



Société Tunisienne
de Pathologie Infectieuse

The Tunisian Society of Infectious Disease
organizes with the collaboration of
The World Health Organization



World Health
Organization

1ST Congress in Middle East North Africa region of
Clinical Microbiology and Infectious Disease

34TH National congress of Tunisian Society of Infectious Disease

Hammamet - Tunisie 22-24 mai 2025

Intelligence artificielle et Microscopie en parasitologie

Marc Thellier



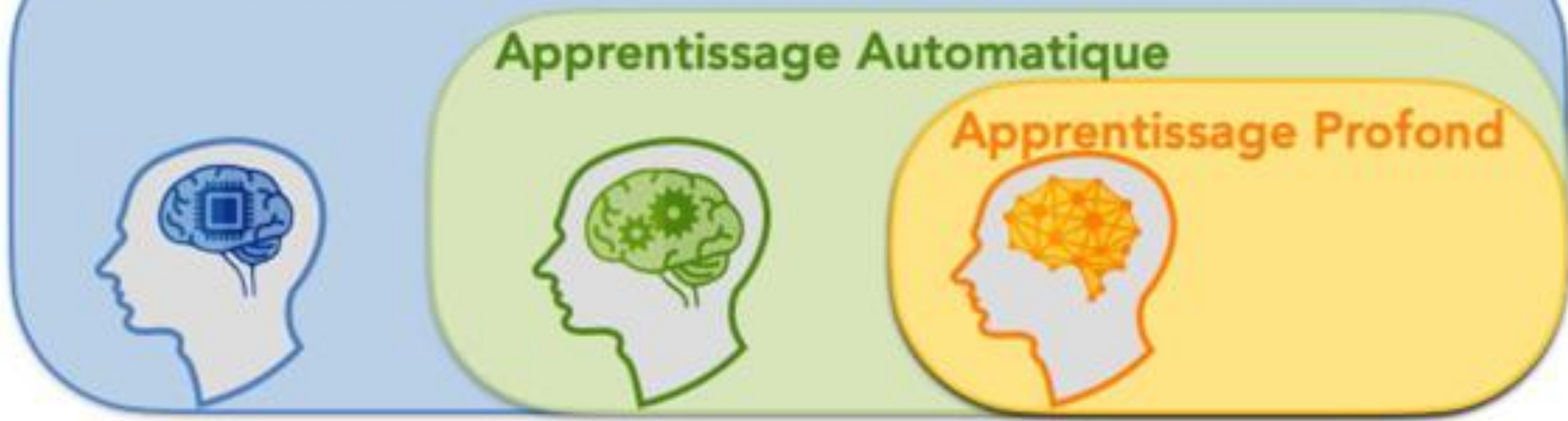
IA et Microscopie en parasitologie

Liens d'intérêts

3 dernières années, avec les sociétés suivantes

- Recherches cliniques : Non
- Pfizer (2021) : CEPI Colloque Experts Praticiens Infectiologie

Intelligence Artificielle : compréhension/perception/décision



Zucker D & Clément K L'intelligence artificielle au service des maladies métaboliques MMM 2021

Apprentissage humain et animal

Yann Le Cun : chercheur en intelligence artificielle et vision artificielle (robotique) français

Il est considéré comme l'un des inventeurs de l'apprentissage profond

Il reçoit le prix Turing 2018, le 27 mars 2019, partagé avec **Yoshua Bengio** et **Geoffrey Hinton**



« Les cerveaux humain et animal sont "profonds", dans le sens où chaque action est le résultat d'une longue chaîne de communications synaptiques (de nombreuses couches de traitement)

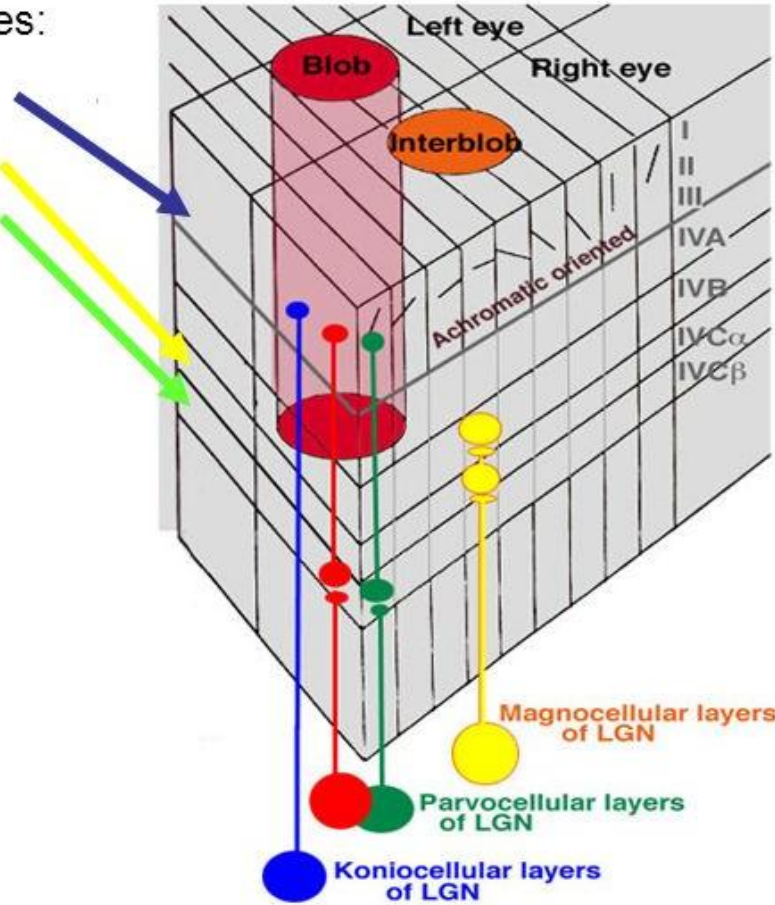
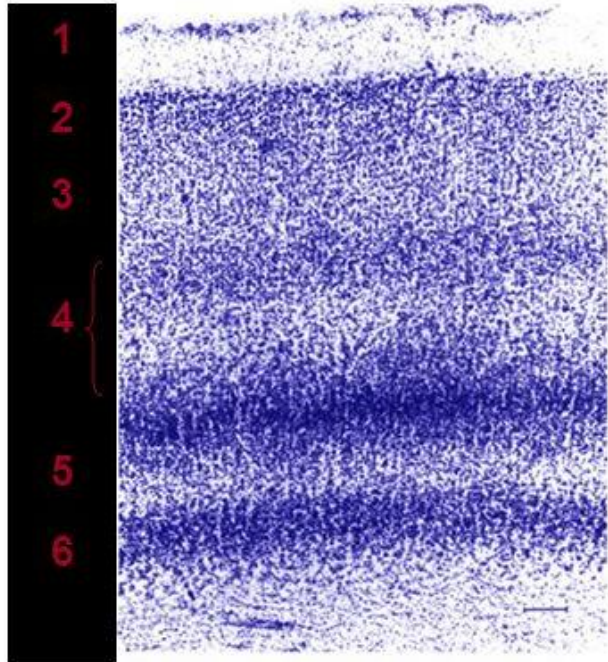
Nous recherchons des algorithmes d'apprentissage correspondants à ces "architectures profondes"

Exemple du cortex visuel

Le cortex visuel primaire reçoit les afférences du GLd.

