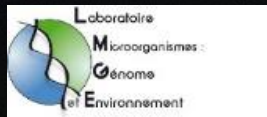


Projet DAPPEM

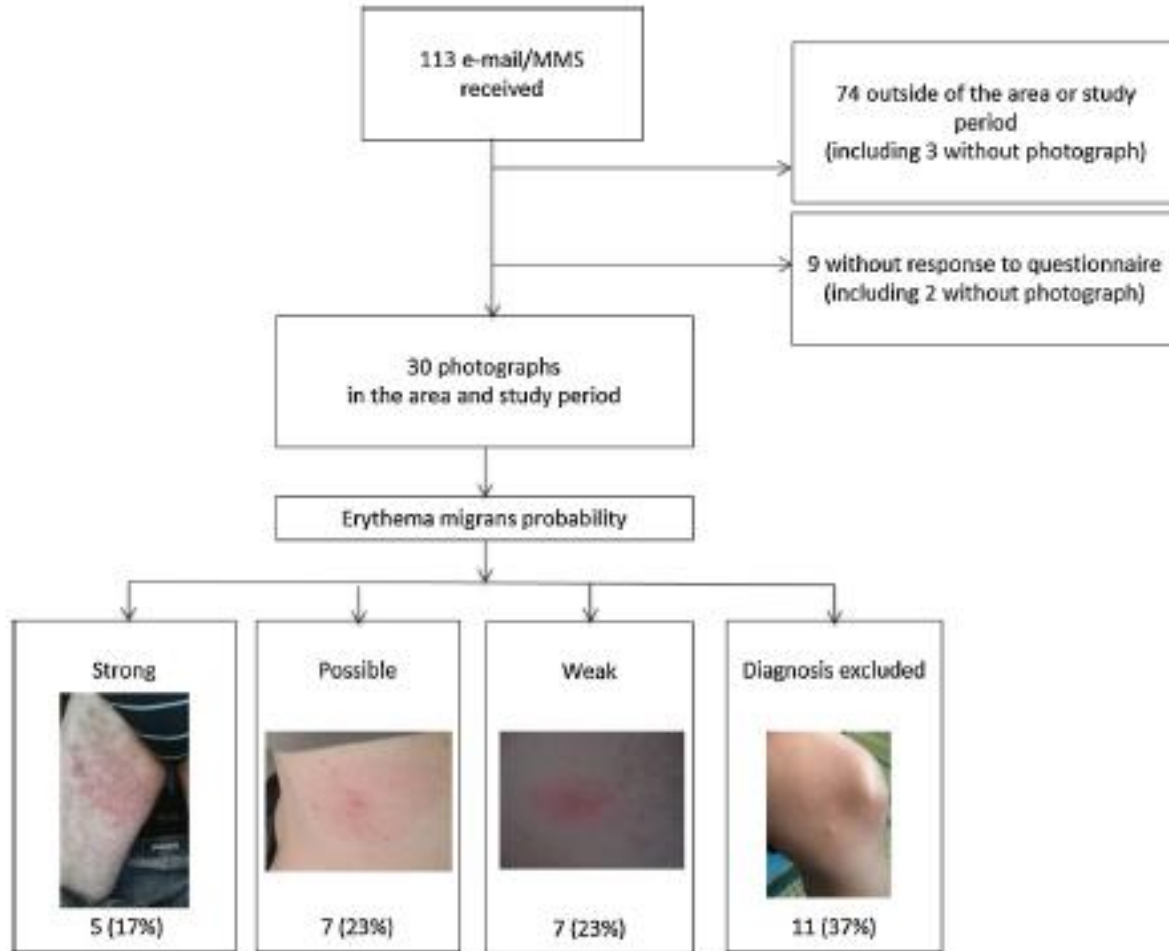
Développement d'une APPlication de repérage des Erythèmes Migrants à partir de photographies

Lesens Olivier, Martineau Delphine

Présentation Journée Nationale des CRMVT- Strasbourg - 4 avril 2022



UNIVERSITÉ
Clermont Auvergne



Contents lists available at ScienceDirect

Ticks and Tick-borne Diseases

journal homepage: www.elsevier.com/locate/tbdis

A study of on-line declarations of erythema migrans in

Leclercq^{a,b}, I. Lebert^b, M. Rene-Martellet^b, V. Corbin-Valdenaire^a,
 Loutch^a, O. Lesens^{a,d}

^a de Clermont Ferrand, France
^b de France
^c de France
^d de France
 (UMR) (UMR 6022), Université Clermont Auvergne, Clermont Ferrand, France

UNIVERSITÉ Clermont Auvergne

Présentation Journée Nationale des CRMVT- 4 avril 2022



Characteristics of the included patients (n = 30).

