-ophdiat.aphp.fr

Hôpital Cochin Port Royal APHP

NIP : 01010621

Date d'examen : 26/04/2018

N° d'examen : FO1524736740793

Signature électronique : MASSIN Pascale

Correspondant : PR Etienne LARGER

COMPTE-RENDU DES PHOTOGRAPHIES DU FOND D'OIL

CONTEXTE CLINIQUE

Facteurs de risque

Diabète de type 1 - Découverte du diabète en 1995 - Diabète depuis 23 ans

Traitement par insuline, Avec pompe

HTA: Oui Traitement: Non

Hb glyquée (%): 9.2

Motif

Dépistage de la rétinopathie diabétique.

ANALYSE DES PHOTOGRAPHIES

Informations

Date d'analyse: 26/04/2018

Oeil droit

Qualité des photos: **bonne** - Diagnostic: **pas de Rétinopathie diabétique**

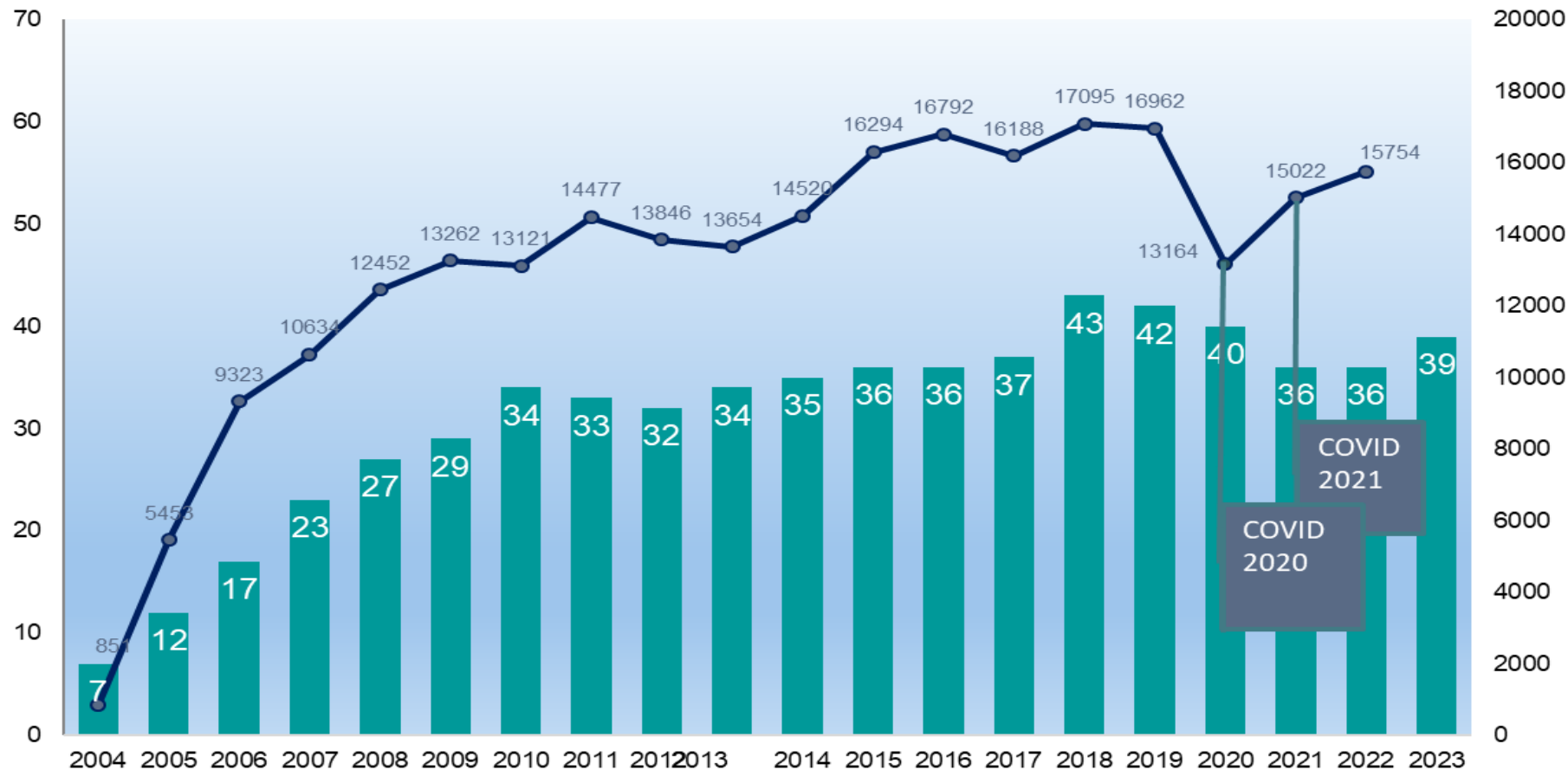
Oeil gauche

Qualité des photos: **bonne** - Diagnostic: **pas de Rétinopathie diabétique**

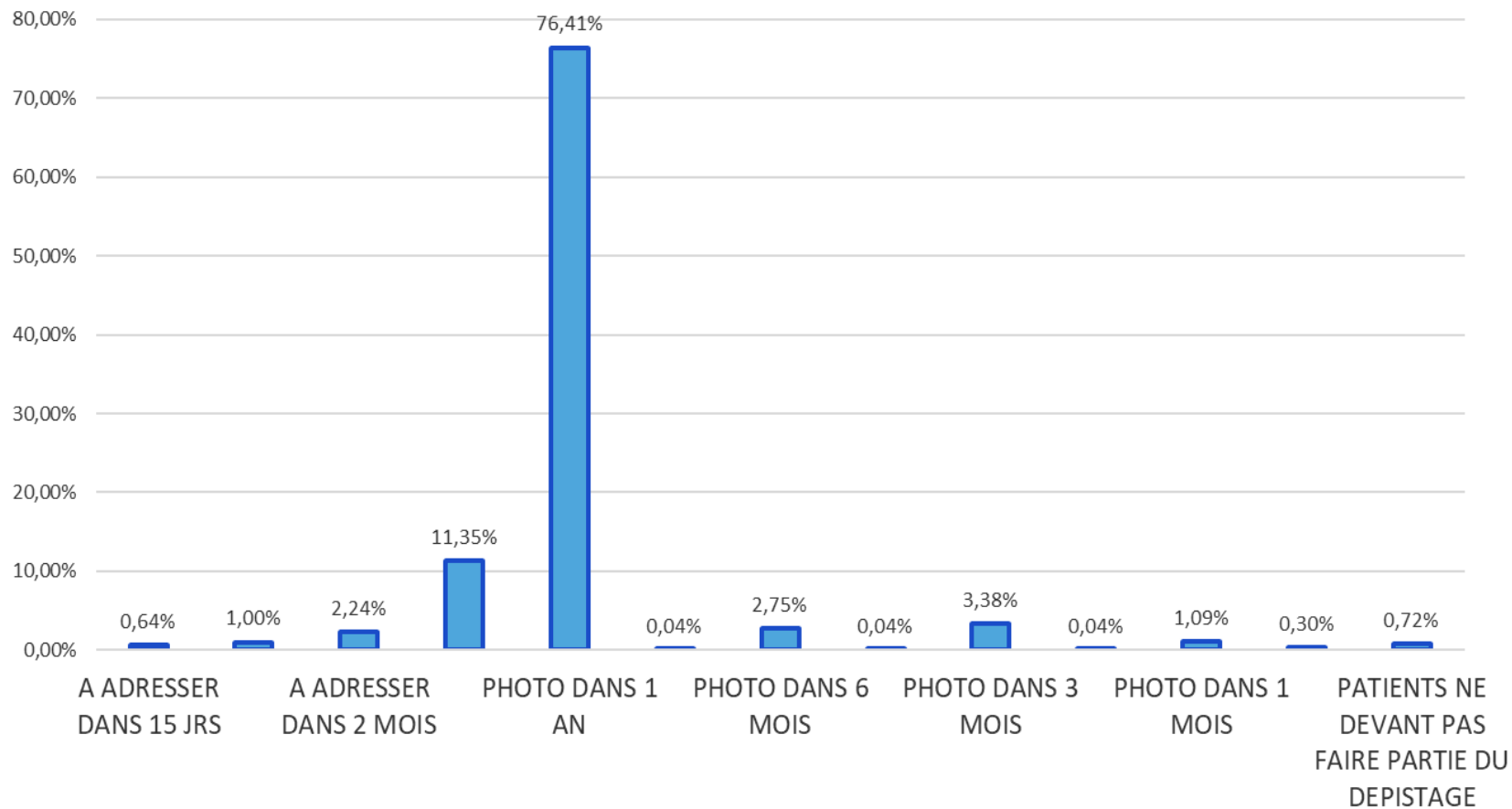
CONDUITE À TENIR

Photographies du fond d'oeil dans 1 an

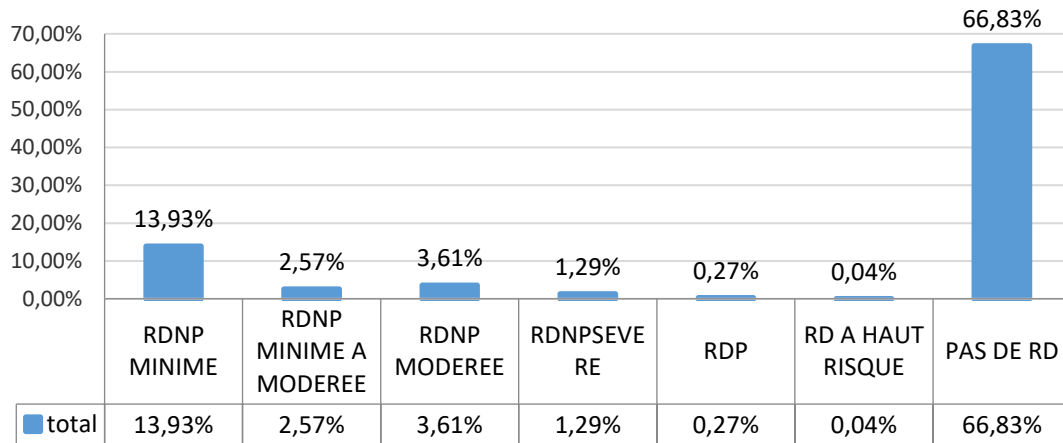
OPHDIAT© NOMBRE DE SITES DE DEPISTAGES ET NOMBRE DE DEPISTAGES entre 2004 & 2022



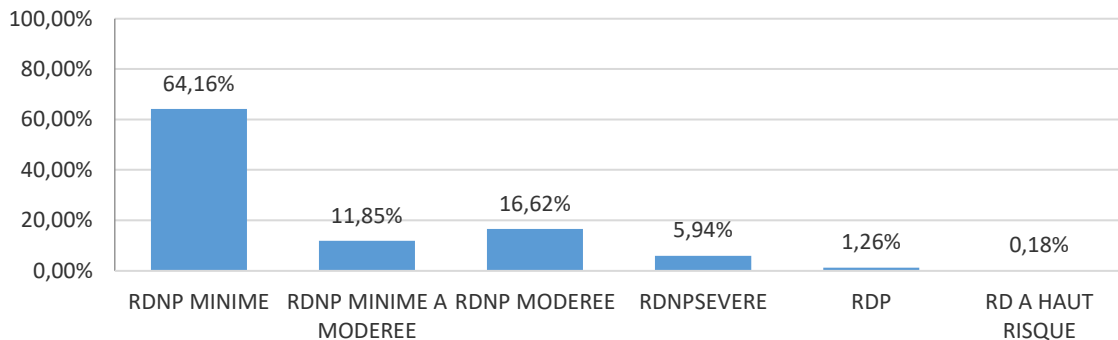
OPHDIAT© 2022-CONDUITE A TENIR EN %



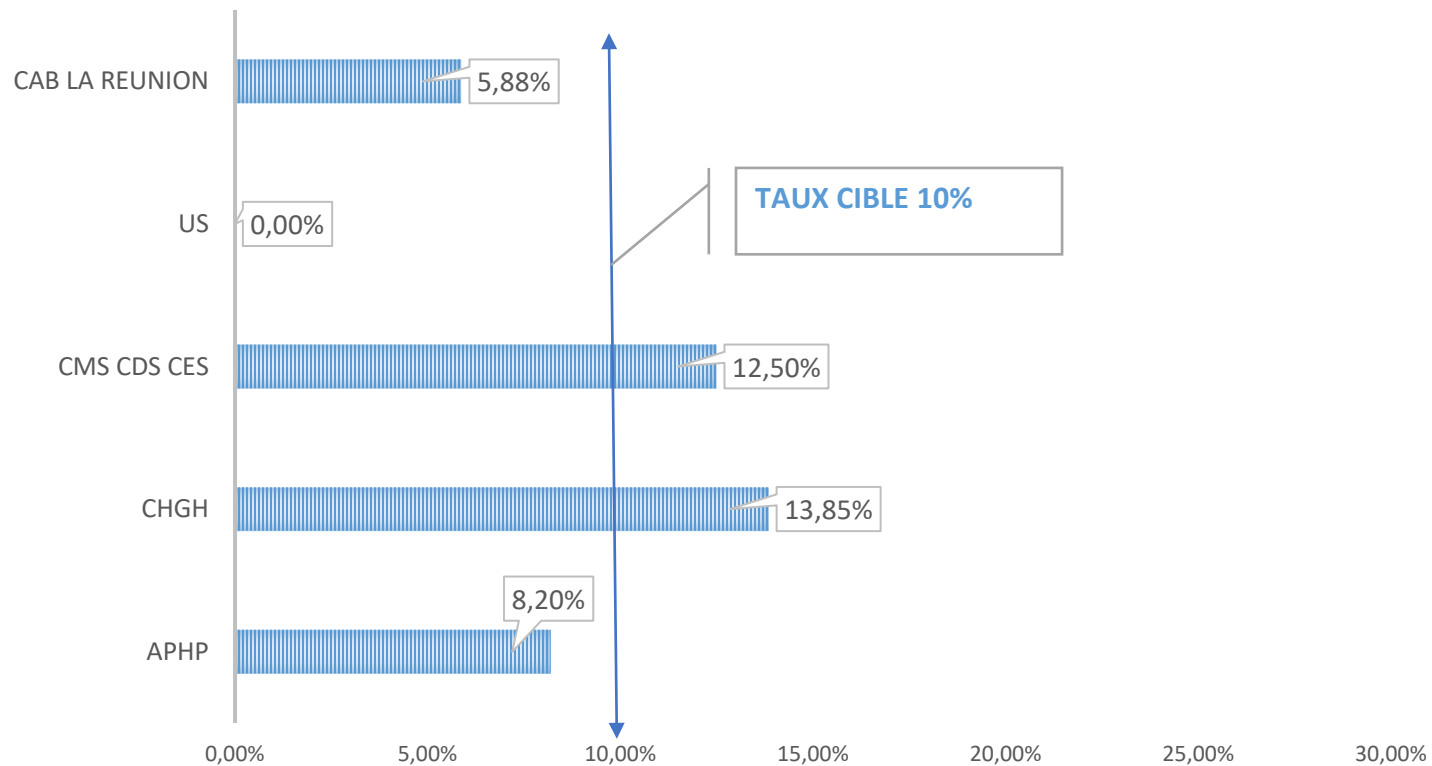
OPHDIAT 2022: DIAGNOSTICS EN % DES PATIENTS AYANT REALISE L'EXAMEN



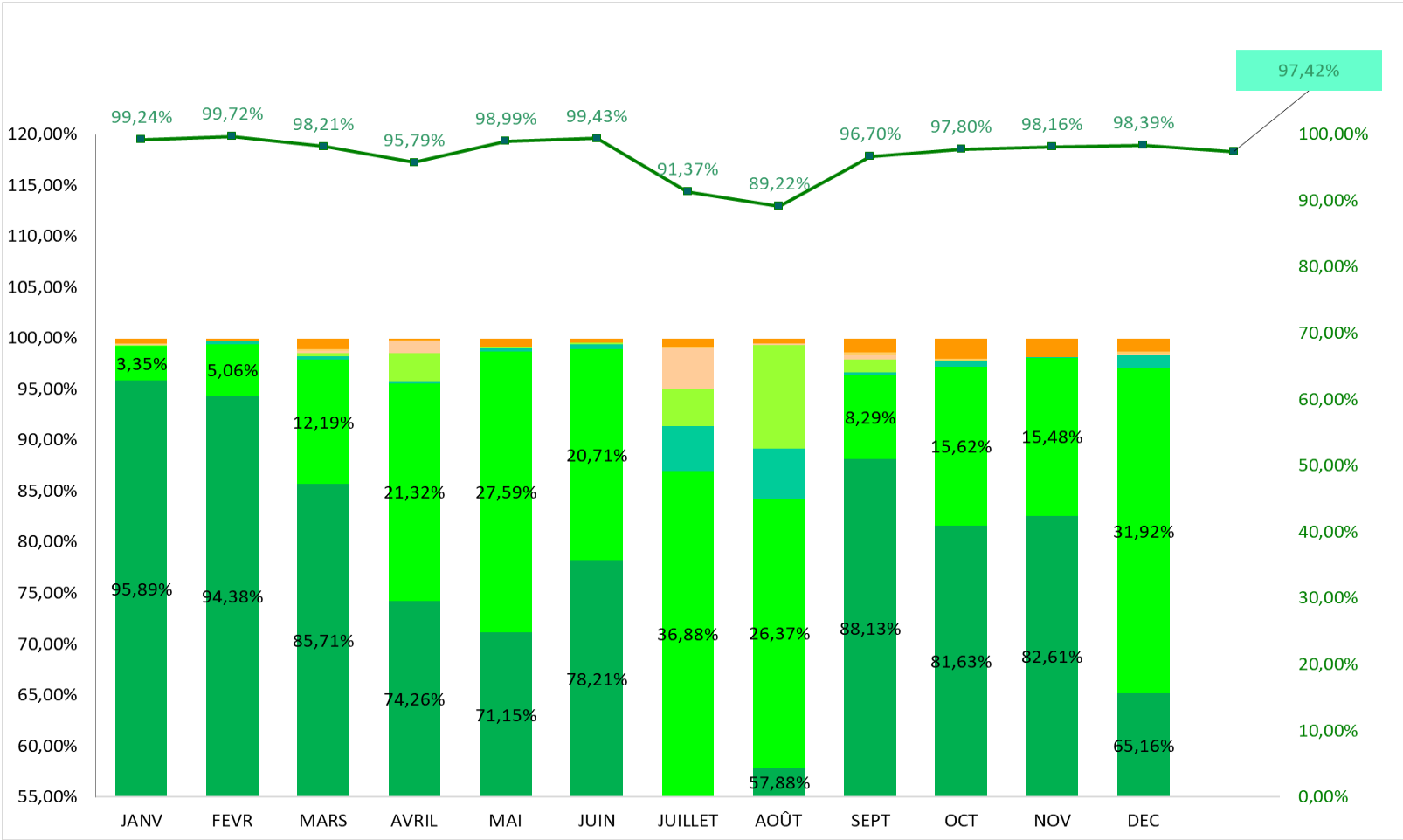
OPHDIAT 2022: DIAGNOSTICS EN % DES PATIENTS DÉPISTÉS +