Il est organisé en 6 couches principales:

- afférences K = couches 2-3
- afférences M = couche 4C α
- afférences P = couche 4C β

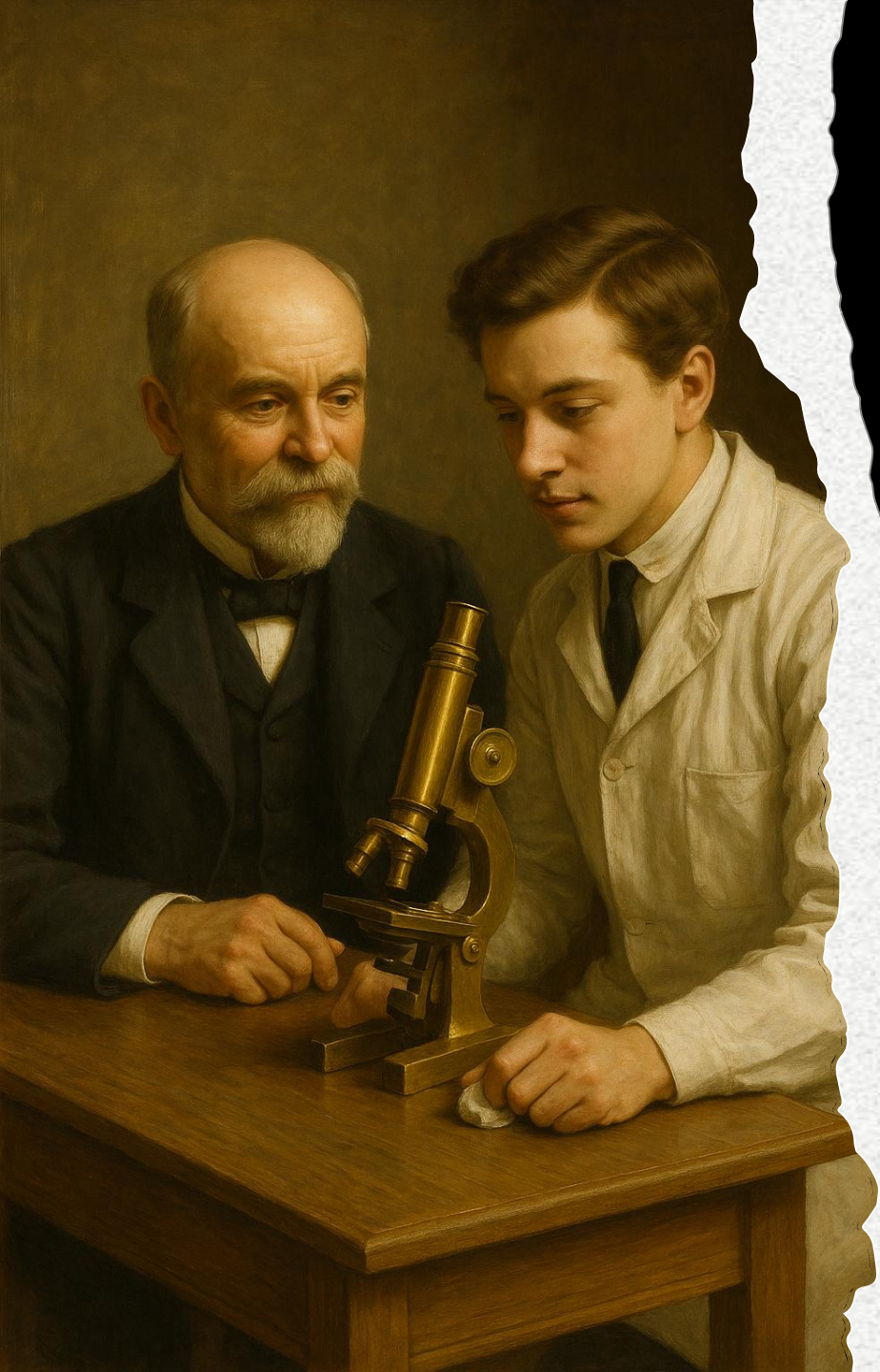


- **Afférences K = couches 2-3** (en bleu)
(Koniocellulaires = petites cellules)
- **Afférences M = couche 4C α** (en jaune)
(Magnocellulaires = grandes cellules)
- **Afférences P = couche 4C β** (en vert)
(Parvocellulaires = petites cellules)



<http://webvision.umh.es/webvision/>

LGN : Noyau géniculé latéral

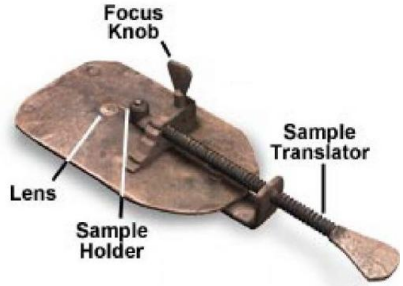


Comme le cerveau, l'IA est un outil multifonction !

... qui doit être éduqué et entraîné

... dans des **objectifs déterminés**

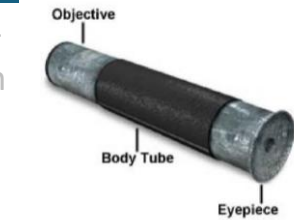
Histoire du microscope



1600

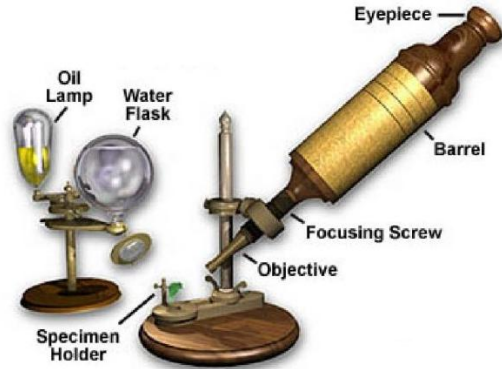
observe des micro-organismes avec un microscope simple
van Leeuwenhoek

1600



Fabrication de loupes améliorées

Les Jansen



1670

Microscope à 2 lentilles + focalisation de la lumière

Hooke

Powell & Lealand

1870

Laiton massif
Mise au point par crémaillère et pignons
Binoculaire

Grossissement x1000



Louis PASTEUR 1822 - 1895

1847-1857 étude des cristaux (cristallographie)