Characteristics Number (%)

Women n (%)	18 (60%)
-------------	----------

Link with the Combrailles area n (%)

Home	28 (94%)
------	----------

Strictly professional	1 (3%)
-----------------------	--------

Leisure/tourist	1 (3%)
-----------------	--------

Activity at the time of the bite n (%)

Gardening	18 (61%)
-----------	----------

Hiking/biking	6 (20%)
---------------	---------

Animal care	2 (6 %)
-------------	---------

Unknown	4 (13%)
---------	---------

Owned a smartphone n (%)	26 (87%)
--------------------------	----------

Photograph sent by a third party n (%)	8 (27%)
--	---------

grans in



ire^a,

LymeSnap - Bilan



- Incidence estimée à 22,7 /100 000 habitants
- Bonne qualité des photos (95%)
- La télé-déclaration est un outil prometteur pour avoir une meilleure estimation de l'incidence de la maladie de Lyme.
- Une majorité de « non-Lyme »
- Pas d'éléments cliniques: nécessité de rappeler avec un temps médical très long
- Le dispositif demande trop de ressources pour être déployé à grande échelle
 - *nécessité d'une campagne de sensibilisation préalable*
 - *besoin en ressources humaines important pour la collecte des données cliniques*

Connaissance insuffisante
des pharmaciens
et des médecins
généralistes pour
reconnaître un EM ?



Développement d'une **APP**lication de repérage des **E**rythèmes **M**igrants

➤ Unités de recherche impliquées

- LMGE (UMR UCA-CNRS) / CHU. Référent scientifique : O. LESENS, D. Martineau
- LIMOS (UMR UCA-CNRS-EMSE). E. Mephu Nguifo, I. Hossain (doctorant)
- EPIA (UMR INRAE – VAS). G. Vourc'h, J. de Goër, I. Lebert



➤ Partenaires non académiques

- ONF, Office National des Forêts. C. Planchette
- MSA, Mutualité Sociale Agricole. M. Ruols
- CNPF, Centre National de la Propriété Forestière et CRPF. D. Mourisset