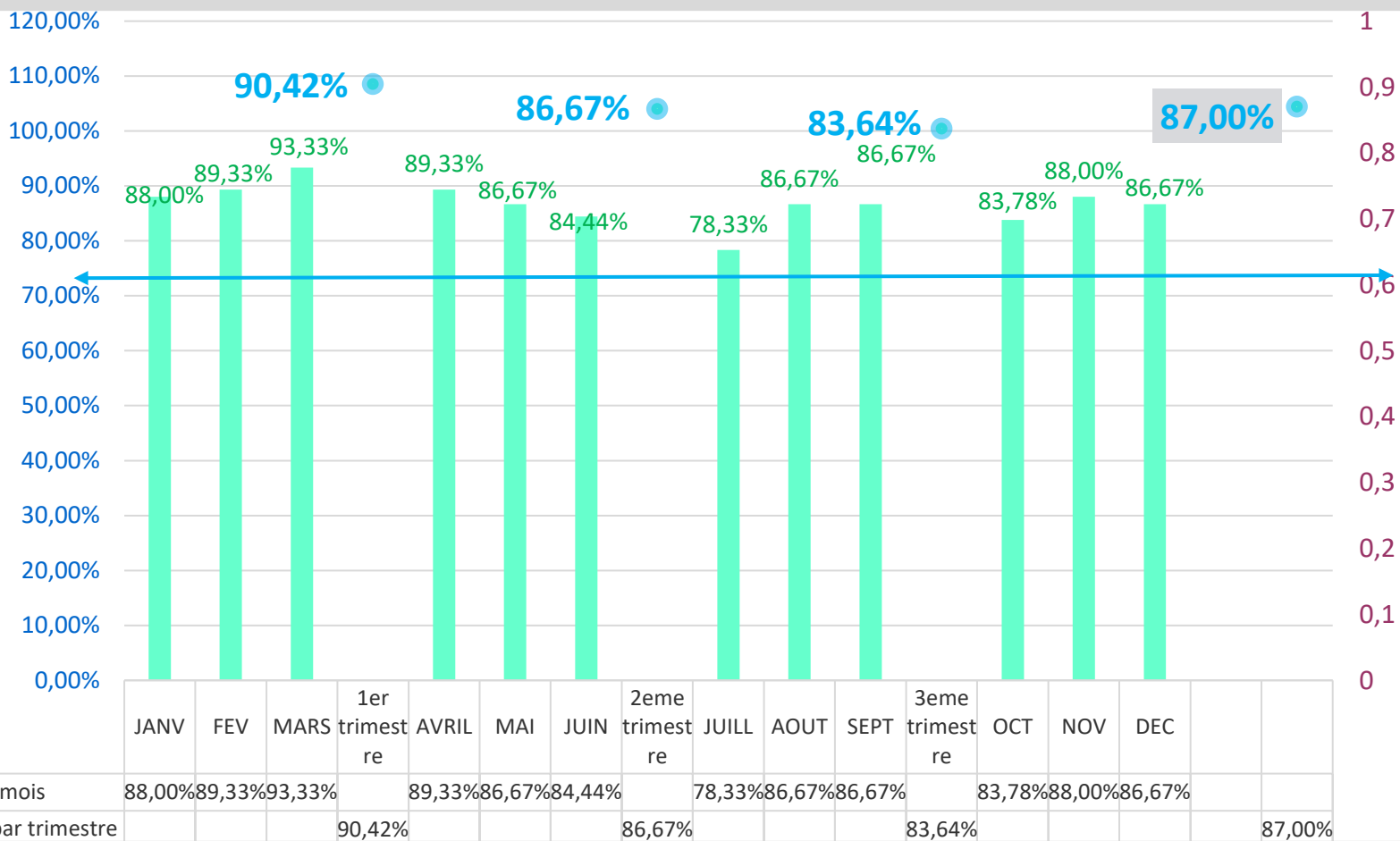
OPHDIAT© 2022 : TAUX GLOBAL D'IMAGES ININTERPRETABLES PAR TYPE DE SITE



OPHDIAT© 2022-DELAIS DE LECTURE



OPHDIAT© 2022- TAUX DE CONCORDANCE DES LECTURES(mois, trimestre, année)



Activité:

En 2020 Baisse considérable d'activité : crise sanitaire

En 2021 : au moins 1 mois d'activité en moins et cela est dû
à 1 mois de panne du data center OVH
+ le 3eme confinement

Ce qui remets le réseau a peu près à la même activité qu'en 2019 (15022+1500)

Nombre de centres :

En 2021, suppression des statistiques des centres qui apparaissaient mais qui n'avaient plus d'activité, d'où la baisse du nombre de centres

- Deux nouveaux centres sont ouverts en 2021
- En 2022 1 nouveau centre sera ouvert (en cours) et deux autres sont prévus

OphDiaT© DÉPISTAGE DE LA RÉTINOPATHIE DIABÉTIQUE PAR TÉLÉMÉDECINE SITES DE DÉPISTAGE

95

- CH RENE DUBOS Pontoise
- CMS - BEZONS
- CH Eaubonne
- CMS - GOUSSAINVILLE
- CH GONESSE
- CHVICTOR DUPOUY Argenteuil

93

- CMS - LIVRY GARGAN /2017-2018
- CMS PESQUE AUBERVILLERS
- CAP PREVENTION SANTE CPAM 93/MONTFERMEIL
- CMS PESQUE AUBERVILLERS
- CMS HENRI BARBUSSE/SAINT OUEN
- CMS - Tremblay-En-France
- CMS BLANCMESNIL

Hors IdF:
CH
Dreux

Joly

78

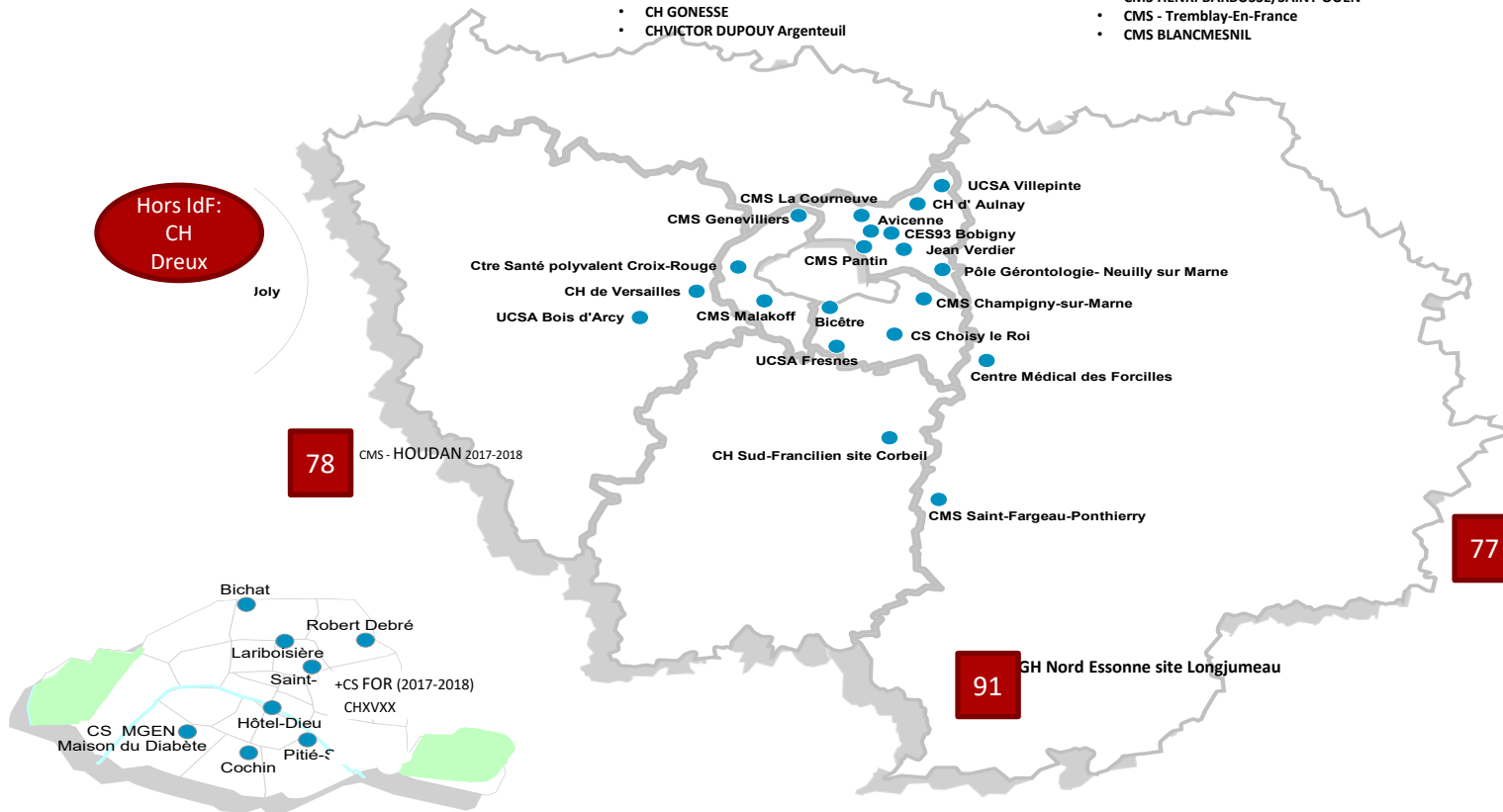
CMS - HOUDAN 2017-2018

77

- CH FONTAINEBLEAU
- CH MELUN

91

GH Nord Essonne site Longjumeau



HAS: Fréquence du dépistage de la RD

Diabète de type 1

- annuel à partir de l'âge de 10 ans chez l'enfant
- annuel après 3 années de diabète chez l'adulte

Diabète de type 2

- annuel à la découverte du diabète (20 % des diabétiques de type 2 ont une RD à la découverte du diabète)

HAS: Fréquence du dépistage de la RD

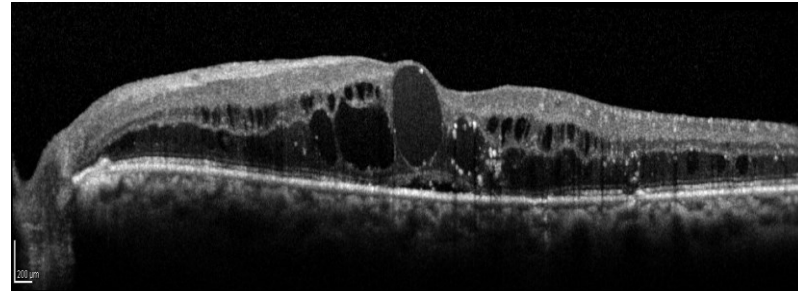
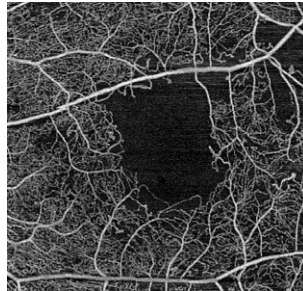
- **tous les 2 ans** chez les diabétiques sans rétinopathie diabétique, non insulino-traités, équilibrés pour l'hémoglobine glyquée, la glycémie et la pression artérielle, après un examen du fond d'oeil de référence ;
- pour les personnes âgées diabétiques, un suivi individualisé compte tenu de l'hétérogénéité de cette population ;
- pour les adolescents diabétiques, un intervalle annuel, compte tenu du risque d'échappement au suivi pendant cette période ;
- en cas de grossesse chez la femme diabétique, les intervalles préconisés dans le parcours de soins (guide ALD), en début de grossesse, puis, en l'absence de rétinopathie diabétique, trimestriels puis en *post-partum*.

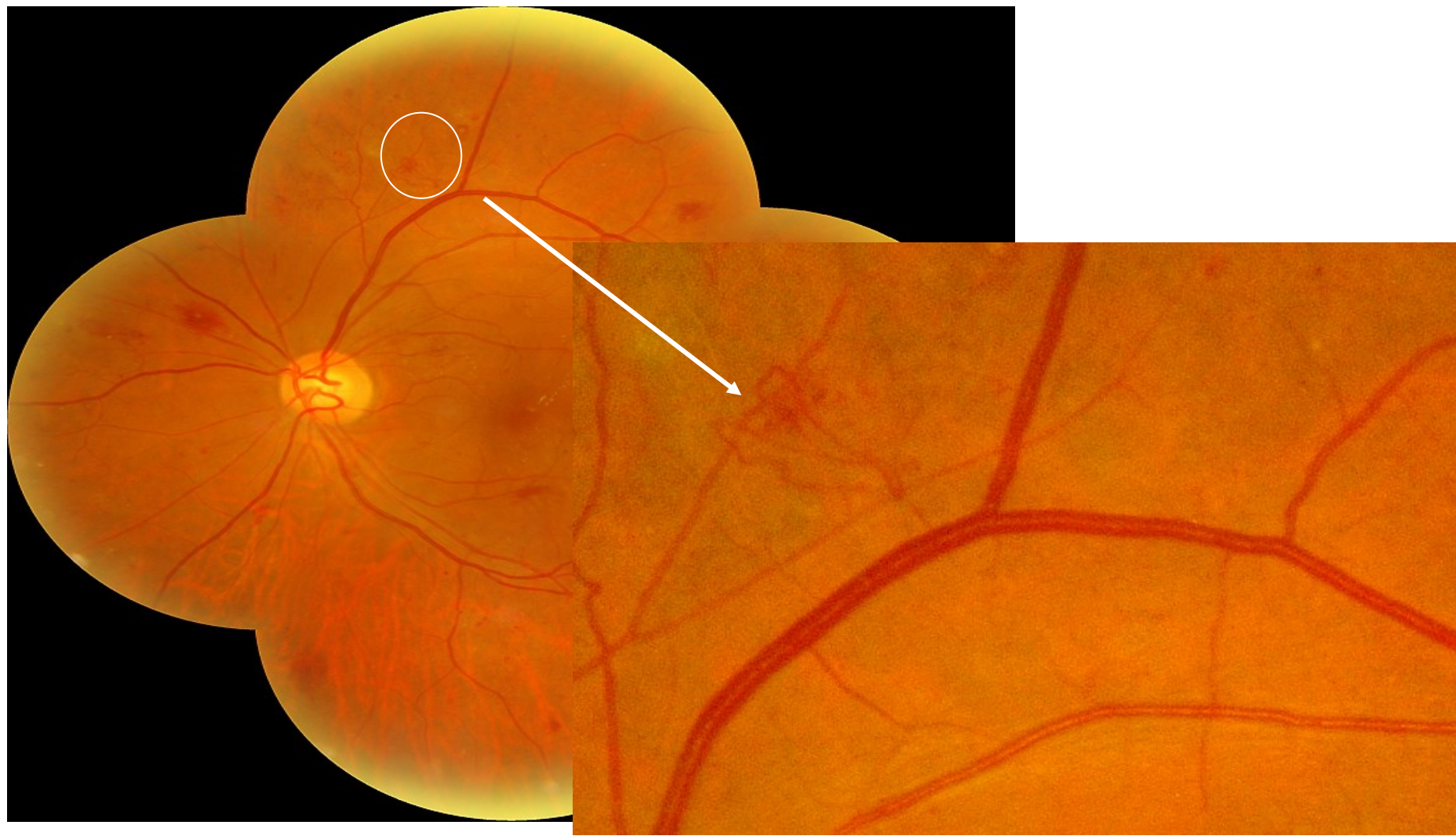
Indications de référer à un ophtalmo

- En cas de RDNP $>$ minime
- En cas d'OMD
- En cas de grossesse
- En cas de rééquilibration glycémique rapide
- En pré-opératoire de la cataracte