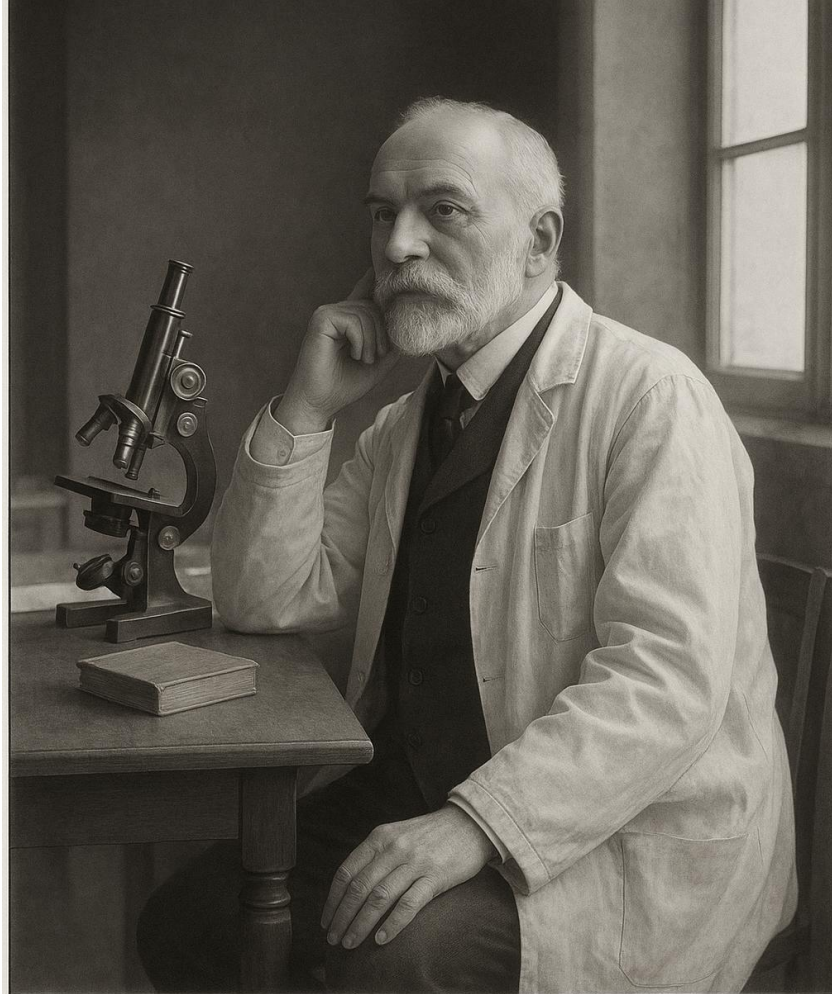
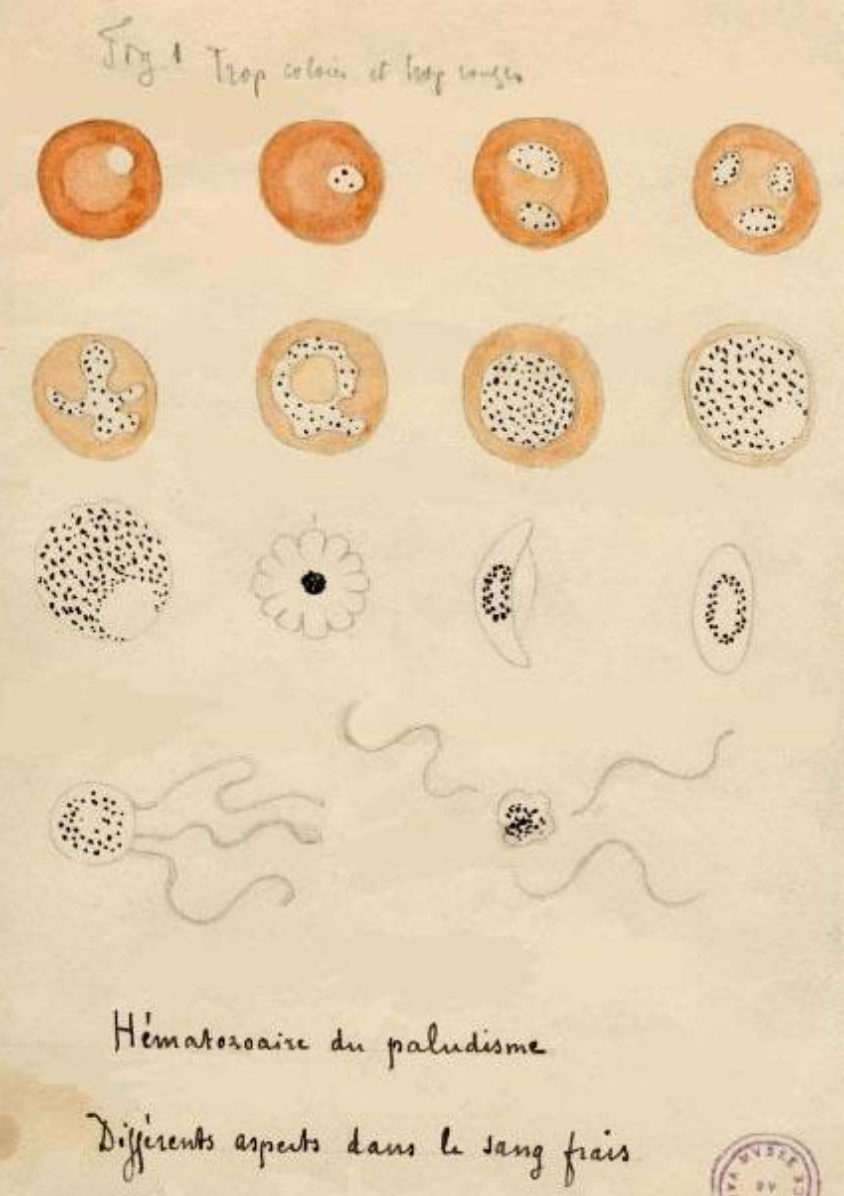
1857-1877 étude des fermentations et sur le vin (Grand Prix Expo Universelle 1867) Après 1877 ...

Les maladies contagieuses : choléra des poules, charbon des moutons, travaux sur la rage