➤ Durée du projet : du 01/09/2018 au 31/03/2023

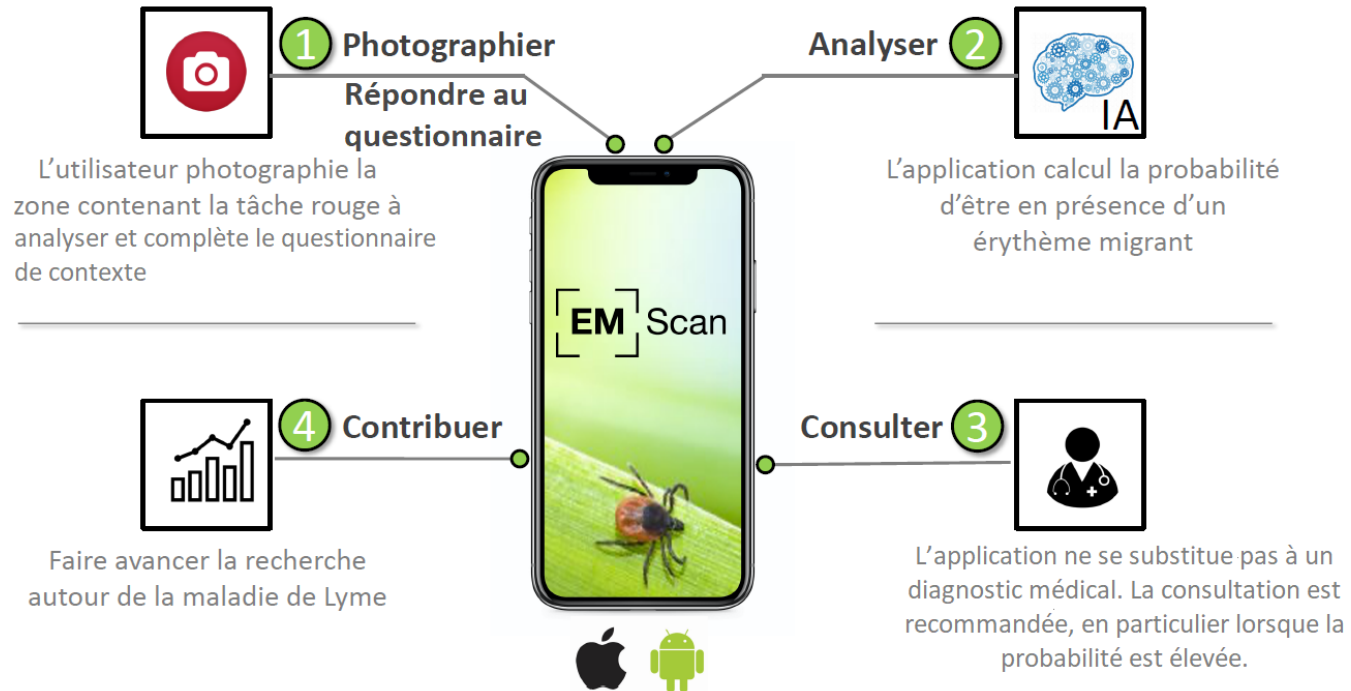
➤ Financement

Région Auvergne –Rhône-Alpes et FEDER

Subventions MSA 2019, 2020, 2021

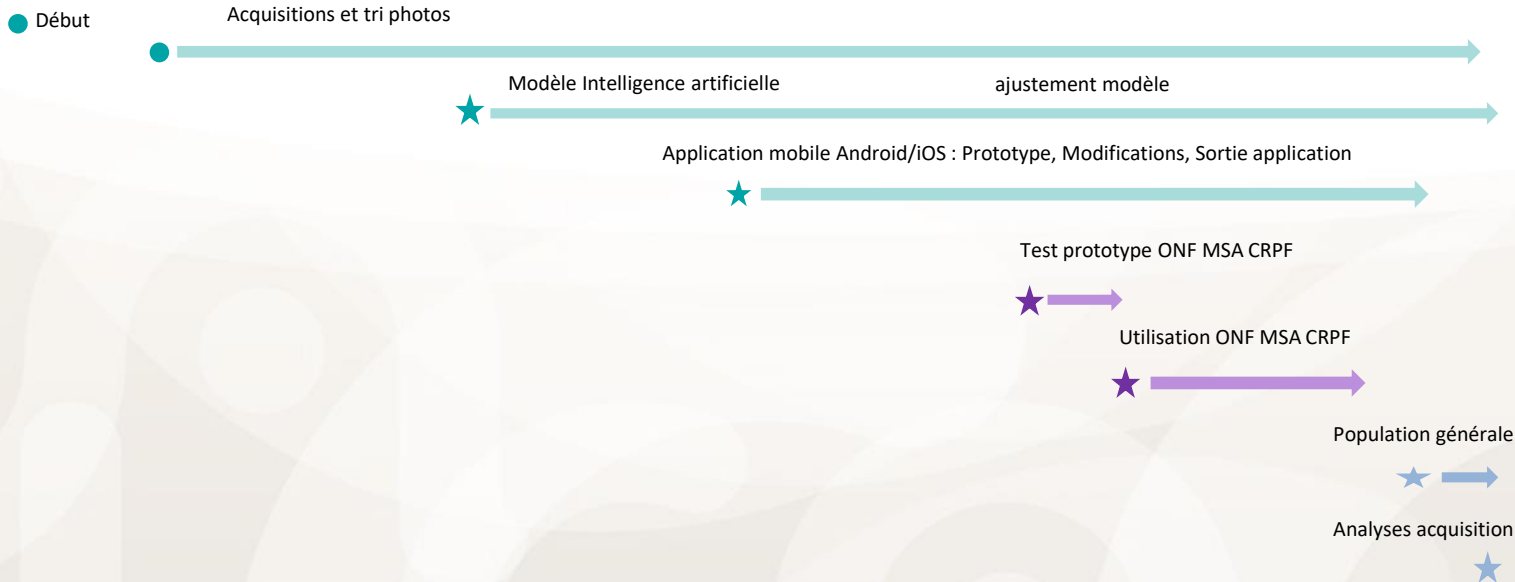


Développer une application d'analyse automatisée de photos de taches rouges pour fournir une probabilité vis-à-vis des Erythèmes Migrants (EM)



2018 2019 2020 2021 2022 2023

07 10 01 04 07 10 01 04 07 10 01 04 07 10 01 04 07



T1 : développement modèle d'analyse d'image
T2 : développement de l'application
T3 : déploiement de l'application
T4 : analyse des données et recommandation

Objectif

Développer puis entrainer un réseau de neurones à localiser en temps réel un EM

Contrainte principale

Avoir un nombre suffisant de photos pour la phase d'apprentissage du réseau de neurones

Thèse de Doctorat en informatique

Early diagnosis of Lyme disease by recognizing Erythema Migrans skin lesion from images utilizing deep learning techniques.

Imran HOSSAIN – de mars 2020 à mars 2023

Encadrants : E. MEPHU-NGUIFO (LIMOS), J. DE GOËR (INRAE EPIA)

Constitution du jeu d'images pour entrainer le réseau de neurones

D. Martineau (CHU Clermont-Ferrand) et J. De Goër (INRAE)

- Origine des images :

Projet de recherche Lymesnap, médecins des CRMVT et CCMVT, publications, particuliers, internet

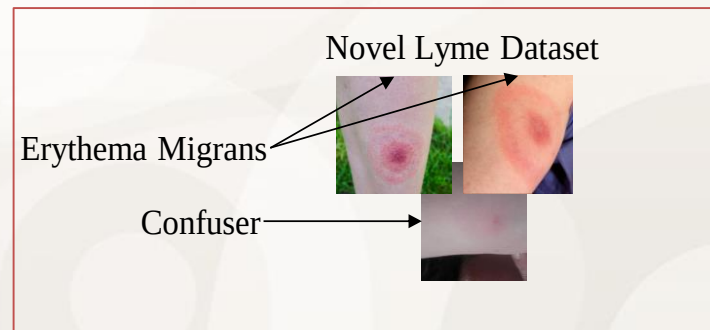


- Tri et classification des images par deux médecins :