Surveillance de la RD par l'ophtalmologiste

- Examen du fond d'œil + **Photographies 9 champs du FO**
 - Photo par photo en zoomant
 - Traitement des images
 - Ne pas interpréter sur des clichés imprimés (qualité médiocre)
- **Imagerie grand champ** (Optos, Clarus, Mirante...)
- L'angiographie n'est pas un examen de dépistage donc jamais à titre systématique
- OCT, OCTA (*ischémie ++*)





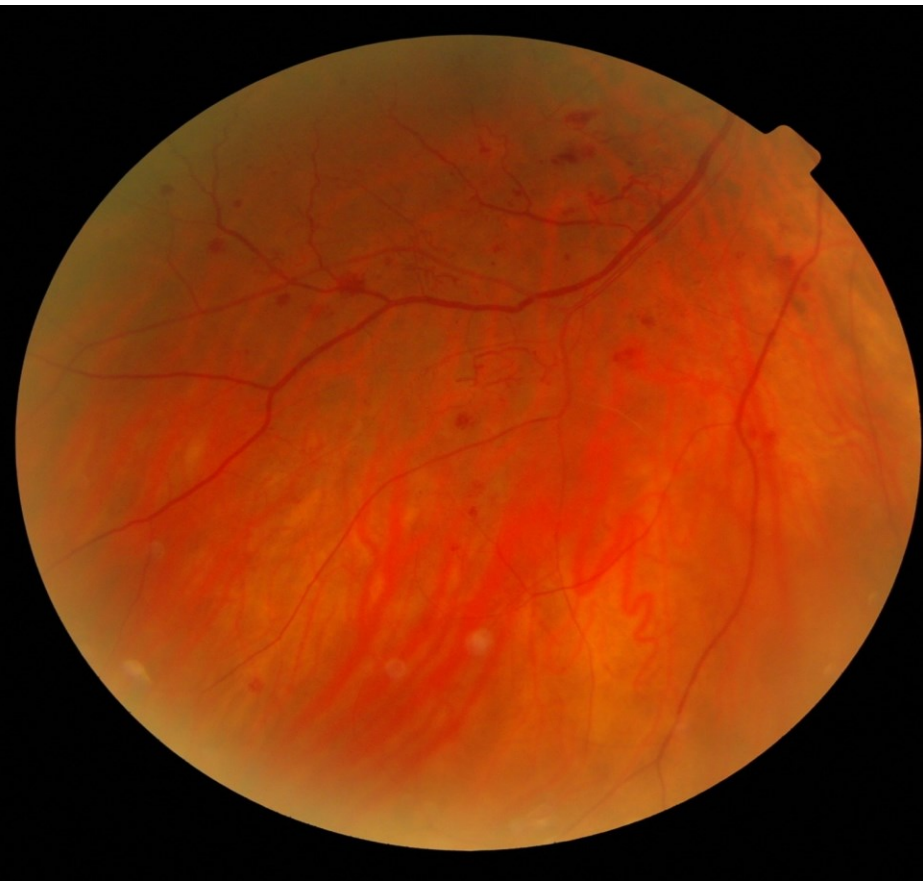


Image brute

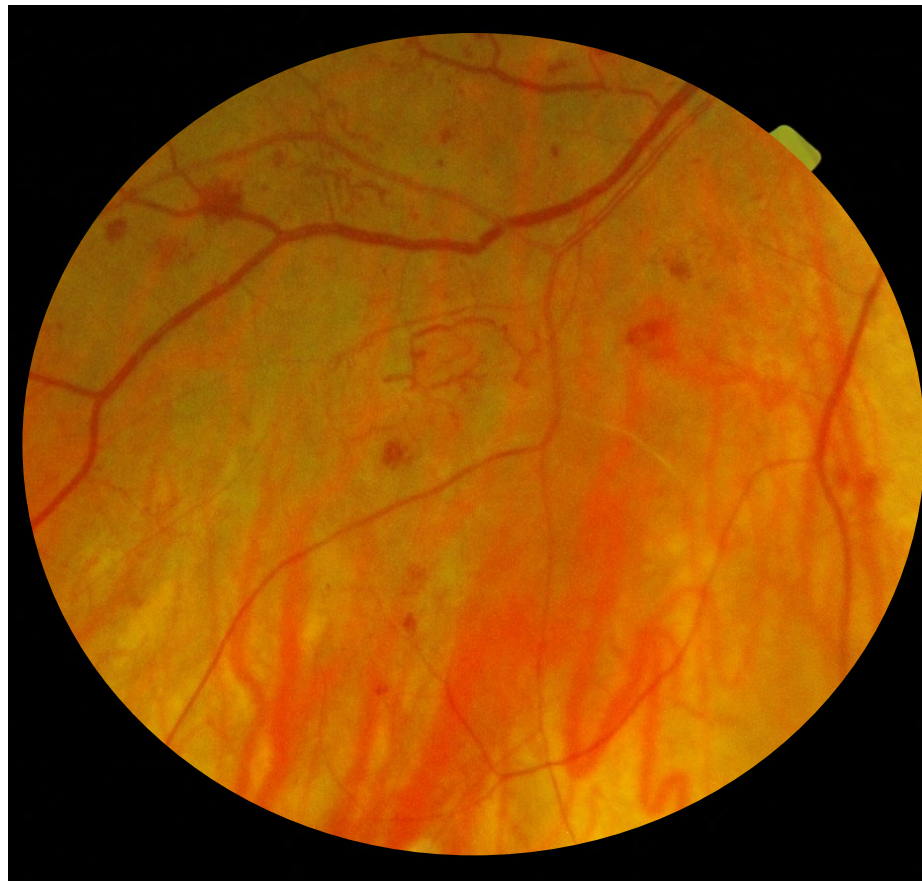


Image retravaillée



Rythme de surveillance de la RD (1)

Dicté avant tout par le **TERRAIN +++**

☐ PAS DE RD ou RDNP minime

➡ photographies du FO annuelles

☐ RNDP modérée :

➡ photographies du FO tous les 6 mois en l'absence d'œdème maculaire

➡ si OM associé :

➤ bilan de l'OM (OCT + OCTA +/- angio) +/- ttt

➤ bilan du traitement 4 mois plus tard

Rythme de surveillance de la RD (2)

□ RNDP SEVERE

 photos FO tous les 4 mois

PPR à envisager en cas de grossesse, en cas de RD floride, d'équilibration glycémique rapide, de chirurgie de la cataracte, de RDP ou de RDNP controlatérale, chez un patient à suivi aléatoire

□ RDP

 PPR (rapidité fonction de la gravité de la néovascularisation et **du terrain ++**) – examen FO + photos 2 mois plus tard

Facteurs d'Aggravation de la RD (1)

- **Puberté, adolescence (RDP floride)**
 - Surveillance rapprochée tous les 3 à 6 mois si RD +++
- **Grossesse**
 - Programmer la grossesse
 - Examen du FO avant la grossesse ou au début de grossesse
 - Pas de RD : surveillance trimestrielle du FO
 - Si RD : surveillance mensuelle du FO+++
 - Privilégier la photographie du FO
 - Traitement de toute RDNP sévère ou proliférante du début de grossesse
- **Equilibration rapide de la glycémie (pompe ou greffe ilôts)**
 - FO préalable
 - Si RDNP sévère ou RDP : Laser et équilibration progressive
 - Si RDNP modérée: surveillance tous les 3 mois

Facteurs d'Aggravation de la RD (2)

□ **Chirurgie de la cataracte**

- Risque de progression de la RD dans le 6 mois
- FO+++ et bilan pré-opératoire
- Si RDNP sévère ou RDP : Indication de PPR pré-opératoire, ou post-opératoire immédiate si cataracte trop dense pour laser
- Si RDNP modérée : examen à 1 mois, et surveillance prolongée au cours de l'année post-opératoire

□ **Décompensation tensionnelle ou rénale**

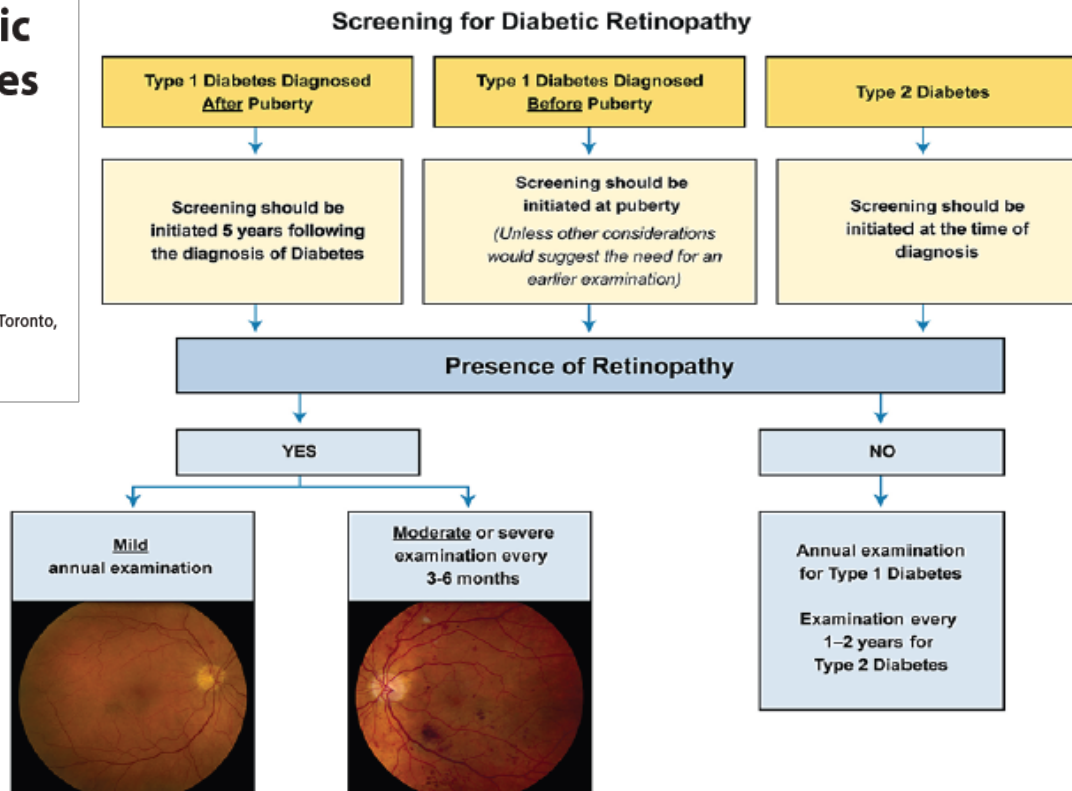
- Surveillance rapprochée

Contemporary Management of Diabetic Retinopathy in Canada: From Guidelines to Algorithm Guidance

Philip Hooper^a Marie-Carole Boucher^b Kevin Colleaux^c Alan Cruess^d

Mark Greve^e Wai-Ching Lam^f Stanley Shortt^g Eric Tourville^h

^aWestern University, London, Ont., ^bUniversité de Montréal, Montreal, Que., ^cUniversity of Saskatchewan, Saskatoon, Sask., ^dDalhousie University, Halifax, N.S., ^eUniversity of Alberta, Edmonton, Alta., ^fUniversity of Toronto, Toronto, Ont., ^gUniversity of British Columbia, Victoria, B.C., and ^hUniversité Laval, Quebec, Que., Canada
Ophthalmologica 20



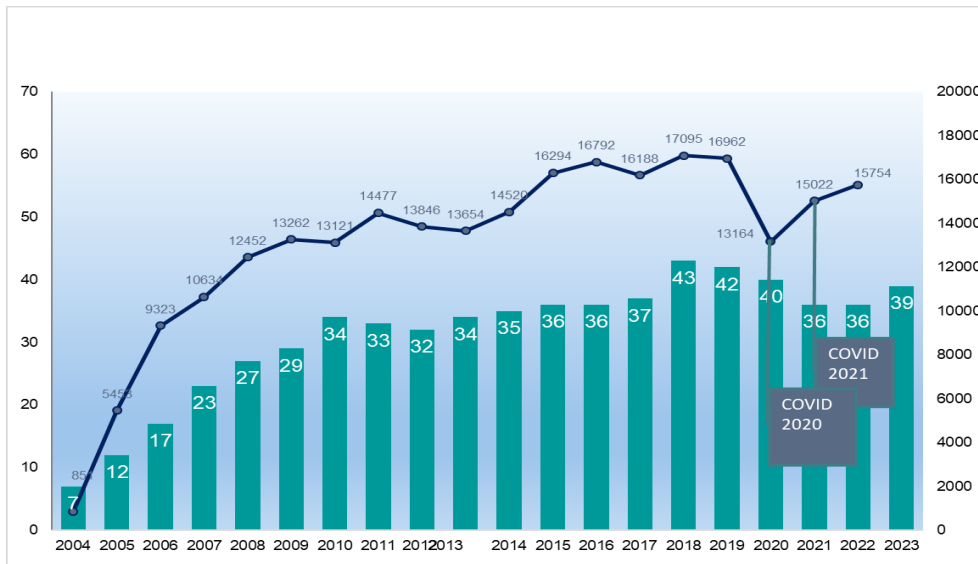
Screening evaluation should include: 1. Measurement of visual acuity, 2. Intraocular pressure, 3. Evaluation to assess the presence of neovascularization of the iris and angle. Pupils should be dilated for the fundus examination, except in the setting of Teleophthalmology with a non mydriatic camera.

Télémédecine et Intelligence artificielle

Rétinopathie diabétique & Télémédecine

- La population diabétique croît : **EPIDEMIE MONDIALE**
- La photographie du fond d'œil (FO) et sa télétransmission permettent d'améliorer le dépistage annuel de la RD avec un accès aux soins d'un plus grand nombre de patients diabétiques en économisant le temps médical.
- **OphDiaT[©] Réseau régional de dépistage de la Rétinopathie Diabétique par Télémédecine participe à améliorer le dépistage précoce de la rétinopathie depuis 2004.**

Activité OphDiaT[©]



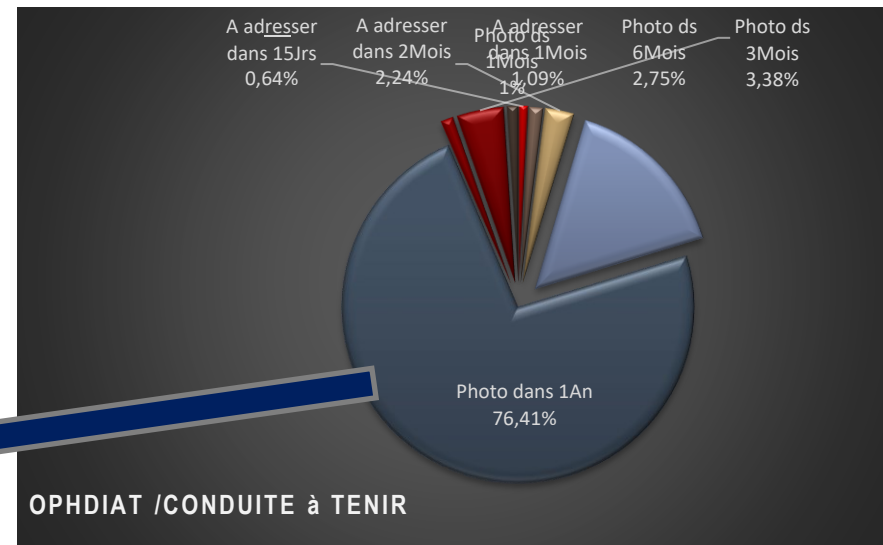
16 960 ACTES DE DÉPISTAGE

• 33,17 % RD 66,83 % RD (-)

Parmi les patients dépistés :

• 76,41 % DEVRAIENT SE FAIRE DÉPISTER L'ANNÉE SUIVANTE

But : Retirer le maximum de ces des dossiers à examiner par l'ophtalmologiste en utilisant l'**Intelligence artificielle**

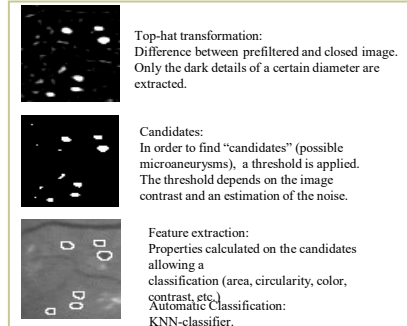
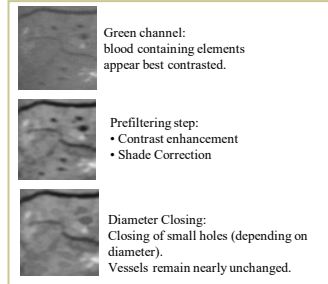
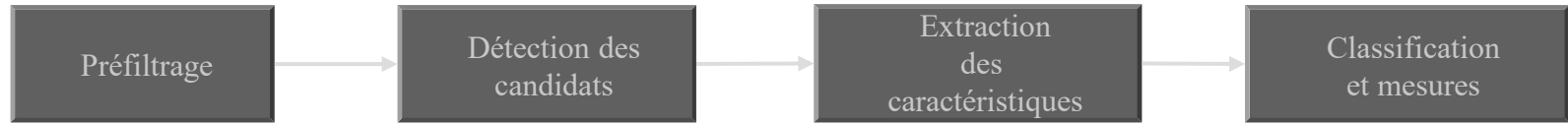


Rétinopathie diabétique & Intelligence artificielle

Intelligence artificielle (*Alan Turing, 1950*) :

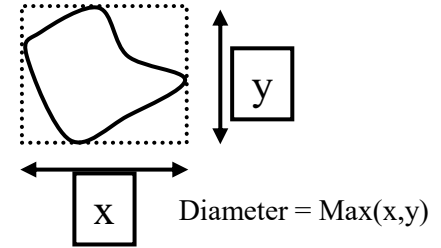
Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine (*Larousse*).