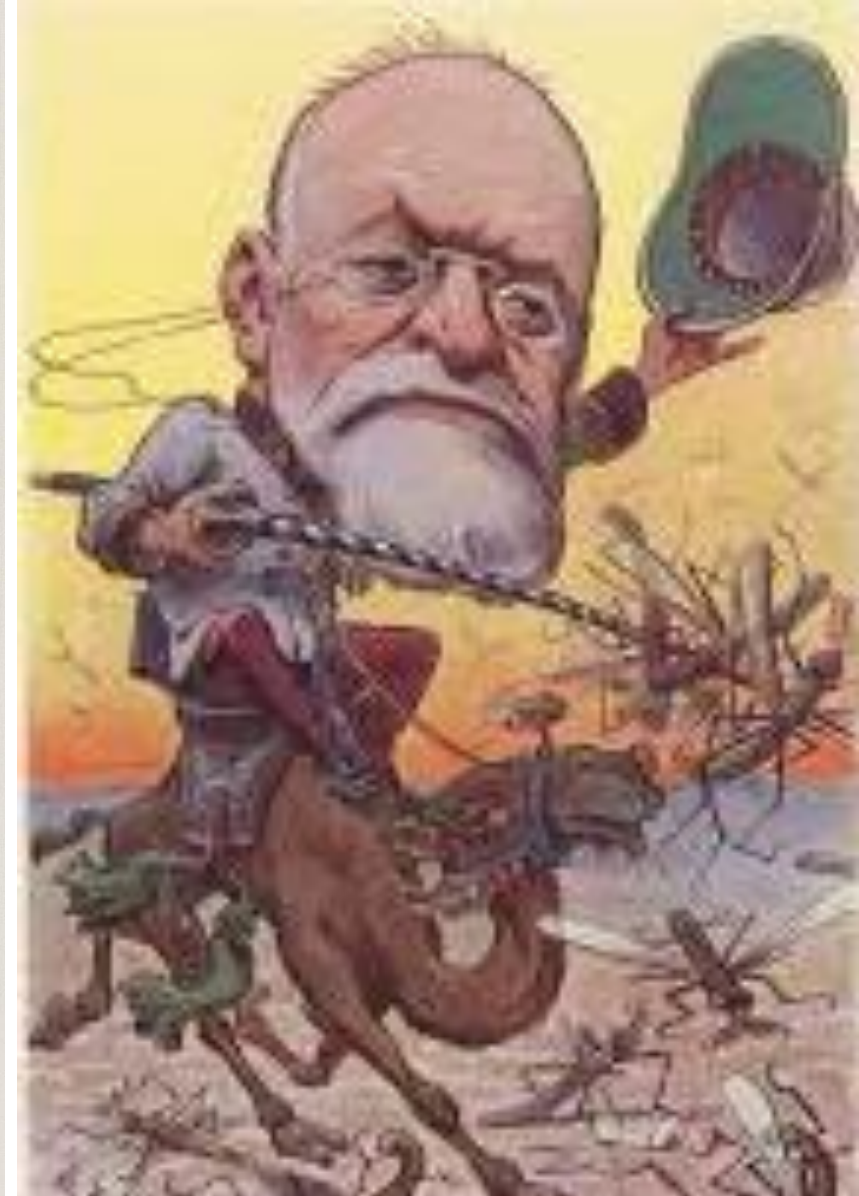


Dans son Laboratoire, par Edelfelt, peintre Finlandais, 1886

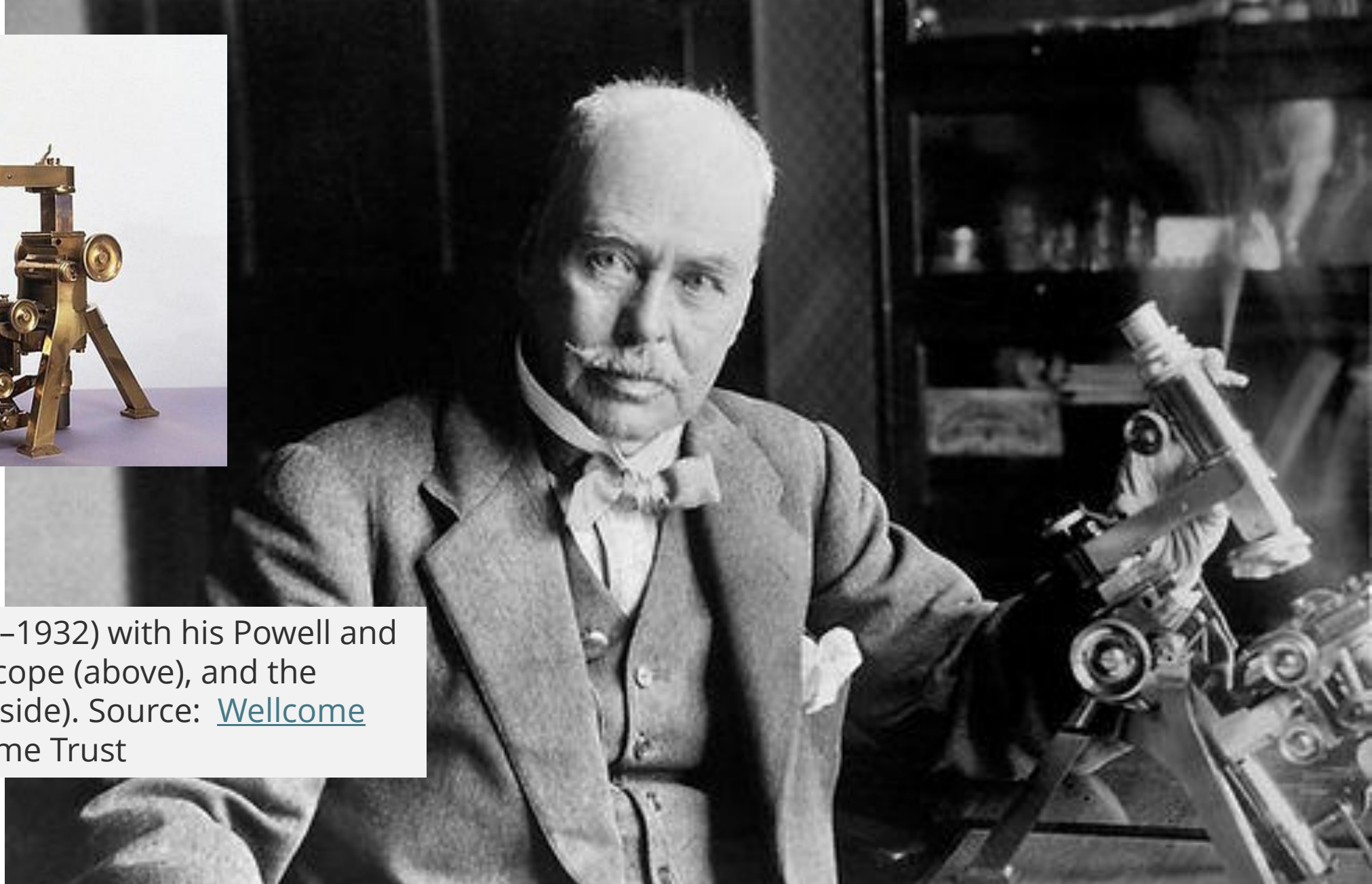




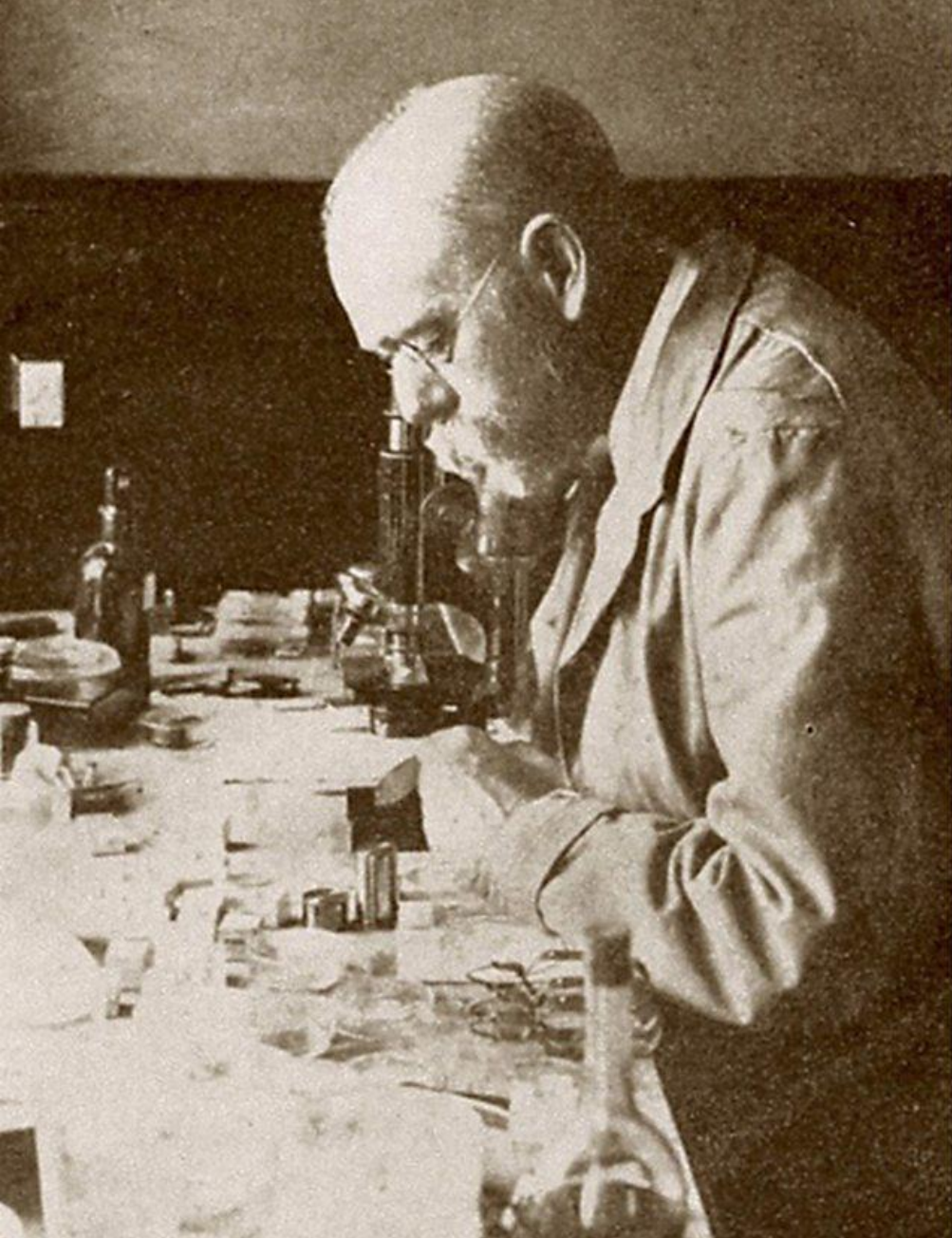
PROFESSEUR A. LAVERAN. — *Par la découverte du microbe du paludisme (1880), a immensément agrandi l'horizon de la microbiologie et de la médecine tropicale.* (Cl. Dornac).