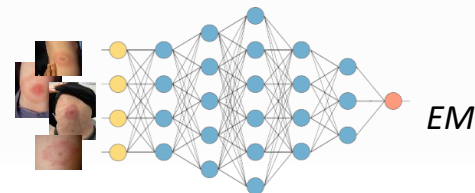
Infectiologue et dermatologue - J. Beytout et V. Corbin (CHU Clermont-Ferrand)

- Images acquises (1672)

Erythème migrant	866
Non EM	806



Méthodes d'Intelligence Artificielle



Ensemble de méthodes et de techniques permettant à une machine d'imiter le fonctionnement du cerveau humain via l'utilisation de réseaux de neurones artificiels

Avancés significatives dans de nombreux domaines

Analyse du texte, traduction automatique...

Reconnaissance et classification d'images, d'objets...

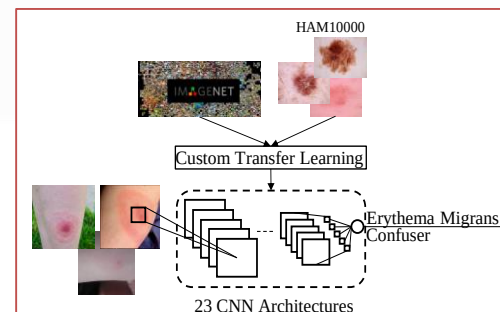
En santé humaine (Aide au diagnostic)

Reconnaissance de mélanomes (Esteva et al; 2017, Haenssle et al. 2018, Tschandl et al. 2020)

Maladie de Lyme : détection des EM à partir d'images (Burlina et al., 2018)

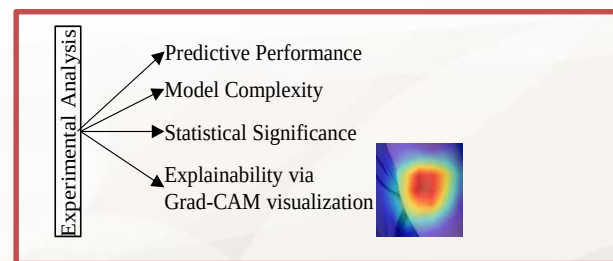
Réseau de neurones

- Développement et entraînement du réseau de neurones à partir du jeu de 1672 images : Méthode d'apprentissage par transfert (transfer learning)
- Test de 23 architectures de réseaux de neurones pour évaluer leur sensibilité et leur consommation en ressources (nb de photos nécessaires).



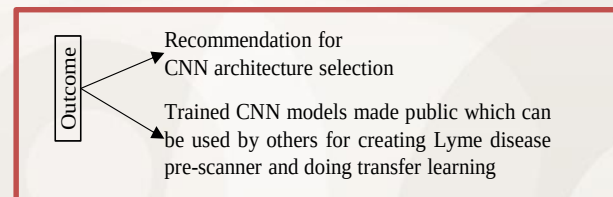
Caractérisation des modèles

Cartographie d'activation de classe par gradient

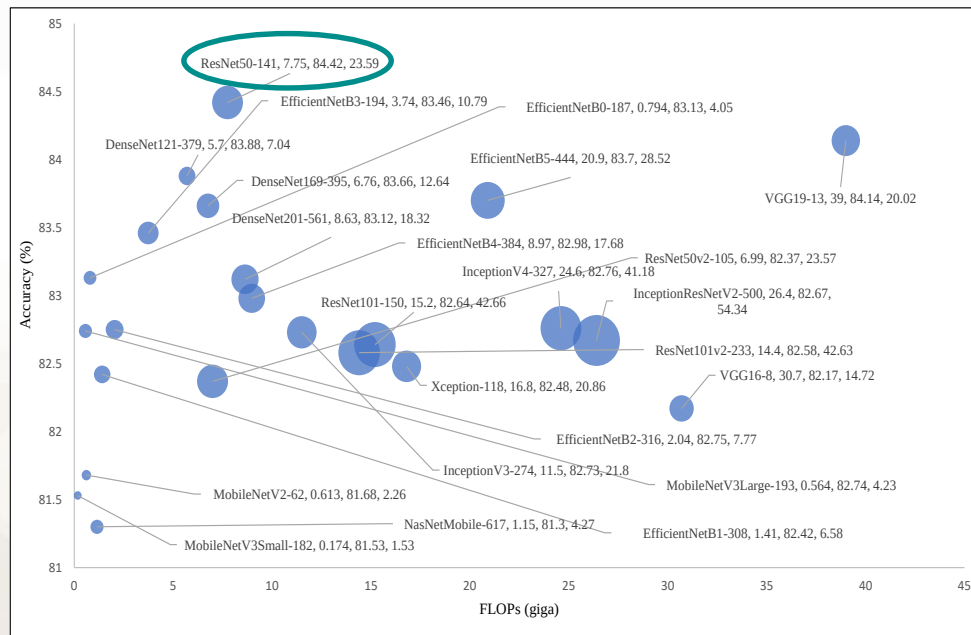


Sélection des modèles

Performance prédictive



Choix du meilleur modèle IA



Modèle sélectionné

ResNet50-141

basé sur l'architecture
ResNet personnalisée

Exactitude de classification

84,4 % $\pm$ 1,4

Sensibilité 87,9 % $\pm$ 1,5

Spécificité 80,7 % $\pm$ 3,6

Comparaison Précision du modèle et Rapidité de calcul



Taille en fonction du nombre de paramètres du modèle (million d'unités)