- **Apprentissage automatique** (*Machine learning*) « **Apprentissage machine** » : la technologie qui permet aux machines d'apprendre seules à partir de données grâce aux **algorithmes de détection automatique des lésions élémentaires sur des images de fond d'oeil**
 - ✓ microanévrismes
 - ✓ exsudats
 - ✓ hémorragies
 - ✓ anomalies microvasculaires intra-rétiniennes (AMIR) ...



Microaneurysms : Small isolated
details having a diameter λ less than
125 μm (7 pixels in a image 640x480)

Diameter :



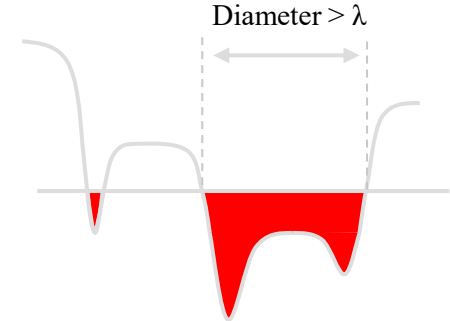
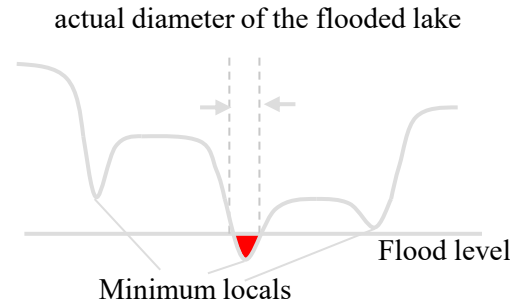
Objective :

Extraction of all dark structures (small holes) having a diameter less than λ .

Principal idea :

To fill all holes which are smaller than λ

To calculate the difference from the original image

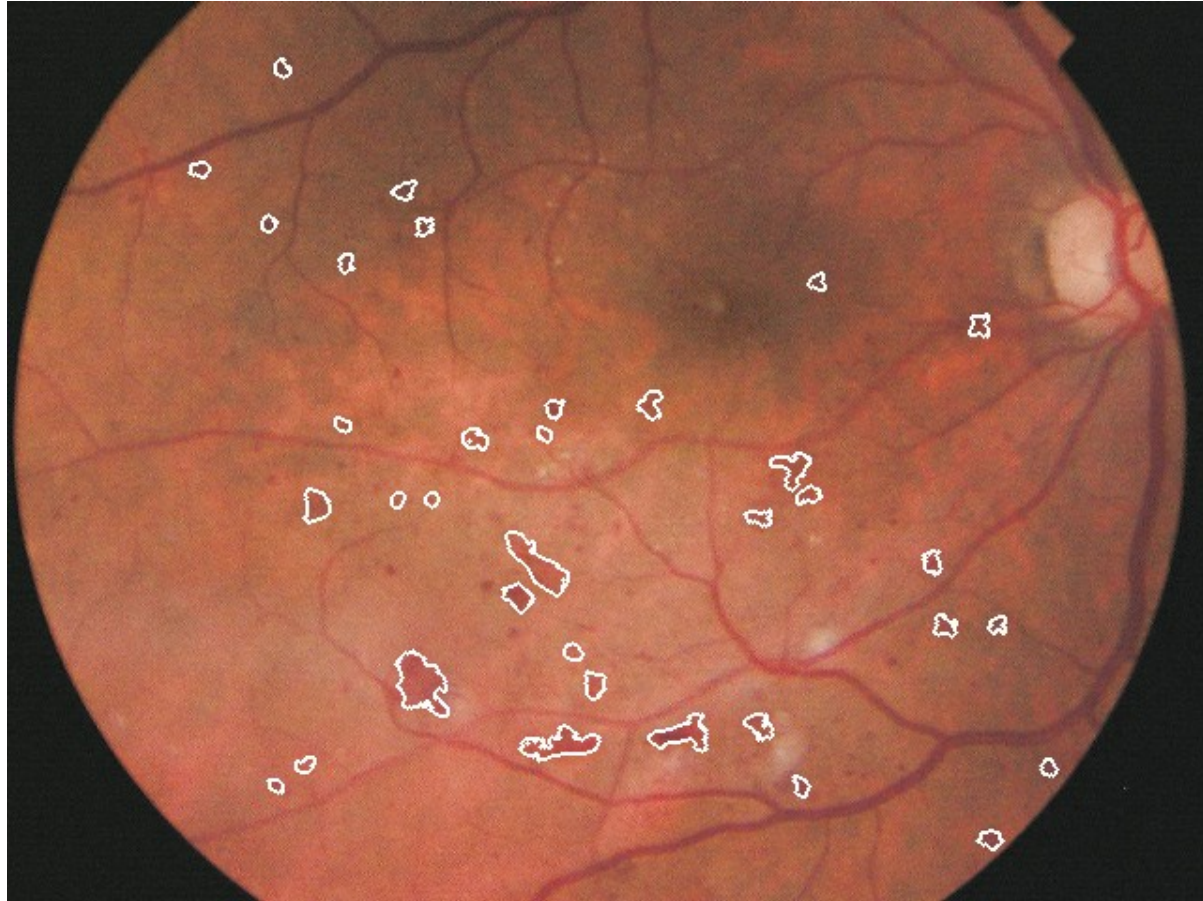


Détection automatique des microanévrismes



sensibilité : 88.1% , spécificité : 83.8%

Détection automatique des hémorragies



sensibilité : 79.6% (en moyenne 0.71 FP par image)

MESSIDOR (2004)

(Méthodes d'Evaluation de Systèmes de Segmentation et d'Indexation Dédiées à l'Ophtalmologie Rétinienne)

Le projet **MESSIDOR** est un programme financé dans le cadre de l'appel d'offre 2004 TECHNO-VISION des Ministères de la Recherche et de la Défense.

L'objectif principal était de permettre une classification automatique des clichés rétiniens en «Normal» ou «Pathologique».

PARTENAIRES :

ARMINES - Centre de Morphologie Mathématique

Laboratoire L31 – Université de La Rochelle

Département ITI – LaTIM INSERM U650

Laboratoire SIC – CNRS FRE 2731

EA 3063/Ophtalmologie, faculté de Médecine – St Etienne

Service d'Ophtalmologie Daviel – CHU Brest

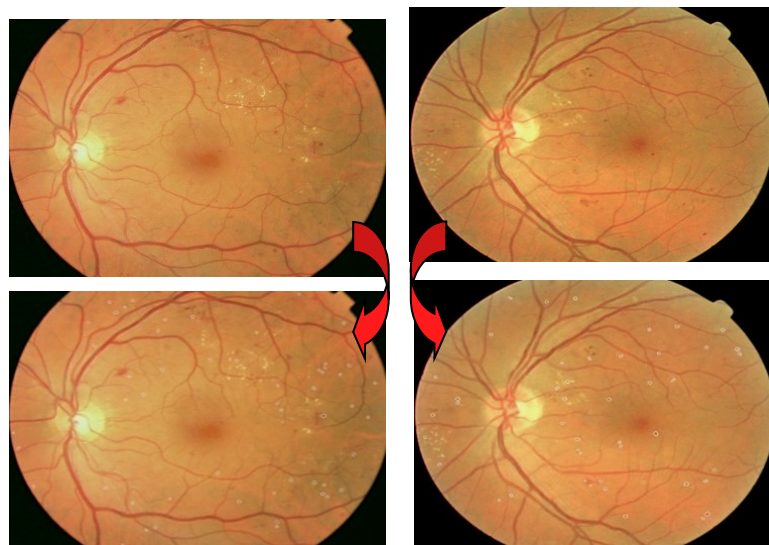
CRIHAN – St Etienne du Rouvray

ADCIS – Hérouville St-Clair

School of Computing and Informatics – Nottingham Trent University, UK

Service d'Ophtalmologie / Hôpital Lariboisière – APHP, Université Paris VII

1200 images couleur de fond d'œil



Sensibilité : 83,8% , spécificité : 73,4%

TELEOPHTA (e-ophta) (2011)

Le projet TecSan-TELEOPHTA (TELEmédecine en OPHTAlmologie) pour la classification des examens en Examens « **Normaux** » et en Examens « **Pour Avis** ».

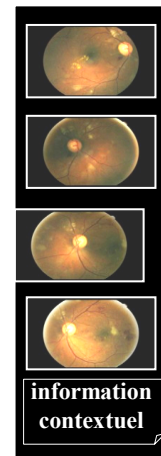
~ 25 000 dossiers anonymisés à partir de la base de données OPHDIAT.

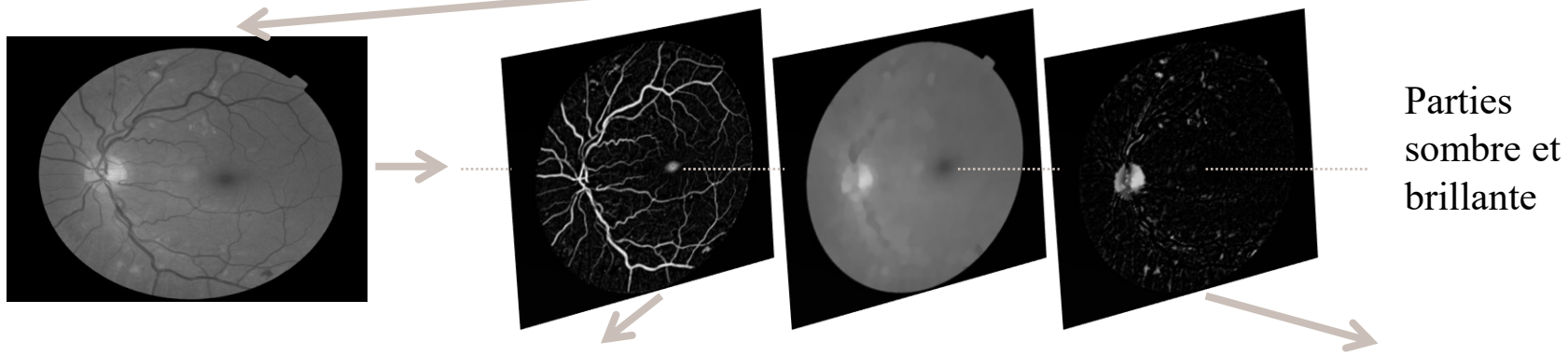
Collaboration :

- ARMINES-CMM (Centre de Morphologie Mathématique de l'*Ecole des Mines de Paris*)
- AP-HP
- TIM-Télécom Bretagne (*laboratoire de Traitement de l'Information Médicale, est unité mixte INSERM (U650), commune à l'Université de Bretagne Occidentale (Faculté de médecine) et Télécom Bretagne*)
- ADCIS

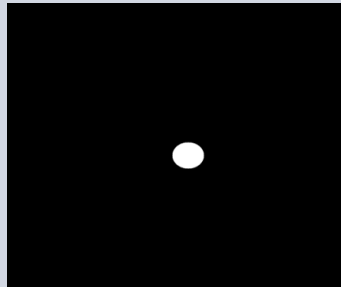
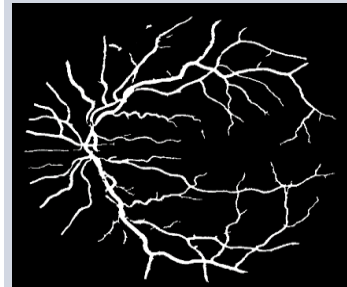
Dossier d'examen du patient

- Images couleur de fond d'oeil
- Informations contextuelles
 - âge, sexe, ...
 - historique maladie :
 - type diabète,
 - durée,..
 - Conditions d'acquisition
- Données apportées par le lecteur :
 - Diagnostic
 - **Conduite à tenir**





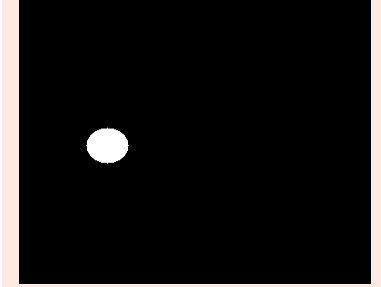
- Segmentation des *vaisseaux*
- Localisation de la *macula*