C. L. Alphonse Laveran 1845-1922



Sir Ronald Ross (1857–1932) with his Powell and Lealand No. 1 microscope (above), and the microscope today (beside). Source: [Wellcome Images](#) by the Wellcome Trust



Robert Koch 1843-1910

Pionnier de la bactériologie

Parmi les microscopes qu'il a utilisés, on note un modèle de la firme Hartnack & Cie, acquis en 1871, puis très largement des microscopes ZEISS.

Ces instruments ont permis à Koch de réaliser des avancées majeures en microbiologie, notamment l'identification de ***Bacillus anthracis*** en 1877, du **bacille de la tuberculose** en 1882 et du **vibron cholérique** en 1883.

La Chimie Organique et la découverte des colorants

Les Bactéries sont pâles et réfringentes difficile à observer au microscope

Les bactériologistes vont chercher à les colorer

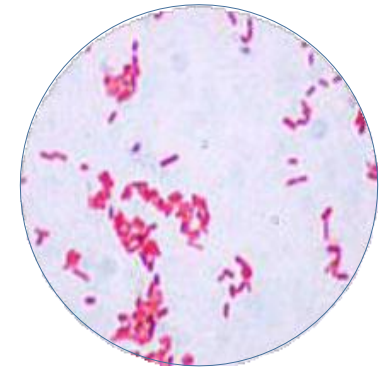
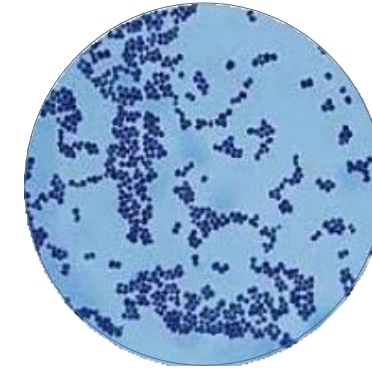
L'industrie naissante des colorants en Allemagne va en réaliser la synthèse
Eosine, Fuchsine, violet de gentiane, vert de méthyle, rouge congo, bleu de méthylène...

La coloration de **ZIEHL**
Bactériologiste Allemand

B.K



La coloration de **GRAM**
Bactériologiste Danois 1884



+

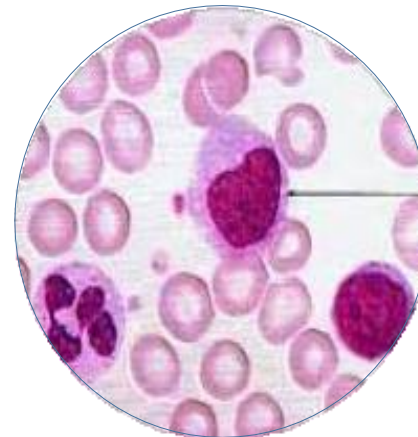
staphylocoques

-

Escherichia coli

Paul **EHRlich**

découvre l'hématologie morphologique la coloration des
GB du sang et de la moelle osseuse





Appelé à Hong Kong en 1894 lors d'une épidémie de peste Il découvre la Bactérie responsable Elle fera plus de 100.000 victimes

Longtemps appelée *Pasteurella pestis* elle a été dénommée officiellement *Yersinia pestis* en 1967

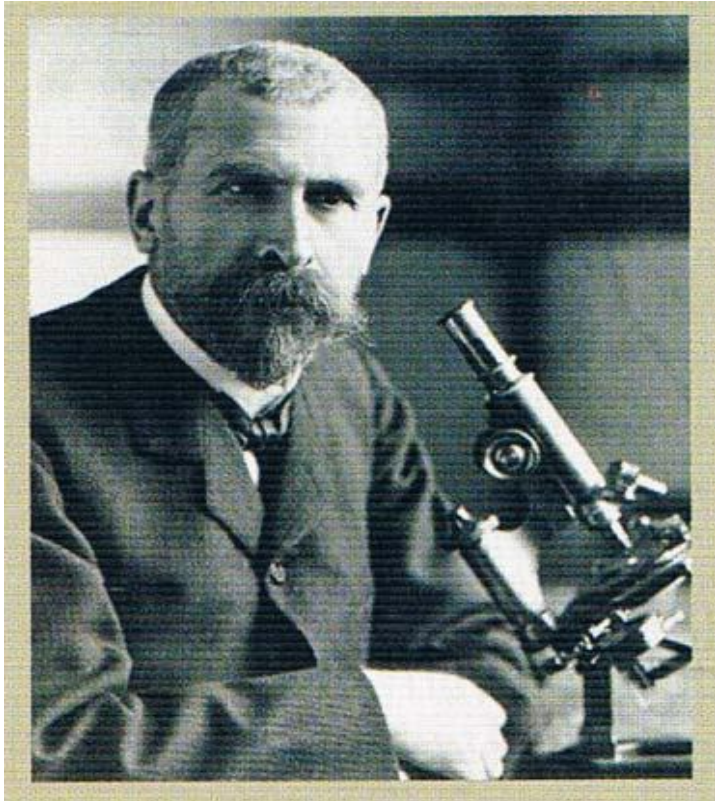
Alexandre YERSIN 1863-1943

" J'embarque sur un cargo le 12 juin 1894 , dans mes bagages un microscope, un petit autoclave, modeste équipement qui me sera infiniment précieux



Les PASTEURIENS

Docteur Emile ROUX 1853-1933
collaborateur de PASTEUR



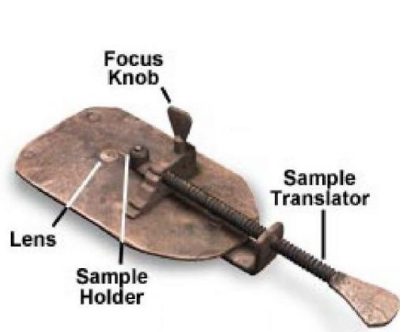
Il fondera l'Hôpital Pasteur en 1900
(Diphthérie)

Docteur Albert CALMETTE (1863-1933)
Directeur de l'I.P. de Lille
et Camille GUERIN (1872-1961) vétérinaire



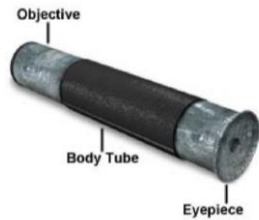
Mise au point de la vaccination Contre
la tuberculose Entre 1904 et 1928