Première publication le 10-01-2022

Hossain et al. 2022. Computer Methods and Programs in Biomedicine

Computer Methods and Programs in Biomedicine 215 (2022) 106624



Contents lists available at ScienceDirect

Computer Methods and Programs in Biomedicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cmpb



Exploring convolutional neural networks with transfer learning for diagnosing Lyme disease from skin lesion images



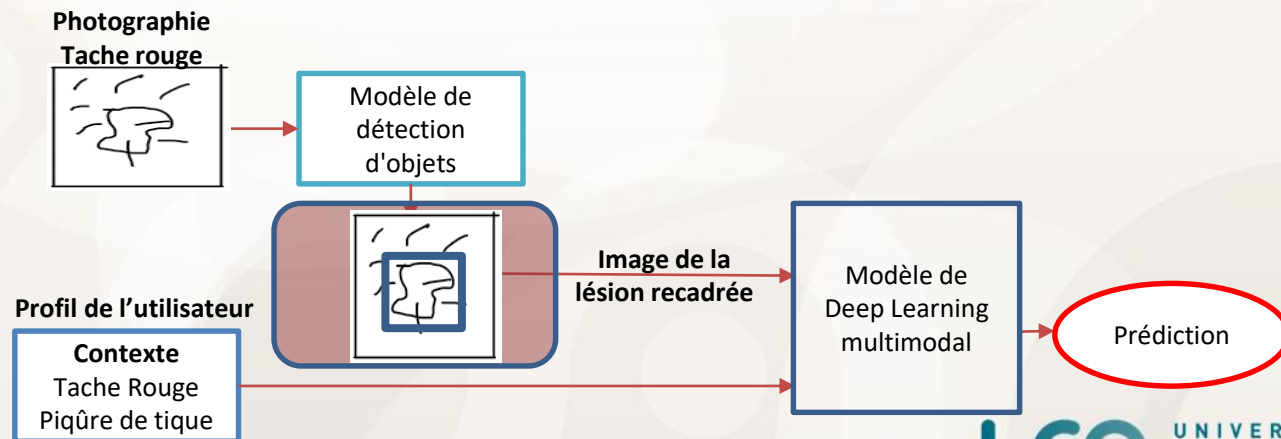
Sk Imran Hossain^a, Jocelyn de Goër de Herve^{b,c}, Md Shahriar Hassan^a,
Delphine Martineau^d, Evelina Petrosyan^d, Violaine Corbin^d, Jean Beytout^e,
Isabelle Lebert^{b,c}, Jonas Durand^f, Irene Carravieri^g, Annick Brun-Jacob^f, Pascale Frey-Klett^h,
Elisabeth Bauxⁱ, Céline Cazorla^j, Carole Eldin^k, Yves Hansmann^l, Solene Patrat-Delon^m,
Thierry Prazuckⁿ, Alice Raffetin^{o,p}, Pierre Tattevin^q, Gwenaél Vourc'h^{b,c}, Olivier Lesens^{r,s},
Engelbert Mephu Nguifo^{a,*}

Mise au point d'un premier prototype

Intégration du réseau de neurones de P. Burlina au sein d'une application mobile

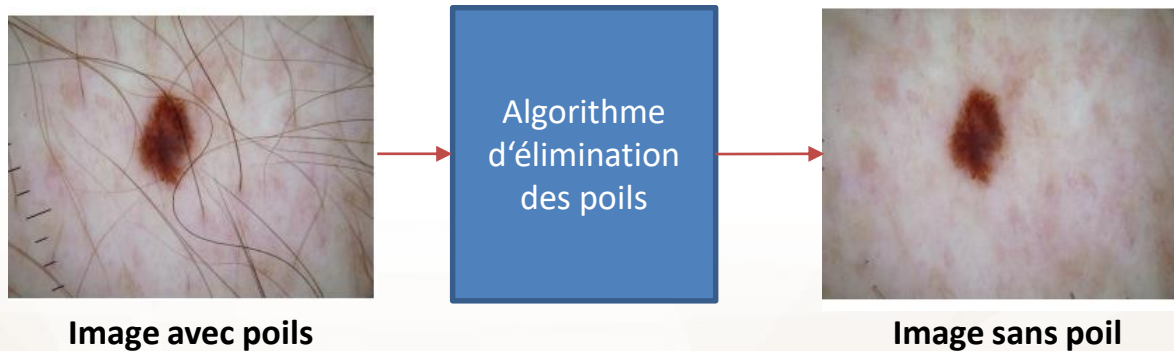
• Objectifs :