- Détection des *microanévrismes*
- Détection des *hémorragies*

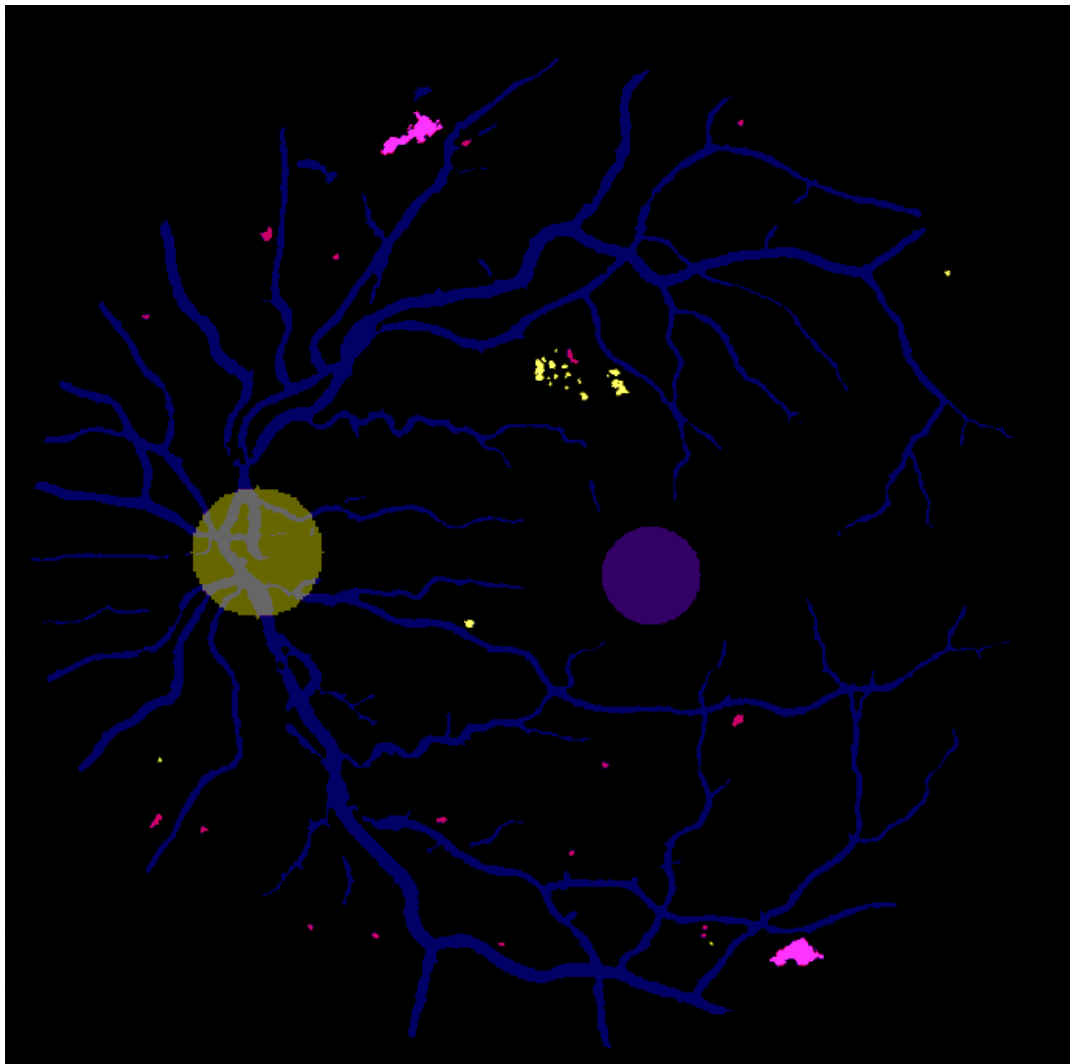


- Localisation de la *papille*



- Détection des *exsudats*





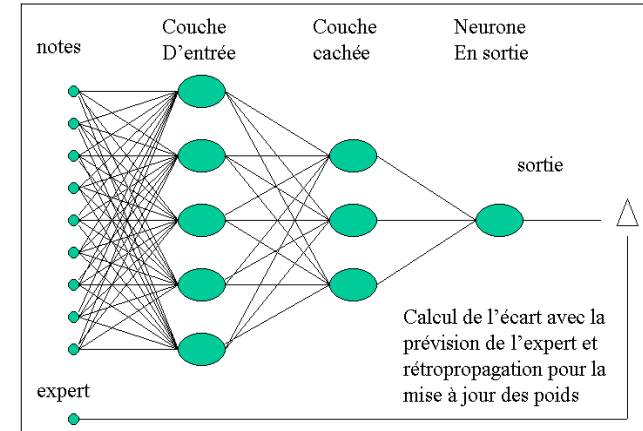
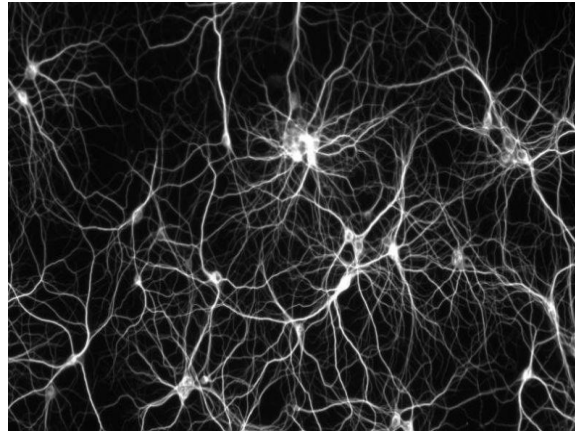
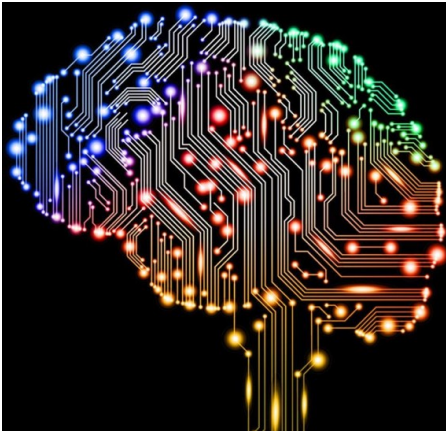
**Synthèse sur base e-optha
(80% sens., 68% spéc.)**

**2,3 fois plus de patients pourraient bénéficier
du service de dépistage**

2^{ème} approche: le réseau neuronal ...

Un **réseau neuronal artificiel**, est un ensemble d'algorithmes dont la conception est à l'origine très schématiquement inspirée du fonctionnement des **neurones biologiques**.

Les réseaux de neurones, en tant que systèmes capables d'apprendre, mettent en œuvre le principe de l'induction, c'est-à-dire **l'apprentissage par l'expérience**.





Sensibilité : 97,5% ,
Spécificité : 93,4%

Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs

Varun Gulshan, PhD; Lily Peng, MD, PhD; Marc Coram, PhD; Martin C. Stamp, PhD; Derek Wu, BS; Arunachalam Narayanaswamy, PhD; Subheshini Venugopalan, MS; Kasumi Widner, MS; Tom Madams, MEng; Jorge Cuadros, OD, PhD; Ramasamy Kam, OD, DNB; Rajiv Raman, MS, DNB; Philip C. Nelson, BS; Jessica L. Mega, MD, MPH; Dale R. Webster, PhD

IMPORTANCE Deep learning is a family of computational methods that allow an algorithm to program itself by learning from a large set of examples that demonstrate the desired behavior, removing the need to specify rules explicitly. Application of these methods to medical imaging requires further assessment and validation.

OBJECTIVE To apply deep learning to create an algorithm for automated detection of diabetic retinopathy and diabetic macular edema in retinal fundus photographs.

DESIGN AND SETTING A specific type of neural network optimized for image classification called a deep convolutional neural network was trained using a retrospective development data set of 128 175 retinal images, which were graded 3 to 7 times for diabetic retinopathy, diabetic macular edema, and image gradability by a panel of 54 US licensed ophthalmologists and ophthalmology senior residents between May and December 2015. The resultant algorithm was validated in January and February 2016 using 2 separate data sets, both graded by at least 7 US board-certified ophthalmologists with high intragrader consistency.

EXPOSURE Deep learning-trained algorithm.

MAIN OUTCOMES AND MEASURES The sensitivity and specificity of the algorithm for detecting referable diabetic retinopathy (RDR), defined as moderate and worse diabetic retinopathy, referable diabetic macular edema, or both, were generated based on the reference standard of the majority decision of the ophthalmologist panel. The algorithm was evaluated at 2 operating points selected from the development set, one selected for high specificity and another for high sensitivity.

RESULTS The EyePACS-1 data set consisted of 9963 images from 4997 patients (mean age, 54.4 years; 62.2% women; prevalence of RDR, 683/8878 fully gradable images [7.8%]); the Messidor-2 data set had 1748 images from 874 patients (mean age, 57.6 years; 42.6% women; prevalence of RDR, 254/1745 fully gradable images [14.6%]). For detecting RDR, the algorithm had an area under the receiver operating curve of 0.991 (95% CI, 0.988-0.993) for EyePACS-1 and 0.990 (95% CI, 0.986-0.995) for Messidor-2. Using the first operating cut point with high specificity, for EyePACS-1, the sensitivity was 90.3% (95% CI, 87.5%-92.7%) and the specificity was 98.1% (95% CI, 97.8%-98.5%). For Messidor-2, the sensitivity was 87.0% (95% CI, 81.1%-91.0%) and the specificity was 98.5% (95% CI, 97.7%-99.1%). Using a second operating point with high sensitivity in the development set, for EyePACS-1 the sensitivity was 97.5% and specificity was 93.4% and for Messidor-2 the sensitivity was 96.1% and specificity was 93.9%.

CONCLUSIONS AND RELEVANCE In this evaluation of retinal fundus photographs from adults with diabetes, an algorithm based on deep machine learning had high sensitivity and specificity for detecting referable diabetic retinopathy. Further research is necessary to determine the feasibility of applying this algorithm in the clinical setting and to determine whether use of the algorithm could lead to improved care and outcomes compared with current ophthalmologic assessment.

JAMA. 2016;316(22):2402-2410. doi:10.1001/jama.2016.07216
Published online November 29, 2016. Corrected on December 13, 2016.

Editorial pages 2366 and 2368

Supplemental content

Author Affiliations: Google Inc, Mountain View, California (Gulshan, Peng, Coram, Stamp, Wu, Narayanaswamy, Venugopalan, Widner, Madams, Nelson, Webster); Department of Computer Science, University of Texas, Austin (Venugopalan); EyePACS LLC, San Jose, California (Cuadros); School of Optometry, Vision Science Graduate Group, University of California, Berkeley (Cuadros); Aravind Medical Research Foundation, Aravind Eye Care System, Madurai, India (Kam); Shri Bhagwan Mahavir Vitreoretinal Services, Sanikara Nethralaya, Chennai, Tamil Nadu, India (Raman); Verily Life Sciences, Mountain View, California (Mega); Cardiovascular Division, Department of Medicine, Brigham and Women's Hospital and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts (Mega).

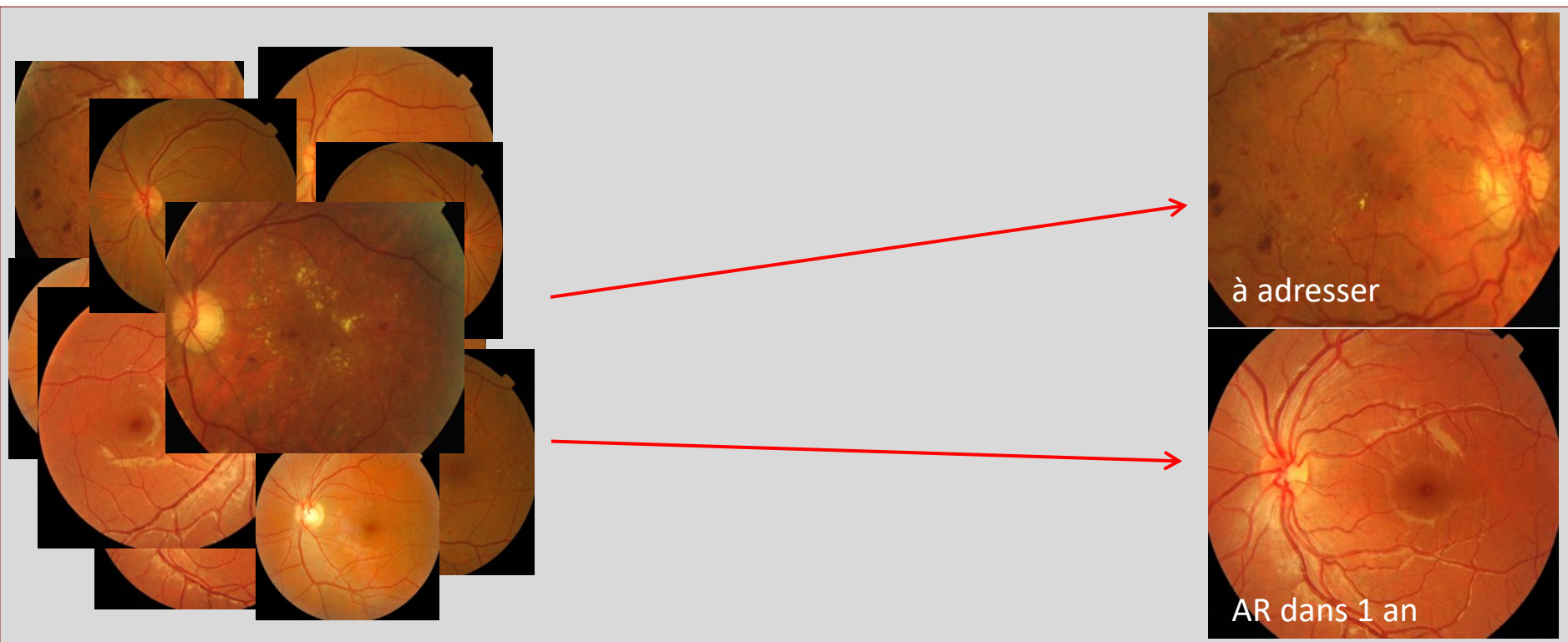
Corresponding Author: Lily Peng, MD, PhD, Google Research, 3600 Amphitheatre Way, Mountain View, CA 94043 (lilypeng@google.com).



Algorithmes de Apprentissage Profond (*Deep Learning Algorithm*) sur des images de FO:

- ✓ **mémorisation** : le fait d'assimiler sous une forme dense des exemples éventuellement nombreux,
- ✓ **généralisation** : le fait d'être capable, grâce aux exemples appris, de traiter des exemples distincts, encore non rencontrés, mais similaires.

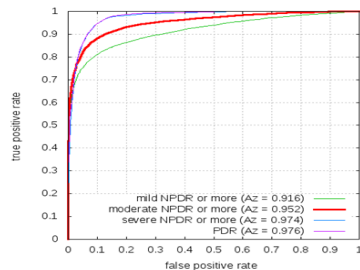




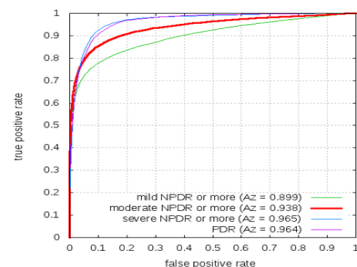
Base d'apprentissage  *BIG DATA*

Influence de la taille de la base de données

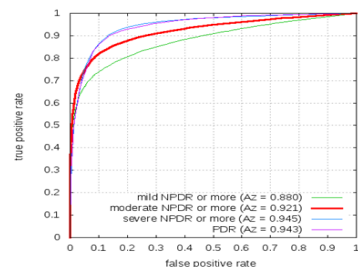
Les réseaux de neurones artificiels ont besoin de cas réels servant d'**exemples** pour leur apprentissage (on appelle cela la *base d'apprentissage*). Ces cas doivent être **d'autant plus nombreux** que le problème est complexe et que sa topologie est peu structurée.



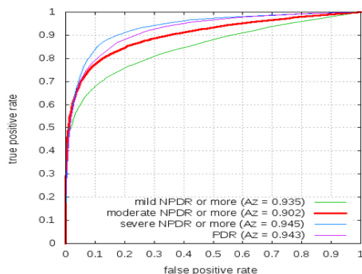
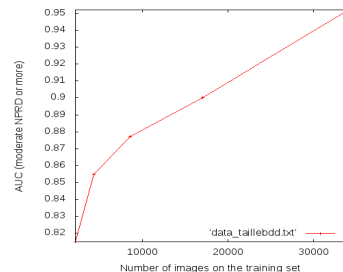
Base complète (34 124 images)



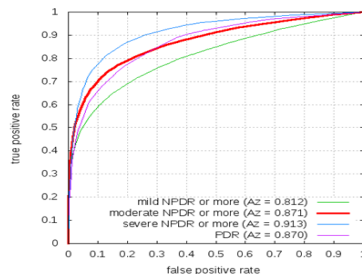
1/2 base (17 062 images)



1/4 base (8 530 images)



1/8 base (4264 images)



1/16 base (2132 images)

Basse de donnée ↑



Sensibilité ↑

Spécificité ↑

Dépistage automatique en Europe et dans le Monde (1)

iGradingM - Medalytix/EMIS Health (UK)

- Marquage CE
- Pathologique/non pathologique

Retmarker (Portugal): *L. Ribeiro, J. Cunha-Vaz et all. Ophtalmologica 2015.* Le logiciel Retmarker utilisé sur 89 626 yeux.

- Portugal, Allemagne, UK, Brésil
- Turn-over des μ a
- la sensibilité 97,23 % et à la spécificité 70,35 %

EYESTAR+ VisionQuest i-RX(USA) :

la sensibilité 95 % et à la spécificité 70 %

Cara (Computer Aided retinal Analysis) (***Diagnos**, Québec, Canada, 2000*)

- EU, Mexique, Arabie Saoudite, Turquie, Bangladesh...Bayer, Zeiss
- la sensibilité 95 % dans **Messidor 2**

Improved Automated Detection of Diabetic Retinopathy on a Publicly Available Dataset Through Integration of Deep Learning

Michael David Abramoff,^{1,3} Yiyue Lou,⁴ Ali Erginay,⁵ Warren Clarida,³ Ryan Amelon,³ James C. Folk,^{1,3} and Meindert Niemeijer³

¹Department of Ophthalmology and Visual Sciences, University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa City, Iowa, United States

²Iowa City Veterans Affairs Medical Center, Iowa City, Iowa, United States

³IDx LLC, Iowa City, Iowa, United States

⁴Department of Biostatistics, College of Public Health, University of Iowa, Iowa City, Iowa, United States

⁵Service d'Ophthalmologie, Hôpital Lariboisière, APHP, Paris, France

Correspondence: Michael David Abramoff, 11205 PFP, University of Iowa Hospital and Clinics, 200 Hawkins Drive, Iowa City, IA 52242, USA; michael.abramoff@uiowa.edu.

Submitted: May 20, 2016

Accepted: August 18, 2016

Citation: Abramoff MD, Lou Y, Erginay A, et al. Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:5200–5206. DOI:10.1167/ios.16.16.5200

PURPOSE. To compare performance of a deep-learning enhanced algorithm for automated detection of diabetic retinopathy (DR), to the previously published performance of that algorithm, the Iowa Detection Program (IDP)—without deep learning components—on the same publicly available set of fundus images and previously reported consensus reference standard set, by three US board certified retinal specialists.

METHODS. We used the previously reported consensus reference standard of referable DR (rDR), defined as International Clinical Classification of Diabetic Retinopathy moderate, severe nonproliferative (NPDR), proliferative DR, and/or macular edema (ME). Neither Messidor-2 images, nor the three retinal specialists setting the Messidor-2 reference standard were used for training IDx-DR version X2.1. Sensitivity, specificity, negative predictive value, area under the curve (AUC), and their confidence intervals (CIs) were calculated.

RESULTS. Sensitivity was 96.8% (95% CI: 95.3%–98.8%), specificity was 87.0% (95% CI: 84.2%–89.4%), with 6/874 false negatives, resulting in a negative predictive value of 99.0% (95% CI: 97.8%–99.6%). No cases of severe NPDR, PDR, or ME were missed. The AUC was 0.980 (95% CI: 0.968–0.992). Sensitivity was not statistically different from published IDP sensitivity, which had a CI of 94.4% to 99.3%, but specificity was significantly better than the published IDP specificity CI of 55.7% to 63.0%.