Histoire du microscope

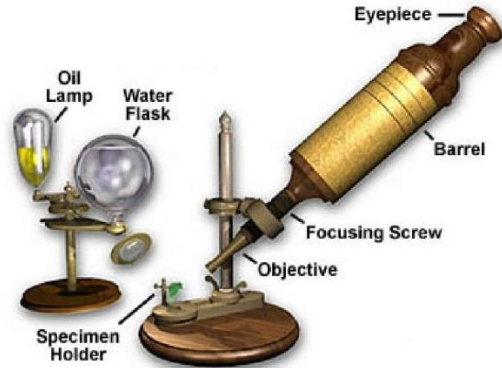


1600

observe des micro-organismes avec un microscope simple
van Leeuwenhoek



Fabrication de loupes améliorées
Les Jansen



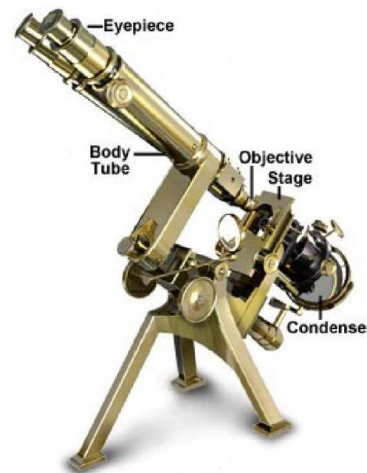
1670

Microscope à 2 lentilles + focalisation de la lumière
Hooke

Powell & Lealand

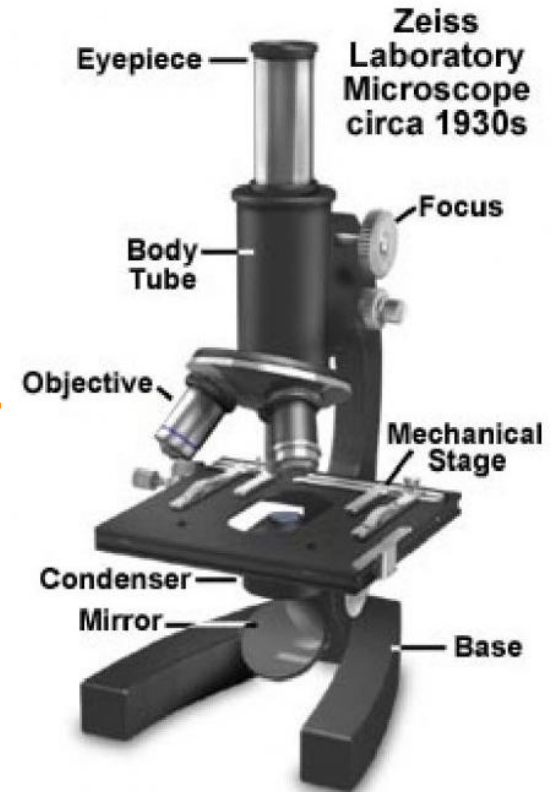
1870

Laiton massif
Mise au point par crémaillère et pignons
Binoculaire



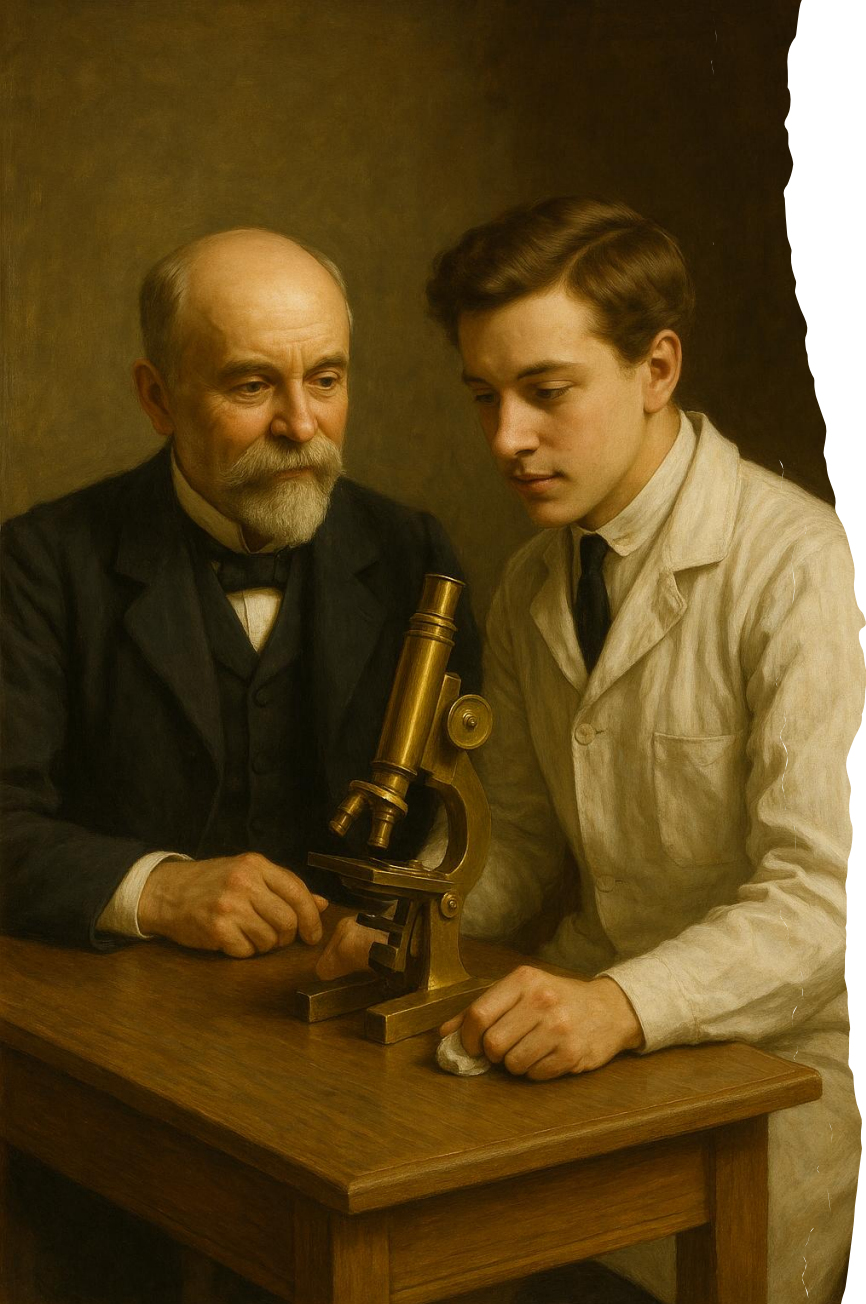
1930

Microscope Actuel
Outil universel !
Zeiss



Le microscope, un outil universel, disponible partout



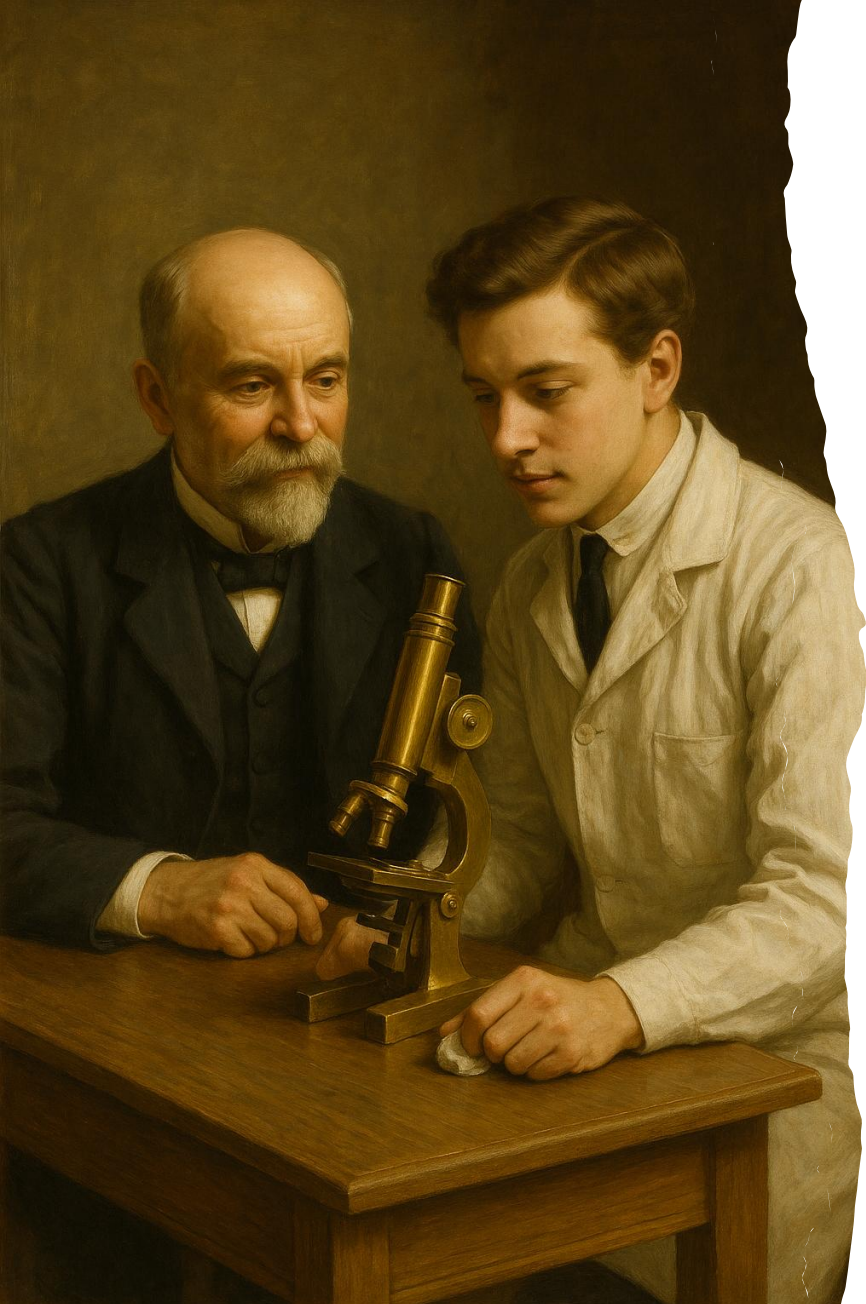


Comparative Evaluation of Microscopy, Rapid Diagnostic Tests, and Polymerase Chain Reaction (PCR) for Malaria Diagnosis in Nigerian Children

Oyindamola G. Osun¹, Abdulmalik S. Ahmed², Salma A. Suliman^{3,4}, Adedolapo B. Olorunfemi^{1,4}, Bolaji N. Thomas⁵, Olusola Ojurongbe^{1,4}