- Évaluer le réseau de neurones de P. Burlina
- Tester la possibilité d'intégrer un réseau de neurone au sein d'une application pour smartphone
- Possibilité de faire de la détection en temps réel
- Mettre au point une méthodologie de prise de vue avec traitement de l'image



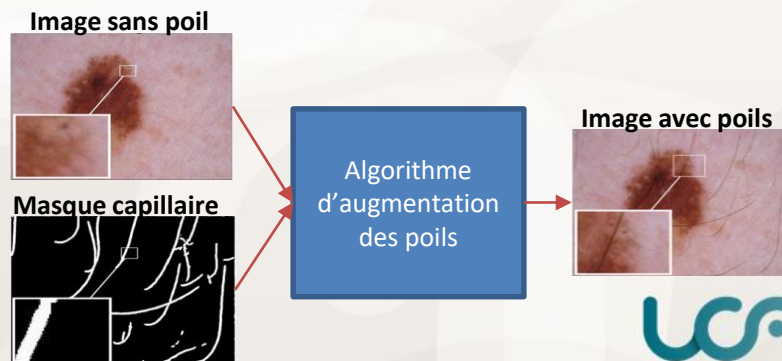
Traitement de l'image

Elimination des poils de la peau



Inconvénient : augmente la complexité de calcul lors d'une application en temps réel

Méthode inspirée
de la technique
inverse



Traitement de l'image

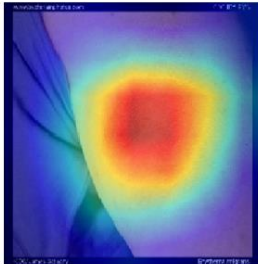
Repérage de la tache rouge

Result

Type	Score
EM	99.98 %



Input Image

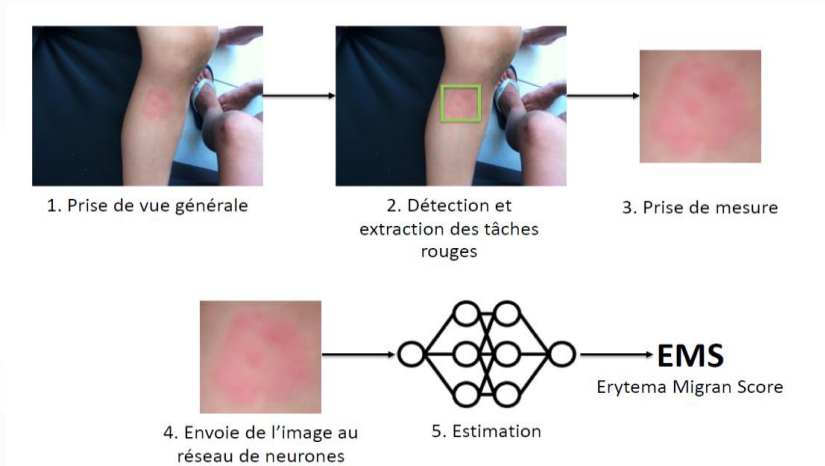


Grad-CAM Visualization

Details

Close

Premier prototype



Catégorie	Tri préalable (dermato + infectio)	Tri par l'IA
EM	866	859
Non EM	806	813

7 images précédemment étiquetées comme EM n'en étaient pas !

Stratégie d'intégration du profil de l'utilisateur

Questions	Réponses									Pondération	std dev
Autres symptômes observés	Aucun	0	0	3	0	0	3	3	3	1.38	1.05
	Fièvre	-1	0	-1	1	1	3	0	0	0.75	0.90
	Fatigue	0	1	1	2	0	3	0	0	0.81	0.81
	Malaise	0	0	1	0	0	3	0	0	0.38	0.86
	Douleurs articulaires	1	1	-1	2	2	2	0	0	0.94	0.75
	Maux de tête	0	0	-1	0	2	1	0	0	0.56	0.79
	Démangeaison	-1	-1	-1	-1	1	-1	0	0	-0.34	0.76
Quelle est ou a été la taille maximale de cette tache	Moins de 1 cm	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-0.69	0.58
	de 1 à 5 cm	1	1	1	0	1	1	1	1	1.00	0.50
	+ de 5 cm	3	2	2	2	3	3	3	3	2.44	0.61
	Je ne sais pas	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.35
La taille de cette tache augmente-t-elle ou a-t-elle augmentée progressivement	Oui	3	1	3	3	3	3	3	3	2.81	0.53
	Non	0	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-0.63	0.60
	Je ne sais pas	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0.24
Avez-vous constaté une piqûre de tique à l'endroit de cette tache rouge au cours des 30 derniers jours ?	Oui	3	2	3	2	3	3	3	3	2.50	0.71
	Non	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.51
Fréquence des piqûres de tiques au cours des 30 derniers jours avant l'apparition de la tache rouge	Jamais	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	-0.38	0.48
	1 fois	0	0	2	1	1	3	1	1	1.19	0.73
	2 à 5 fois	1	1	3	1	1	3	1	1	1.56	0.79
	plus de 5 fois	2	2	1	2	2	3	2	2	1.88	0.70
Activités de plein air au cours des 30 derniers jours avant l'apparition de la tache rouge	Oui	1	1	2	2	1	2	2	2	1.75	0.56
	Non	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-0.63	0.60