CONCLUSIONS. A deep-learning enhanced algorithm for the automated detection of DR, achieves significantly better performance than a previously reported, otherwise essentially identical, algorithm that does not employ deep learning. Deep learning enhanced algorithms have the potential to improve the efficiency of DR screening, and thereby to prevent visual loss and blindness from this devastating disease.

Keywords: diabetic retinopathy; detection; deep learning; algorithm; diabetes

Automation is a prerequisite to improve health care efficiency, affordability and accessibility.^{1,2} In the management of the estimated 25 million Americans and 59 million Europeans with diabetes, automation of the retinal exam is sorely needed. The reason is that adherence to the regular eye examinations necessary to diagnose diabetic retinopathy (DR) at an early stage, when it can be treated with the best prognosis and visual loss can be delayed or deferred^{3–5}, is frequently less than 60%.^{4,6} This leaves millions of people with diabetes at risk for potentially preventable visual loss and blindness. Though OCT and widefield imaging have been proposed to improve screening performance, most present-day DR screening programs use 1 or 2 field retinal color fundus imaging, in order to reach cost-effectiveness.^{7–9}

Over the last two decades, the automated analysis of retinal color images for DR has been studied by many groups.^{10–12} Though the lack of widely accepted, well characterized, and representative datasets makes comparison difficult, recent

studies show that complete DR screening systems using such algorithms achieve adequate safety, as for example the Iowa Detection Program (IDP).^{13–16} These algorithms are all based on classical expert designed image analysis, using carefully designed transformations including mathematical morphology and wavelet transformations.^{17–20} More recently, we used data-driven machine learning to learn the lowest level wavelet transformations from training data, but this resulted in only marginal performance improvements.²¹

Deep learning, where all transformation levels are determined from training data, instead of being designed by experts,²² has been highly successful in a large number of computer vision and image analysis tasks, substantially outperforming all classical image analysis techniques,²³ and, given the spatial coherence that is characteristic of images, typically implemented as Convolutional Neural Networks (CNN).²³ Indeed, the highest performing algorithms in the recent Kaggle

- **Sensitivity :** 96.8% (95% CI: 93.3%–98.8%),
- **Specificity :** 87.0% (95% CI: 84.2%–89.4%),
- 6/874 false negatives, resulting in a negative predictive value of 99.0% (95% CI: 97.8%–99.6%).
- No cases of severe NPDR, PDR, or ME were missed.

Dépistage automatique en Europe et dans le Monde (2)

IDx (USA) : *M. Abramoff et all. (Université de l'Iowa, EU), IOVS 2016.* l'évaluation réalisée sur Messidor 2 (1748 images) en utilisant le logiciel **IDx**

- la sensibilité 96,8 % et à la spécificité 87,0 % pour la RD
- Glaucome, maladies cardio-vasculaire, parkinson



FDA

Eyenuk (EyeArt) (USA) : EASD Annual Meeting, Sep. 2016, Munich, Germany

- 78 685 patients, 927 490 images
- la sensibilité 91,7 % et à la spécificité 95,5 %

R. Gargeya et all. Stanford University School of Medicine: un nouveau “Deep Learning” algorithme est utilisé sur 75 137 photos de patients diabétiques

- la sensibilité 94 % et à la spécificité 98 %

+ les bases de données de Messidor 2 et e-Ophta

- la sensibilité 94 % et à la spécificité 95 %

Google labs : V. Gulshan et all. Jama, 2017:

- EyePACS-1 (9963 images) et Messidor 2 (1748 images)
- la sensibilité 90,3 et 87,0% et la spécificité 98,1 % et 98,5%

	<u>Sensibilité</u>	<u>Spécificité</u>	<u>Marquage CE</u>	<u>Cloud</u>
IDx (USA)	96,8 %	87,0 %	+ , FDA	+
Eyenuk (EyeArt) (USA)	91,7 %	95,5 %	+	+
Retmarker (Portugal)	97,23 %	70,35 %	+	+
Google labs (USA)				
• EyePACS-1	90,3 %	98,1 %		+
• <u>Messidor 2</u>	87,0%	98,5%		+
Stanford University (USA)	94 %	98 %		
• Messidor 2 et e-Ophta	94 %	95 %		
DreamUp Vision	96,2 %	66,6 %	-	+
EYESTAR+ VisionQuest i-RX (USA)	95 %	70 %	FDA en cours	+

Projet RetinOpTIC (2016-2018)

- Accompagné par le pôle de compétitivité « Systematic Paris Region » : Fonds Unique Interministériel (FUI) 19, 2015
- Développement d'algorithmes basés sur la technique des réseaux neuronaux convolutifs pour la détection de la rétinopathie diabétique

Information System



Medical Expertise



Algorithms

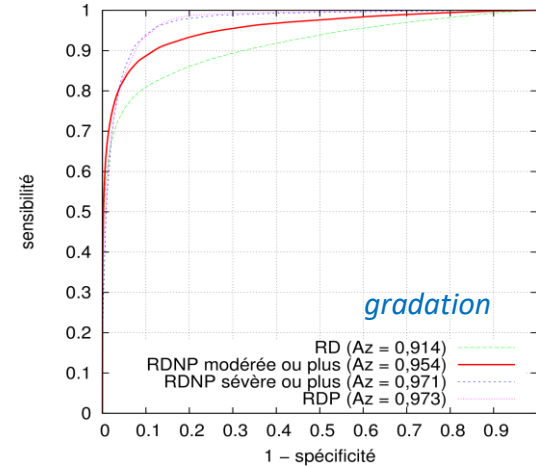
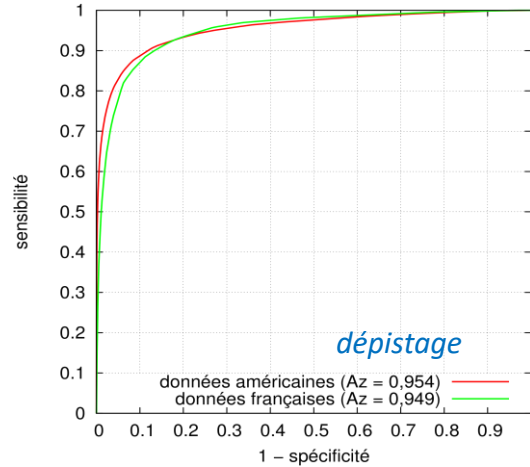


Optical Device

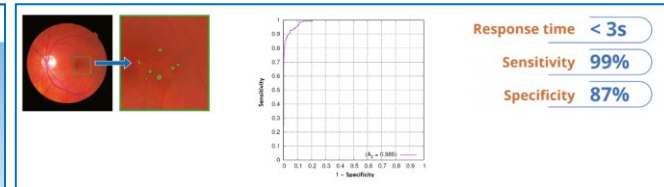
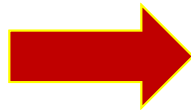


- Grands Groupes
 - AP-HP
- Moyenne Entreprise (entre 250 et 2000 pers)
 - Degetel
- PME (définition européenne, <250 pers)
 - ADCIS
 - Effilux
 - Evolucare
- Académiques
 - Institut d'Optique Graduate School ParisTech
 - MINES ParisTech – ARMINES
 - LaTIM UMR1101 INSERM - Télécom Bretagne/Institut Mines Télécom

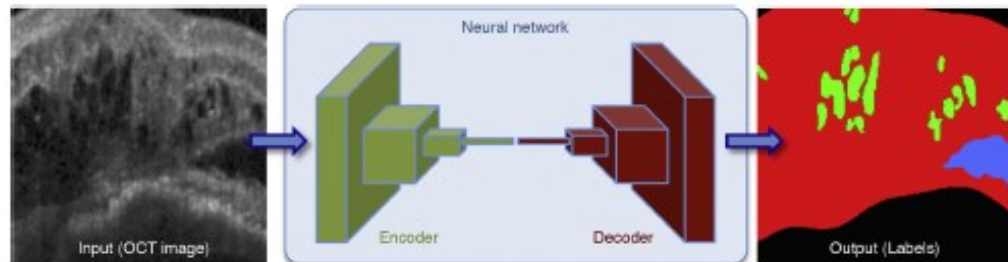
Dépistage / gradation de la RD – résultats RetinOpTIC



Marquage CE



<https://www.ophtai.com/fr/>



AMERICAN ACADEMY
OF OPHTHALMOLOGY



Fully Automated Detection and Quantification of Macular Fluid in OCT Using Deep Learning

Thomas Schlegl, MSc,^{1,4} Sebastian M. Waldstein, MD, PhD,² Hrvoje Bognarovic, PhD,¹ Franz Endersdorfer, MD,¹ Amir Sadeghpoor, PhD,³ Ana-Maria Philip, MD,³ Dominika Podkowinski, MD,³ Bianca S. Gerendas, MD, MSc,² Georg Lang, PhD,¹ Ursula Schmidt-Erfurth, MD²

Purpose: Development and validation of a fully automated method to detect and quantify macular fluid in conventional OCT images.

Design: Development of a diagnostic modality.

Participants: The clinical dataset for fluid detection consisted of 1200 OCT volumes of patients with neovascular age-related macular degeneration (AMD, n = 400), diabetic macular edema (DME, n = 400), or retinal vein occlusion (RVO, n = 400) acquired with Zeiss Cirrus (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA) (n = 600) or Heidelberg Spectralis (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) (n = 600) OCT devices.

Methods: A method based on deep learning to automatically detect and quantify intraretinal cystoid fluid (IRC) and subretinal fluid (SRF) was developed. The performance of the algorithm in accurately identifying fluid localization and extent was evaluated against a manual consensus reading of 2 masked reading center graders.

Main Outcome Measures: Performance of a fully automated method to accurately detect, differentiate, and quantify intraretinal and SRF was assessed under the receiver operating characteristics curves, precision, and recall.

Results: The newly designed, fully automated diagnostic method based on deep learning achieved optimal accuracy for the detection and quantification of IRC for all 3 macular pathologies with a mean accuracy (AUC) of 0.94 (range, 0.91–0.97), a mean precision of 0.91, and a mean recall of 0.84. The detection and measurement of SRF were also highly accurate with an AUC of 0.92 (range, 0.86–0.98), a mean precision of 0.61, and a mean recall of 0.81, with superior performance in neovascular AMD and RVO compared with DME, which was represented rarely in the population studied. High linear correlation was confirmed between automated and manual fluid localization and quantification, yielding an average Pearson's correlation coefficient of 0.90 for IRC and of 0.96 for SRF.

Conclusions: Deep learning in retinal image analysis achieves excellent accuracy for the differential detection of retinal fluid types across the most prevalent exudative macular diseases and OCT devices. Furthermore, quantification of fluid achieves a high level of concordance with manual expert assessment. Fully automated analysis of retinal OCT images from clinical routine provides a promising horizon in improving accuracy and reliability of retinal diagnosis for research and clinical practice in ophthalmology. *Ophthalmology* 2017;125:549–559. © 2017 by the American Academy of Ophthalmology. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

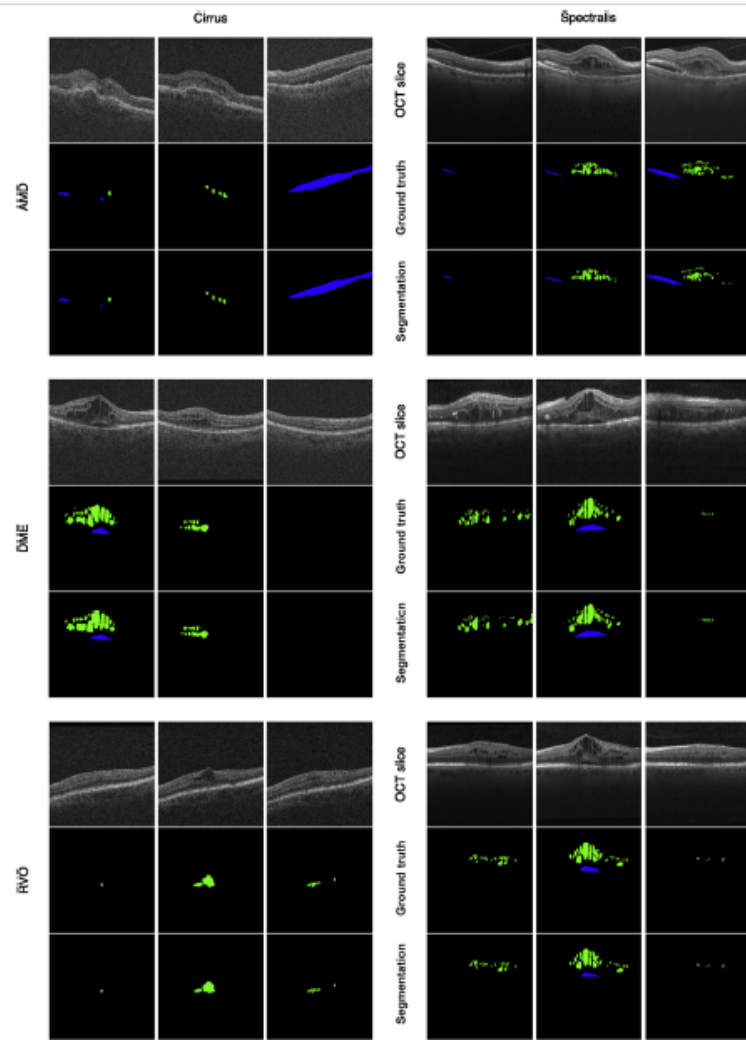


Supplemental material available at www.aaojournal.org.

OCT has profoundly disrupted conventional diagnostic and therapeutic strategies in clinical management and has led to paradigm shifts in the understanding of macular disease. Although OCT has continuously undergone hardware improvements since its inception, significantly less progress has been made in the field of software methods to analyze clinical OCT data. The number of patients with macular disease requiring efficient disease management based on OCT in clinical practice continues to increase, similarly to the amount of image data produced by advanced OCT technology such as swept source. Therefore, the feasibility of manual OCT assessment in clinical practice has become largely unrealistic. Likewise, poor reproducibility between OCT assessors, even in a research setting, also has

been reported.¹ Consequently, automated and reproducible analysis of clinical OCT data represents an important unmet need and a promising perspective for clinical practice. Specifically, there is a clear need to advance automated analysis beyond a purely anatomic presence/absence detection to an accurate measurement of markers for disease activity.

The majority of available analysis software tools for OCT is limited to the measurement of retinal layer thickness, despite the fact that prior studies demonstrated the limited value of this biomarker for visual prognosis and disease management.^{2–4} In practice, most physicians use qualitative OCT biomarkers, such as the presence of intraretinal cystoid fluid (IRC) and subretinal fluid (SRF), to inform retreatment decisions in individualized

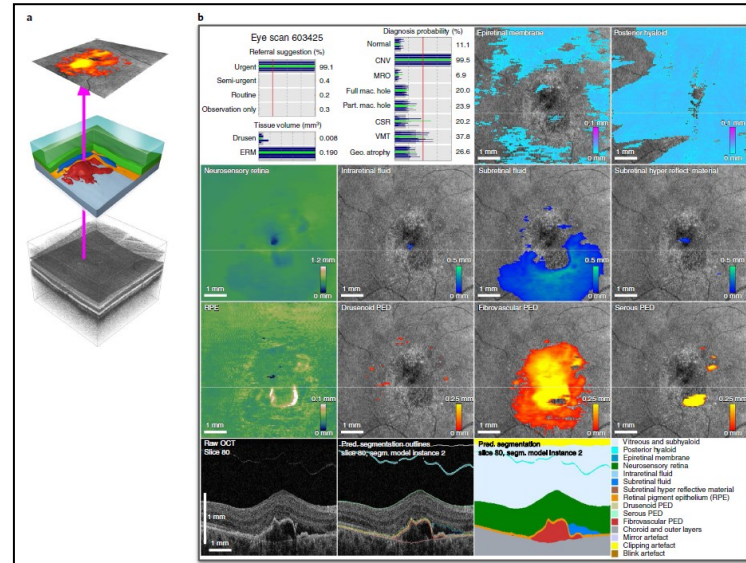
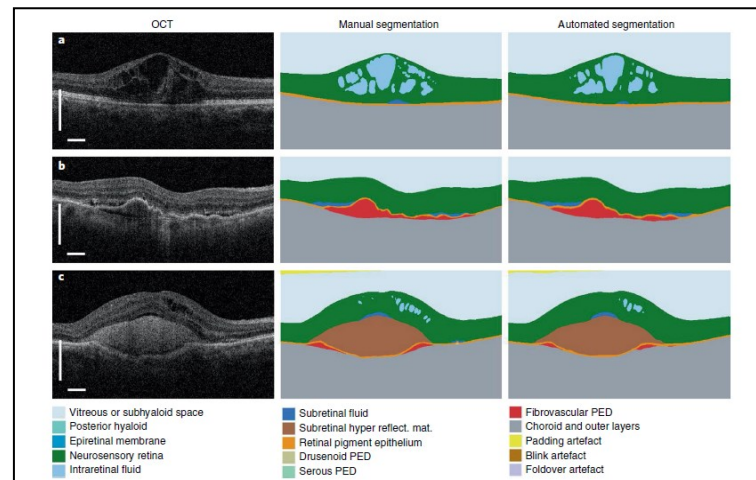
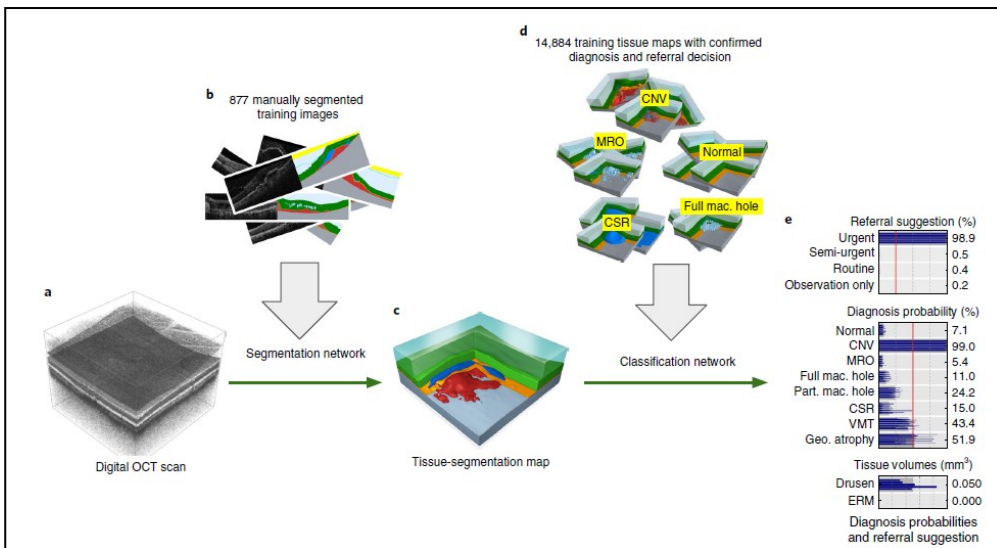


Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease

Jeffrey De Fauw¹, Joseph R. Ledsam¹, Bernardino Romera-Paredes¹, Stanislav Nikolov¹, Nenad Tomasev¹, Sam Blackwell¹, Harry Askham¹, Xavier Glorot¹, Brendan O'Donoghue¹, Daniel Visentin¹, George van den Driessche¹, Balaji Lakshminarayanan¹, Clemens Meyer¹, Faith Mackinder¹, Simon Bouton¹, Kareem Ayoub¹, Reena Chopra², Dominic King¹, Alan Karthikesalingam¹, Cian O. Hughes^{1,3}, Rosalind Raine³, Julian Hughes², Dawn A. Sim², Catherine Egan², Adnan Tufail², Hugh Montgomery³, Demis Hassabis¹, Geraint Rees³, Trevor Back¹, Peng T. Khaw², Mustafa Suleyman¹, Julien Cornebise^{1,3,4}, Pearse A. Keane^{2,4*} and Olaf Ronneberger^{1,4*}

August 2018

DeepMind, London, UK. 2NIHR Biomedical Research Centre at Moorfields Eye Hospital and UCL Institute of Ophthalmology, London, UK.



Assessment of Deep Generative Models for High-Resolution Synthetic Retinal Image Generation of Age-Related Macular Degeneration

Philippe M. Burlina, PhD; Neal Javali, BS; Kaito O. Padhwa, MD; T. Y. Allen Liu, MD; Neil M. Bressler, MD

IMPORTANCE: Deep learning (DL) used for discriminative tasks in ophthalmology, such as diagnosing diabetic retinopathy or age-related macular degeneration (AMD), requires large image data sets graded by human experts to train deep convolutional neural networks (DCNNs). In contrast, generative DL techniques could synthesize large new data sets of artificial retina images with different stages of AMD. Such images could enhance existing data sets of common and rare ophthalmic diseases without concern for personally identifying information to assist medical education of students, residents, and retinal specialists, as well as for training new DL diagnostic models for which extensive data sets from large clinical trials of expertly graded images may not exist.

OBJECTIVE: To develop DL techniques for synthesizing high-resolution realistic fundus images serving as proxy data sets for use by retinal specialists and DL machines.

DESIGN, SETTING, AND PARTICIPANTS: Generative adversarial networks were trained on 133 821 color fundus images from 463 study participants from the Age-Related Eye Disease Study (AREDS), generating synthetic fundus images with and without AMD. We compared retinal specialists' ability to diagnose AMD on both real and synthetic images, asking them to assess image gradability and testing their ability to discern real from synthetic images. The performance of AMD diagnostic DCNNs (referable vs not referable AMD) trained on either all-real vs all-synthetic data sets was compared.

MAIN RESULTS AND MEASURES: Accuracy of 2 retinal specialists (T.Y.A.L. and K.O.P.) for diagnosing and distinguishing AMD on real vs synthetic images and diagnostic performance (area under the curve) of DL algorithms trained on synthetic vs real images.

RESULTS: The diagnostic accuracy of 2 retinal specialists on real vs synthetic images was similar. The accuracy of diagnosis as referable vs nonreferable AMD compared with certified human graders for retinal specialist 1 was 84.54% (error margin, 4.06%) on real images vs 84.12% (error margin, 4.36%) on synthetic images and for retinal specialist 2 was 80.47% (error margin, 3.45%) on real images vs 80.10% (error margin, 3.54%) on synthetic images. Retinal specialists could not distinguish real from synthetic images, with an accuracy of 50.50% (error margin, 3.03%) for retinal specialist 1 and 53.67% (error margin, 3.00%) for retinal specialist 2. The DCNNs trained on real data showed an area under the curve of 0.9706 (error margin, 0.0020), and those trained on synthetic data showed an area under the curve of 0.9235 (error margin, 0.0046).

CONCLUSIONS AND RELEVANCE: Deep learning-synthesized images appeared to be realistic to retinal specialists, and DCNNs achieved diagnostic performance on synthetic data close to that for real images, suggesting that DL generative techniques hold promise for training humans and machines.

JAMA Ophthalmology 2019;37(2):258-264. doi:10.1001/jamaophth.2018.0166
Published online January 30, 2019. Corrected on February 14, 2019.

Video and Supplemental content
JAMA Online at
jamaophth.com/supplemental
and CME Questions page 332

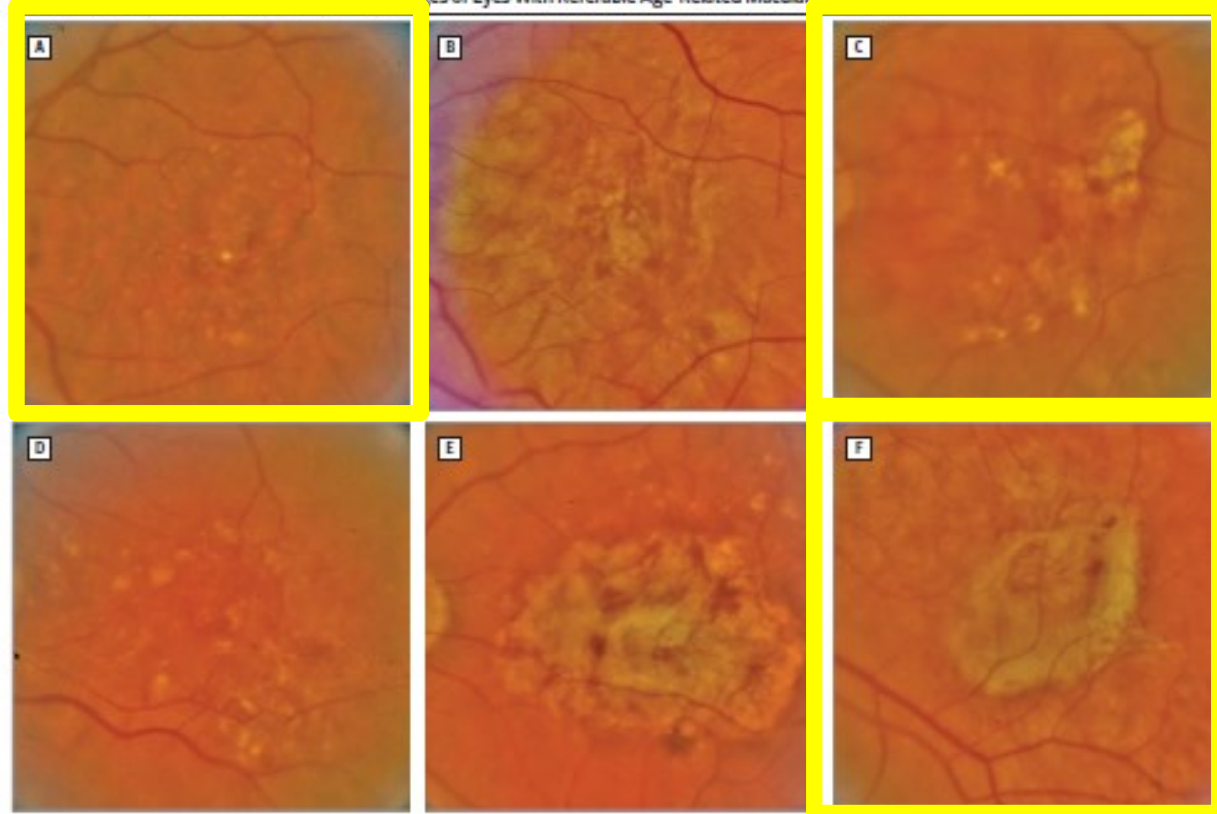
Author Affiliations: Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Baltimore, Maryland (Burlina, Javali, Padhwa, Center for Engineering in Healthcare, Baltimore, Maryland (Burlina), Retina Clinics, Wilmer Eye Institute, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland (Burlina, Liu, Bressler), Stanford Center of Vision Eye Hospital, Stanford, California (Bressler), Center for Vision Eye Hospital, Stanford, California (Bressler), Center for Vision Eye Hospital, Stanford, California (Bressler).

Corresponding Author: Neil M. Bressler, MD, Wilmer Eye Institute, Johns Hopkins University, 600 N Wolfe St, Macmillan 752, Baltimore, MD 21205-5221 (nbressl@jhmi.edu).

jamaophthology.com

© 2019 American Medical Association. All rights reserved.

Figure. Synthetically Created and Real Fundus Images of Eyes With Referable Age-Related Macular Degeneration



The real images with referable age-related macular degeneration (AMD) (ie, with the intermediate or advanced stage of AMD as defined in the Age-Related Eye Disease Study) are A, C, and F. The synthetic images with referable AMD are B, D, and E.



RESEARCH ARTICLE

Utilization of deep learning to quantify fluid volume of neovascular age-related macular degeneration patients based on swept-source OCT imaging: The ONTARIO study

Simrat K. Sodhi¹, Austin Pereira², Jonathan D. Oakley², John Golding², Carmelina Trimble³, Daniel B. Russakoff², Netan Choudhry^{2,4,5*}

¹ School of Clinical Medicine, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom, ² Department of Ophthalmology & Visual Sciences, University of Toronto, Toronto, ON Canada, ³ Viosion LLC, San Francisco, United States of America, ⁴ Vitreous Retina Macula Specialists of Toronto, Etobicoke, ON, Canada, ⁵ Cleveland Clinic Canada, Toronto, ON, Canada

* netan.choudhry@vmtc.com

Abstract

Purpose

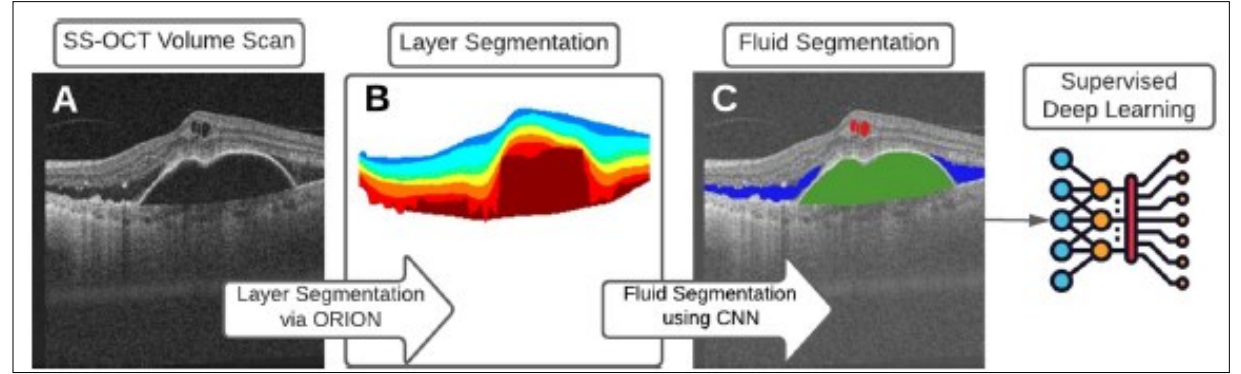
To evaluate the predictive ability of a deep learning-based algorithm to determine long-term best-corrected distance visual acuity (BCVA) outcomes in neovascular age-related macular degeneration (nARMD) patients using baseline swept-source optical coherence tomography (SS-OCT) and OCT-angiography (OCT-A) data.

Methods

In this phase IV, retrospective, proof of concept, single center study, SS-OCT data from 17 previously treated nARMD eyes was used to assess retinal layer thicknesses, as well as quantify intraretinal fluid (IRF), subretinal fluid (SRF), and serous pigment epithelium detachments (PEDs) using a novel deep learning-based, macular fluid segmentation algorithm. Baseline OCT and OCT-A morphological features and fluid measurements were correlated using the Pearson correlation coefficient (PCC) to changes in BCVA from baseline to week 52.

Results

Total retinal fluid (IRF, SRF and PED) volume at baseline had the strongest correlation to improvement in BCVA at month 12 (PCC = 0.652, p = 0.005). Fluid was subsequently subcategorized into IRF, SRF and PED, with PED volume having the next highest correlation (PCC = 0.648, p = 0.005) to BCVA improvement. Average total retinal thickness in isolation demonstrated poor correlation (PCC = 0.334, p = 0.189). When two features, mean choroidal neovascular membranes (CNVM) size and total fluid volume, were combined and correlated with visual outcomes, the highest correlation increased to PCC = 0.695 (p = 0.002).



Feature 1	Feature 2	Pearson's Correlation Coefficient	p-value
CNVM Mean size (μm ²) – 3 mm OCTA	Total Fluid	0.6951	0.0099
PED	IRF	0.6752	0.0141
CNVM Mean size (μm ²) – 6 mm OCTA	Total Fluid	0.6751	0.0141
CNVM Mean size (μm ²) – 3 mm OCTA	PED	0.6721	0.0149
Total Fluid	SRF	0.6690	0.0157
Density map–inferior–% 6 mm	PED	0.6669	0.0163
Density map–superior–% 6 mm	Total Fluid	0.6659	0.0165
Total Fluid	IRF	0.6634	0.0172
Density map–inferior–% 6 mm	Total Fluid	0.6634	0.0172
Density map–central–% 6 mm	PED	0.6606	0.0181

- Total retinal fluid (IRF, SRF and PED) volume at baseline had the strongest correlation to improvement in BCVA at month 12 (PCC = 0.652, p = 0.005).
- Fluid was subsequently subcategorized into IRF, SRF and PED, with PED volume having the next highest correlation (PCC = 0.648, p = 0.005) to BCVA improvement.
- Average total retinal thickness in isolation demonstrated poor correlation (PCC = 0.334, p = 0.189).