Using PCR (n=70) as the reference test, **microscopy demonstrated** a sensitivity of 73% and **a specificity of 53%**, while the RDT exhibited a lower sensitivity of 27% but a higher specificity of 68%

Faux positifs dans presque 1/2 cas !



Comparative Evaluation of Microscopy, Rapid Diagnostic Tests, and Polymerase Chain Reaction (PCR) for Malaria Diagnosis in Nigerian Children

Oyindamola G. Osun¹, Abdulmalik S. Ahmed², Salma A. Suliman^{3,4}, Adedolapo B. Olorunfemi^{1,4}, Bolaji N. Thomas⁵, Olusola Ojurongbe^{1,4}

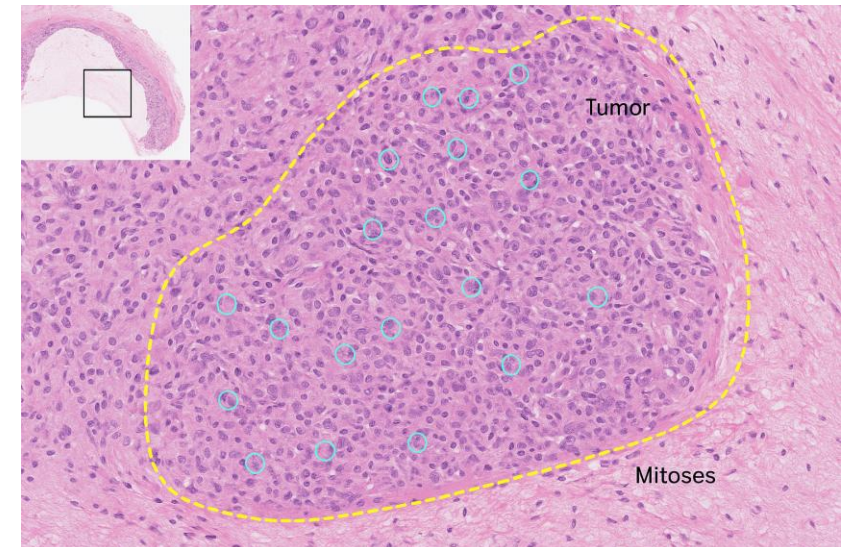
Using PCR (n=70) as the reference test, **microscopy demonstrated** a sensitivity of 73% and **a specificity of 53%**, while the RDT exhibited a lower sensitivity of 27% but a higher specificity of 68%

Faux positifs dans presque 1/2 cas !

Problème de formation et de maintien des compétences !