16 infectiologues ont attribué une note de -1 à 3 aux réponses du questionnaire de contexte

-1 = en défaveur d'un EM

0 = non pertinent par rapport au risque d'EM

1 = risque d'EM possible

2 = risque d'EM probable

3 = risque d'EM avéré

Obtention d'une pondération moyenne aux réponses du questionnaire associé à la photo

Stratégie du calcul de risque de probabilité d'un EM

Analyse de la photo 50 %

Scanner

La photo doit être centrée et nette pour garantir la qualité de l'analyse

Veuillez prendre la tache dans son ensemble

Faites-vous aider pour prendre la photo

Photo correcte ✓



Photo floue ✗



Analyse des données pondérées du questionnaire de contexte 50 %

Questions sur les symptômes

Date d'apparition de la tache rouge

Choisir une date ☐ Date inconnue

Avez vous observé d'autres symptômes en même temps que la tache rouge?

Oui

Non

Question suivante

Questions sur la tache

Quelle est ou a été la taille maximale de cette tache ?

0-2 cm 2-5 cm 5cm +

La taille de cette tache augmente-t-elle ou a-t-elle augmenté progressivement ?

Oui

Non

Ne sais pas

Avez-vous constaté une piqûre de tique à l'endroit de cette tache rouge au cours des 30 derniers jours précédant l'apparition de la tache rouge?

Oui

Non

Question suivante

Question sur la piqûre

Date de la piqûre ?

Choisir une date ☐ Date inconnue

Date du retrait de la tique

Choisir une date ☐ Non retirée

Si vous connaissez le lieu géographique de la piqûre, merci de nous l'indiquer connexion internet requise

Choisissez un lieu ☐ Lieu inconnu

Question suivante

Epidémio



Développer une application mobile exploitant le réseau de neurones

Développeur, CDD Yann Frendo

Public visé : Toute personne suspectant un érythème migrant après piquûre de tique, en France métropolitaine

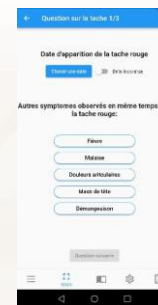
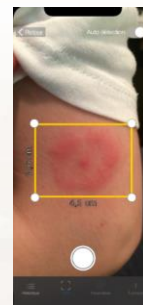
Plateforme : Application pour smartphones Android et iPhone

Présentation de l'application

- Prise de photo
- Réponses au questionnaire de contexte
- Analyse des renseignements donnés

Autres informations

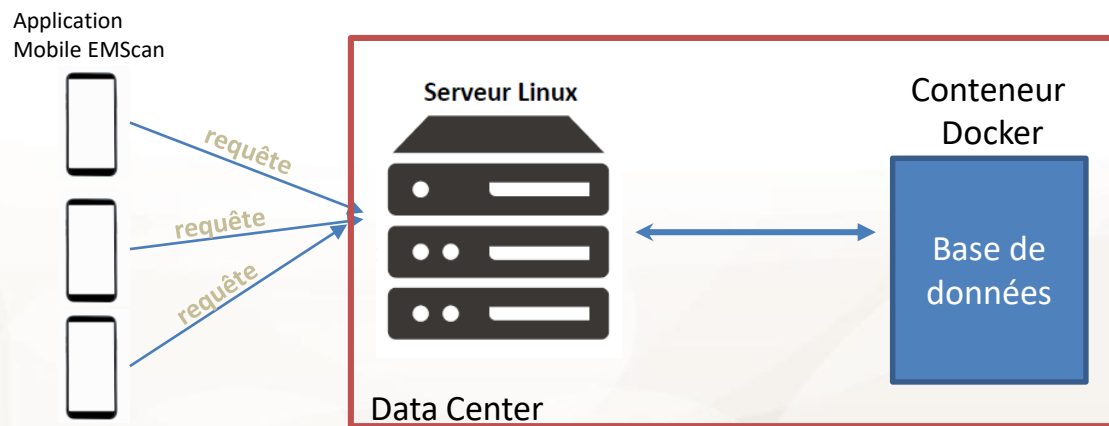
- Historique des utilisations
- Informations sur maladie de Lyme et érythème migrant
- Informations sur le projet
- Mentions légales : Conditions Générales d'Utilisation



Score
Érythème
migrant ou
non

Développer une application mobile exploitant le réseau de neurones

Développement sous Flutter



Test de l'ergonomie de l'application : panel de 15 testeurs : ONF, MSA, CNPF

Test de l'application : en période d'activité des tiques avec ONF, MSA, CNPF

Version test de l'application mobile

← Conditions

Conditions d'utilisation

- ☒ J'ai pris connaissance du message d'information portant sur le projet de recherche DAPPEM
- ☒ Donner l'autorisation d'accès à l'appareil photo dans les paramètres du téléphone