Intelligence artificielle

- Diagnostique et thérapeutique
- Chirurgie robotique
- Prédiction d'une maladie et/ou son évolution
- Recommandation de traitement personnalisé
- Prévention
- Education

Questions

- Valeurs acceptables pour
 - Le taux de faux positifs et de faux négatifs
 - La sensibilité et la spécificité
- Détection d'autres pathologies rétiniennes (glaucome, œdème papillaire, DMLA, OVR, tumeurs...)
- Validation clinique
- Marquage CE
- Rémunération de l'acte de dépistage automatique
- Choix du logiciel et la concurrence
- Responsabilité juridique
- Intégration de l'algorithme à la plateforme de téléophtalmologie existantes

Fluid Measurement Report

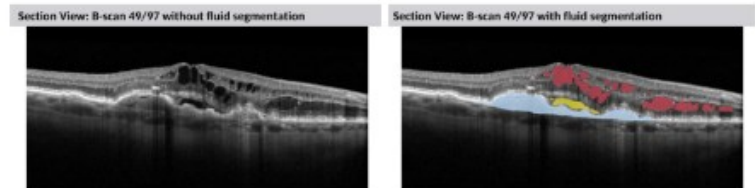
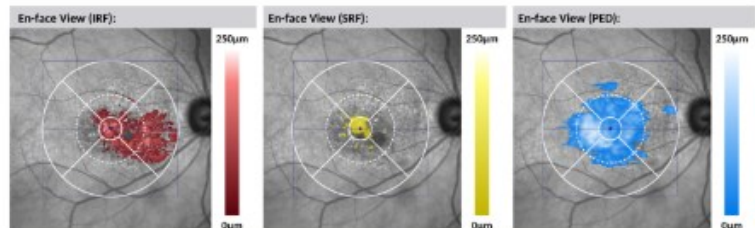
nAMD (neovascular age-related macular degeneration)



Fluid-Monitor

OCT: Manufacturer: Heidelberg Engineering / Spectralis Scan Pattern: 5.9mm x 5.9mm, 97 B-scans, distance: 61µm Laterality: OD

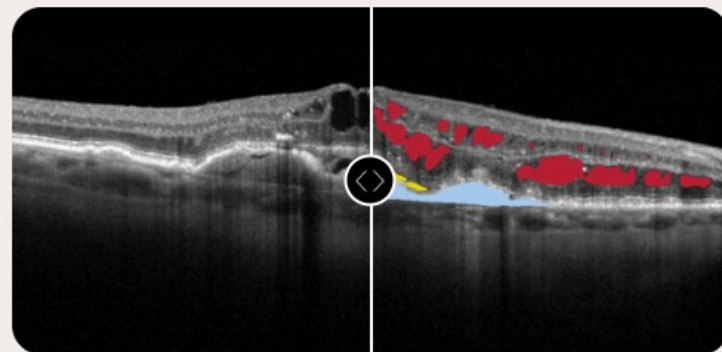
Fluid Type	Measured Volume (ETDRS 1mm)	Measured Volume (ETDRS 6mm)
IRF intra-retinal fluid	77.19nl	368.39nl
SRF sub-retinal fluid	31.9nl	37.05nl
PED pigment epithelial detachments	60.73nl	595.37nl



Please make sure that OCT scans are fovea-centered as measurements are based on this assumption

CE MDR: EU 2017/745
0128 UDI: (01)9180000560030(8012)HE2.0.0

Job ID: 8953fbed-ac03-455a-8c58-49291c1ade53
Timestamp: 2022-08-01 08:23:45 UTC



1mm 6mm

Red	IRF	77.19 nl	368.39 nl
Yellow	SRF	31.9 nl	37.05 nl
Blue	PED	60.73 nl	595.37 nl

Le logiciel identifie, localise et quantifie le liquide rétinien dans les images OCT de routine de manière rapide, objective et précise. Il attribue une étiquette à chaque pixel OCT, indiquant le type de liquide (liquide intrarétinien (IRF), liquide sous-rétinien (SRF) ou liquide lié au détachement de l'épithélium pigmentaire (PED), le cas échéant), ainsi que son emplacement dans la zone maculaire centrale de 1 mm et de 6 mm, et fournit des mesures précises du liquide, exprimées en nanolitres.

Intelligence artificielle et travail

Rapport à la ministre du Travail
et au secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé du Numérique

Paris, le 25 janvier 2018

« Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle » : le Cnom publie un livre blanc et 33 propositions pour soutenir le développement d'une société numérique au service des soignants et des patients

Le Conseil national de l'Ordre des médecins, sous la coordination du Dr. Jacques Lucas et du Pr. Serge Lhuu, publie ce jour un livre blanc consacré aux « Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle » et formule 33 propositions.

Ce document explore notamment l'impact actuel et futur des nouvelles technologies pour l'exercice de la médecine, pour la formation initiale et continue des médecins, pour la recherche médicale, et pour la place des patients dans le système de santé.

Plus généralement, il appelle à « identifier des mécanismes des risques que la société numérique comporte afin de les combattre tout en soutenant tout les bénéfices qu'elle peut apporter au service de la personne ».

Rappelant que « la médecine comportera toujours une part essentielle de relation humaine, quelle que soit la qualité, et ne pourra jamais s'en remettre entièrement à des « décisions » prises par des algorithmes dénués de nuances, de compassions et d'humanité », les auteurs du livre blanc estiment néanmoins que les « algorithmes et l'intelligence artificielle seront nos alliés, comme un appui essentiel pour l'aide à la décision et à la stratégie thérapeutique », ainsi qu'à la recherche médicale.

Dès lors, le Conseil national de l'Ordre des médecins, pour « accompagner l'ensemble de la profession, dans la diversité de ses exercices », pour « améliorer sa collaboration avec les patients », et pour assurer que les nouvelles technologies soient réellement mises « au service de la personne et de la société », émet 33 recommandations.

On relève parmi celles-ci que :

- « Des règles du droit positif visent à protéger un principe éthique fondamental : « une personne et une société libres et non asservies par les géants technologiques. » (recommandation n°1)

www.cnomat.natlnatn.fr

Contact presse

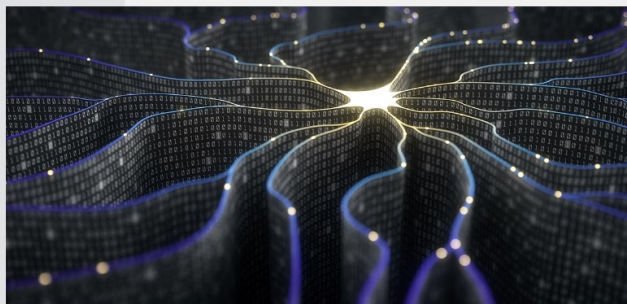
@ordre_medecine

Charles Van den Bogaerde
06 30 16 65 57

MÉDECINS ET PATIENTS DANS LE MONDE DES DATA, DES ALGORITHMES ET DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Analyses et recommandations
du Cnom

L'intelligence artificielle est-elle une menace?



DOSSIER

Comment l'intelligence artificielle va changer nos vies

Paru le
21.02.2018

À l'occasion du sommet sur l'intelligence artificielle qui se tient le jeudi 29 mars au Collège de France et à l'issue duquel le président de la République doit présenter la stratégie nationale dans ce domaine, (re)découvrez tous nos contenus sur cette technologie qui pourrait à terme « augmenter » presque chaque moment de notre vie. Reconnaissance faciale, assistant intelligent, voiture autonome, où en est l'intelligence artificielle ? Laissons-nous ces systèmes interpréter nos scanners médicaux ou rendre la justice ? L'automatisation du travail touchera-t-elle tout le monde ? Comment éviter les dérives éthiques ?

CNIL

Protéger les données personnelles, accompagner l'innovation, préserver les libertés individuelles

MES DÉMARCHES | THÉMATIQUES | TECHNOLOGIES | TEXTES OFFICIELS | LA CNIL   

Intelligence artificielle, de quoi parle-t-on ?

Intelligence artificielle, de quoi parle-t-on ?

05 avril 2022

L'intelligence artificielle (ou IA) est de plus en plus présente dans notre quotidien, notamment au travers de nouveaux produits ou services. Elle repose cependant sur des algorithmes gourmands en données, souvent personnelles, et son usage nécessite le respect de certaines précautions.



Vous êtes ici : Intelligence artificielle > L'IA, c'est quoi ?

L'IA, c'est quoi ?

Une définition complexe à opérer et à partager

Si le terme d'« intelligence artificielle » (IA) est entré dans le langage commun et son utilisation devenue banale dans les médias, il n'en existe pas réellement de définition partagée.

Au sens large, le terme désigne en effet indistinctement des systèmes qui sont du domaine de la pure science-fiction (les IA dites « fortes », dotées d'une forme conscience d'elles-mêmes) et des systèmes déjà opérationnels en capacité d'exécuter des tâches très complexes (reconnaissance de visage ou de voix, conduite de véhicule - ces systèmes sont qualifiés d'IA « faibles » ou « modérées »).



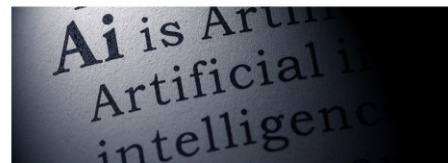
www.coe.int/ai

Vers une application de l'IA fondée sur les droits de l'homme, l'État de droit et la démocratie



#COE4AI

Contactez-nous



Cette confusion contribue à entretenir des craintes purement spéculatives (des IA autonomes conscientes s'opposant aux humains) qui resteraient anecdotiques si elles ne troublaient pas la mesure des réels enjeux, tels que l'impact sur les droits fondamentaux de processus de prise de décision fondés sur des modèles mathématiques, et donc difficile l'élaboration de cadres de régulation.

Une définition à restreindre, au cas par cas, aux technologies utilisées

L'IA est en réalité une discipline jeune d'une soixante d'années, qui réunit des sciences, théories et techniques (notamment logique mathématique, statistiques, probabilités, neurobiologie computationnelle et informatique) et dont le but est de parvenir à faire imiter par une machine les capacités cognitives d'un être humain.

Les spécialistes préfèrent en général employer le nom exact des technologies concrètement en œuvre (qui relèvent aujourd'hui essentiellement de l'apprentissage automatique - machine learning) et sont parfois réticents à employer le terme d'« intelligence » car les résultats, bien qu'extraordinaires dans certains domaines, demeurent encore modestes au regard des ambitions entretenues.

<https://www.cnil.fr/fr/intelligence-artificielle/intelligence-artificielle-de-quoi-parle-t-on>
<https://lejournel.cnr.fr/dossiers/comment-lintelligence-artificielle-va-changer-nos-vies>
<https://www.coe.int/fr/web/artificial-intelligence/what-is-ai>

Evaluation **I**ntelligente de la **R**étinopathie **D**iabétique **EVIRE** (2020)

L'objectif

- Développer et de valider un algorithme visant à mieux prédire l'évolution vers une rétinopathie sévère et la prise de décision lors du suivi de la rétinopathie diabétique (RD).
- Développer un nouvel outil remplacera la classification actuelle de la RD
- Préparation d'une cohorte de 5000 patients diabétiques en utilisant les appareils modernes d'imagerie du fond d'œil et l'intelligence artificielle (IA)
 - photographie à grand champ
 - OCT & OCTA
- et
 - données générales et ophtalmologiques
 - analyses biologiques
- les images et données seront anonymisées puis collectées grâce à la plateforme commune et centralisées sur un serveur sécurisé

UWF vs IA

Comparaison de la gravité de la rétinopathie diabétique (RD) entre les résultats autonomes basés sur l'intelligence artificielle (IA) d'un système de dépistage approuvé par la FDA et la classification par des spécialistes de la rétine à partir d'images couleur à champ ultra-large (UWF).

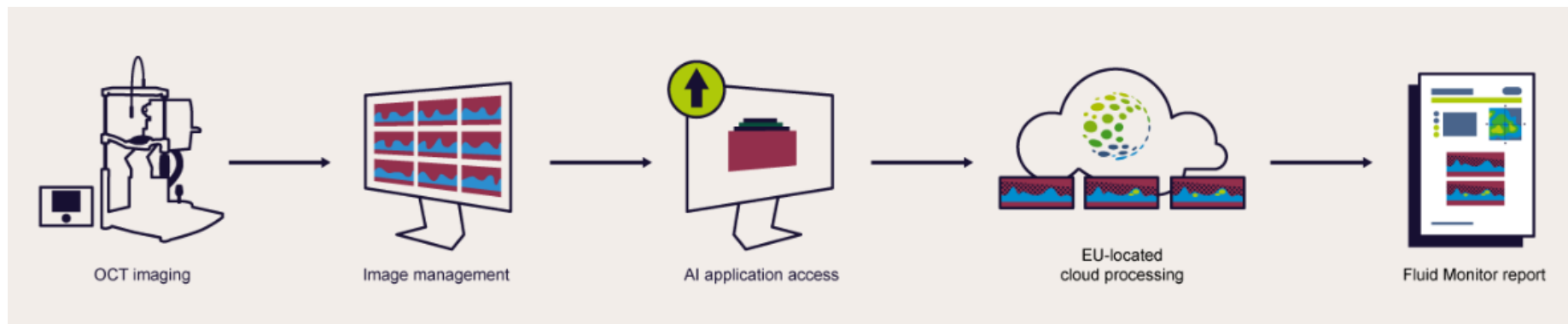
- étude pilote d'observation prospective
- 54 diabétiques (107 yeux) asymptomatiques sans diagnostic préalable de la RD ont été examinés à l'aide d'un appareil d'imagerie autonome (**IDx-DR, Digital Diagnostics**)
- pour chaque œil
 - deux images du fond d'œil en couleur à 45° par un algorithme d'IA basé sur un serveur sécurisé.
 - l'imagerie du fond d'œil couleur UWF à l'aide d'Optomap (Daytona, Optos)
- le score de sévérité de la RD Le score de sévérité de la RD clinique internationale a été évalué à la fois sur une projection de la zone à 7 champs (masque 7F) selon l'étude de la rétinopathie diabétique de traitement précoce. (ETDRS) et sur la zone graduable totale (plein champ UWF) jusqu'à la périphérie lointaine sur les images UWF.

L'examen autonome de la RD basé sur l'IA démontre une précision suffisante pour diagnostiquer les patients diabétiques asymptomatiques non prolifératifs avec une RD référençable, même par rapport à l'imagerie UWF évaluée par des experts humains, ce qui constitue une méthode appropriée pour le dépistage de la RD.



Depuis le 30 avril 2022, le moniteur de fluides RetInSight répond à toutes les exigences du MDR 2017/745 pour les dispositifs médicaux de classe IIa en tant que système d'aide à la décision clinique (CDSS) pour le suivi des patients atteints de dégénérescence maculaire liée à l'âge néovasculaire (nAMD).

Le moniteur de fluides RetInSight est conçu pour être compatible avec tous les principaux systèmes OCT, à commencer par la plateforme OCT SPECTRALIS® de Heidelberg Engineering, la plateforme de gestion d'images HEYEX de Heidelberg Eye Explorer et la solution d'accès aux applications AppWay AI de Heidelberg Engineering.



Fluid Measurement Report

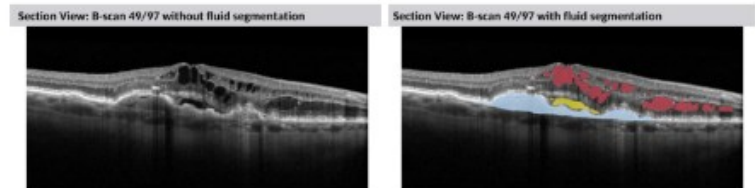
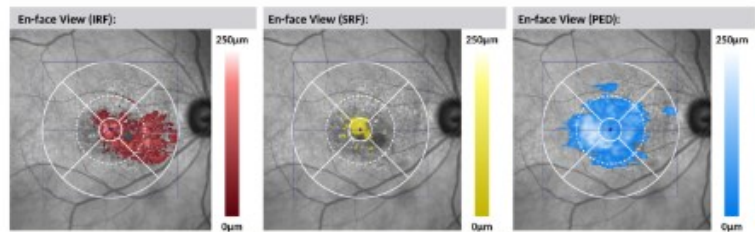
nAMD (neovascular age-related macular degeneration)



Fluid-Monitor

OCT: Laterality: OD
Manufacturer: Heidelberg Engineering / Spectralis Scan Pattern: 5.9mm x 5.9mm, 97 B-scans, distance: 61µm

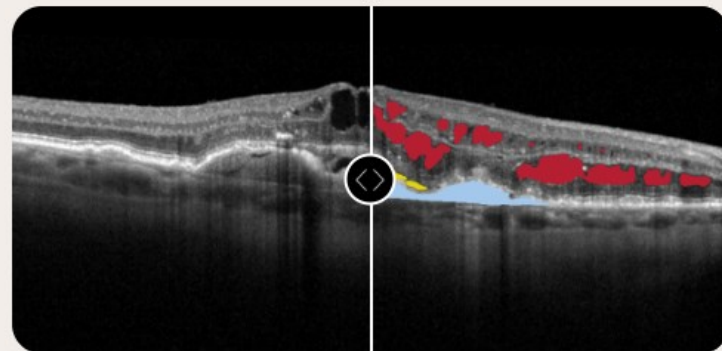
Fluid Type	Measured Volume (ETDRS 1mm)	Measured Volume (ETDRS 6mm)	En-face View:
IRF intra-retinal fluid	77.19nl	368.39nl	
SRF sub-retinal fluid	31.9nl	37.05nl	
PED pigment epithelial detachments	60.73nl	595.37nl	



Please make sure that OCT scans are fovea-centered as measurements are based on this assumption

CE MDR: EU 2017/745
0128 UDI: (01)9180000560030(8012)HE2.0.0

Job ID: 8953fbed-ac03-455a-8c58-49291c1ade53
Timestamp: 2022-08-01 08:23:45 UTC



		1mm	6mm
Red	IRF	77.19 nl	368.39 nl
Yellow	SRF	31.9 nl	37.05 nl
Blue	PED	60.73 nl	595.37 nl

Le logiciel identifie, localise et quantifie le liquide rétinien dans les images OCT de routine de manière rapide, objective et précise. Il attribue une étiquette à chaque pixel OCT, indiquant le type de liquide (liquide intrarétinien (IRF), liquide sous-rétinien (SRF) ou liquide lié au détachement de l'épithélium pigmentaire (PED), le cas échéant), ainsi que son emplacement dans la zone maculaire centrale de 1 mm et de 6 mm, et fournit des mesures précises du liquide, exprimées en nanolitres.





Merci de votre attention

ali.erginay@aphp.fr



Hôpital Lariboisière
Hôpital Saint Louis
AP-HP.Nord