[Consulter la note d'information sur la collecte et le traitement des données personnelles liées à cette application et enquête](#)

Accepter

III □ <

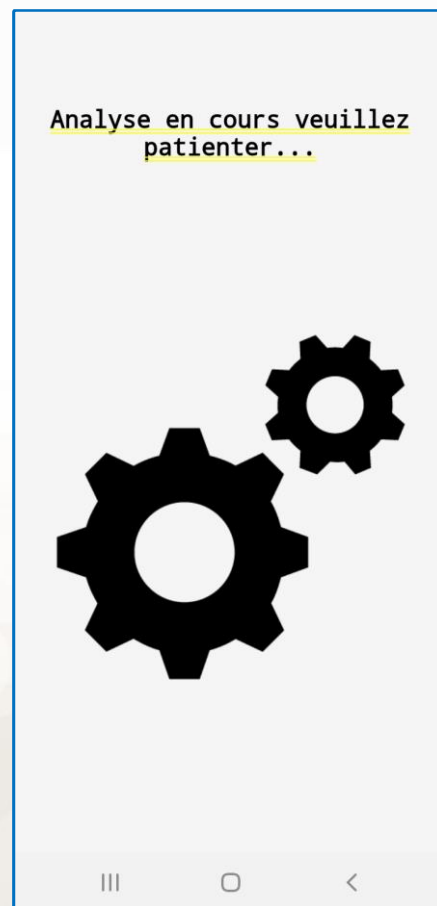
Version test de l'application mobile

Saisie de la photo

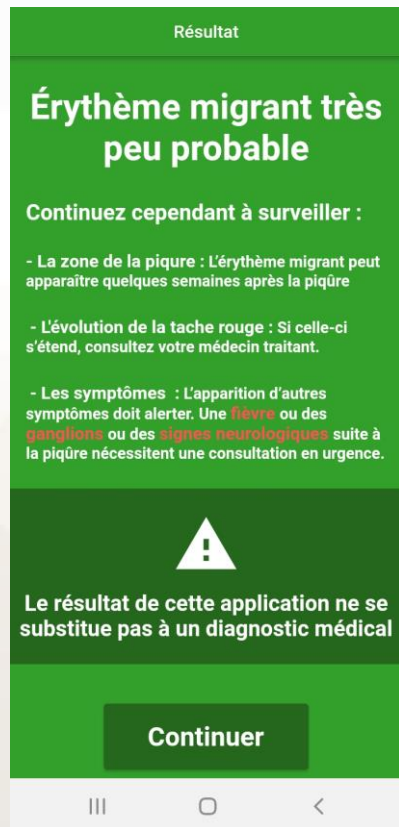


Version test de l'application mobile

Saisie des données
du questionnaire



Version test de l'application mobile : Les résultats possibles



Pour un risque évalué de 0 à 50 %



Pour un risque évalué de 50 à 75 %



Pour un risque évalué de 75 à 100 %

Version test de l'application mobile

Message final



➤ Quelques difficultés à surmonter...

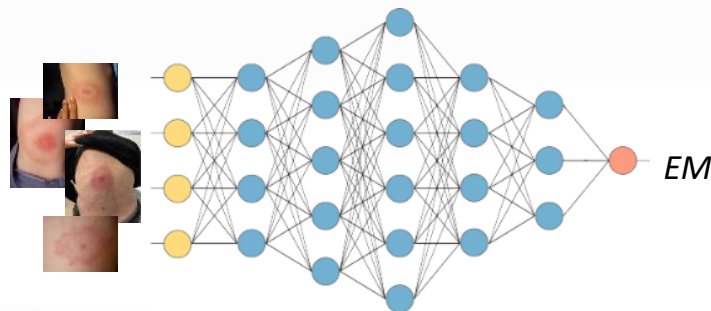
Ajout d'un réseau de neurones pour la détection de peau
En test actuellement

ANSM - Guichet innovation et orientation
Dispositif médical ???

ou Validation par un comité d'éthique
Pour pouvoir publier dans certaines revues...

Rédaction des CGU
Direction des affaires juridiques d'INRAE

Diffusion de l'application
Campagne de communication + traduction en anglais



- **1600 photos supplémentaires** permettront de continuer l'entraînement du réseau de neurones et d'**atteindre une exactitude de classification de 95 %**.

Objectifs et conséquences...

- Réduction des formes tardives de borréliose de Lyme
- Incidence de la maladie de Lyme en France et par zone géographique
- Amélioration continue de la précision de l'application
- Intégration d'EMscan à CiTIQUE
- Base de données des photos en archive ouverte
- Elaboration d'un e-learning sur l'érythème migrant à destination des soignants



INRAE

UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

ANSES

TOUS
CHERCHEURS

Merci de votre attention