Une brique manquante en Parasitologie- Mycologie

L'imagerie numérique



La prise d'images permet

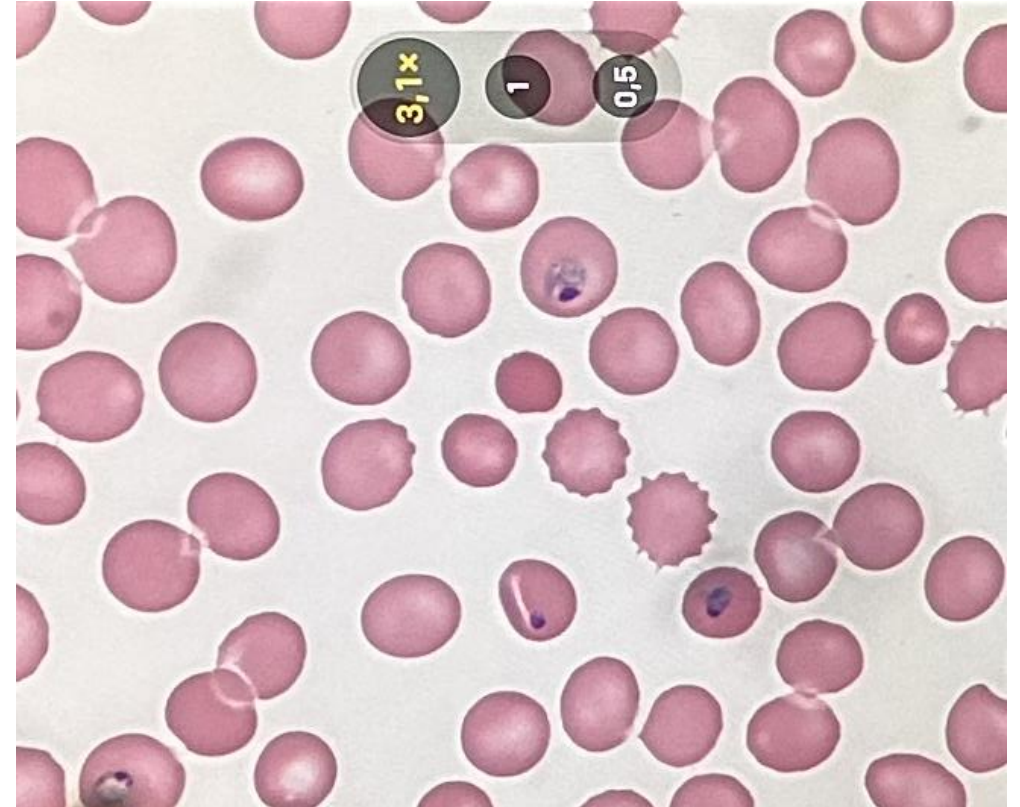
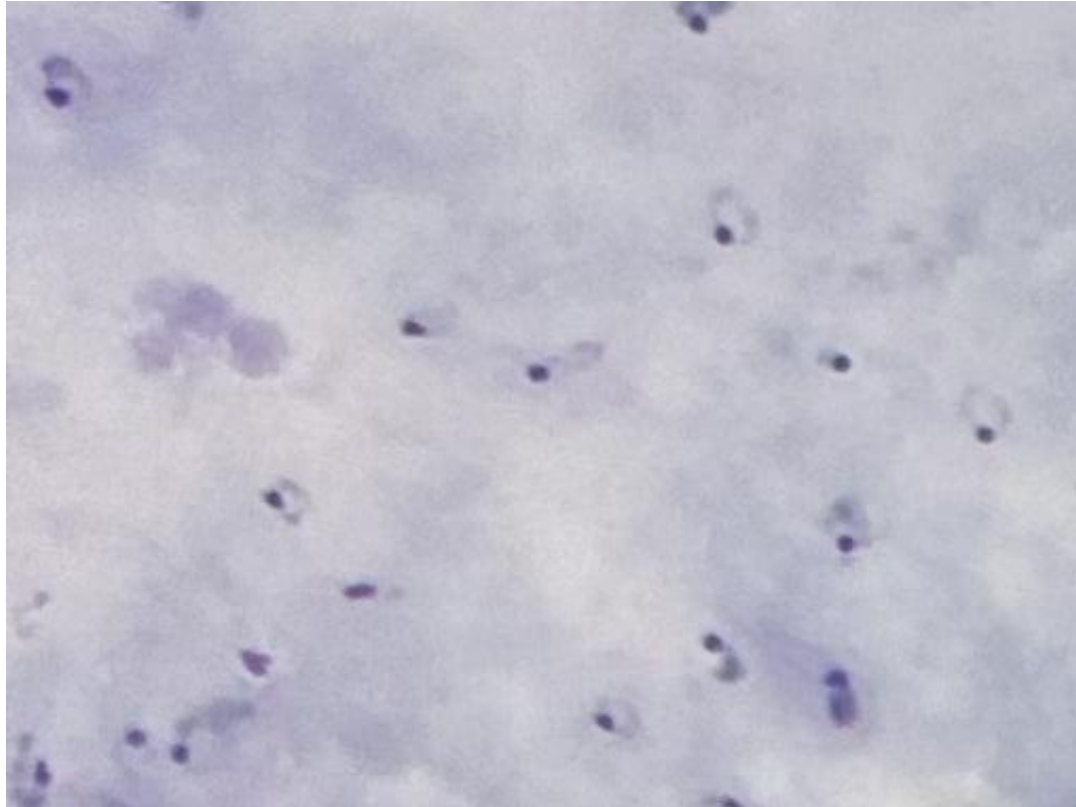
- Archivage
- Expertise à distance
- Assurance qualité (dont EEQ)
- Formation continue
- Diagnostic, numération automatiques (utilisation d'algorithmes / réseau de neurones)

Intérêt de l'imagerie numérique en MO

Critère	Microscopie classique	Imagerie numérique
Mode de fonctionnement	Observation directe	Capture d'images puis analyse (manuelle ou automatisée)
Dépendance à l'opérateur	Très élevée	Réduite si assistée par IA
Formation requise	Expertise +++	Moindre
Archivage et télé-expertise	Non	Oui (transfert & archivage)
Coût initial	Faible	Élevé à modéré
Sensibilité/détection	Variable selon expertise	Augmentée avec IA

Le diagnostic microscopique : une référence

Exemple du paludisme



Un diagnostic complexe

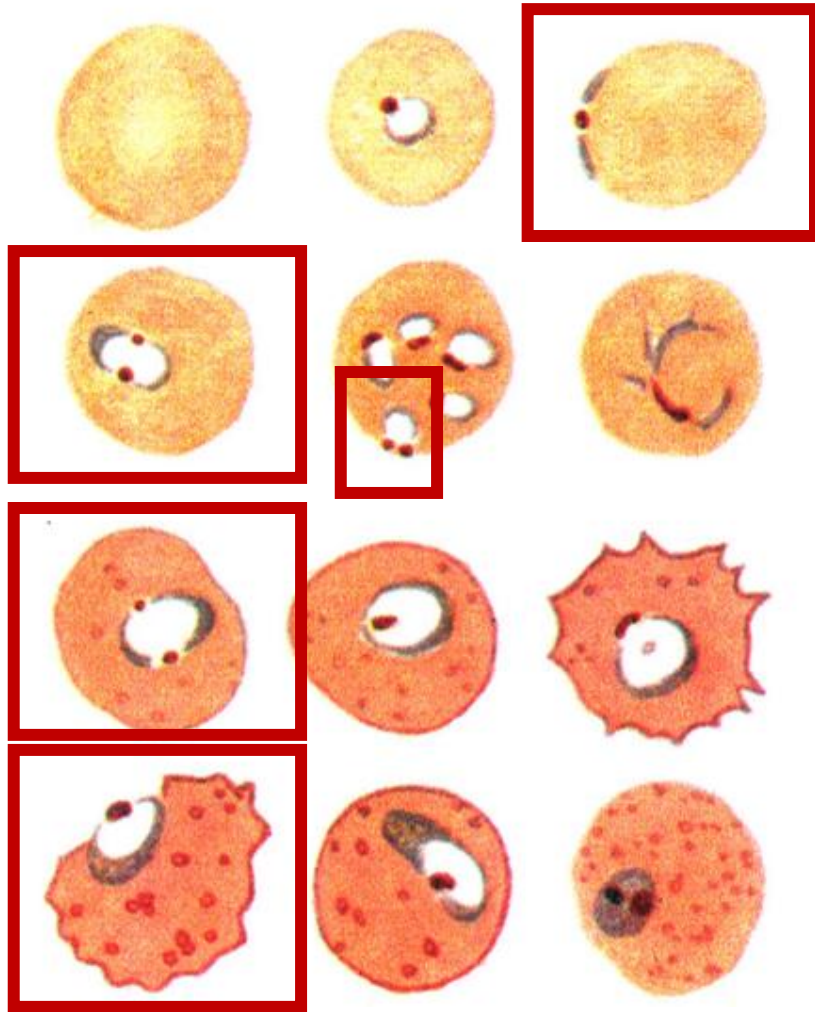
Des espèces (n=5) et des stades de développement (n=4)

...

Human Malaria					
Stages Species	Ring	Trophozoite	Schizont	Gametocyte	
<i>P. falciparum</i>					<ul style="list-style-type: none"> Parasitised red cells (pRBCs) not enlarged. RBCs containing mature trophozoites sequestered in deep vessels. Total parasite biomass = circulating parasites + sequestered parasites.
<i>P. vivax</i>					<ul style="list-style-type: none"> Parasites prefer young red cells pRBCs enlarged. Trophozoites are amoeboid in shape. All stages present in peripheral blood.
<i>P. malariae</i>					<ul style="list-style-type: none"> Parasites prefer old red cells. pRBCs not enlarged. Trophozoites tend to have a band shape. All stages present in peripheral blood
<i>P. ovale</i>					<ul style="list-style-type: none"> pRBCs slightly enlarged and have an oval shape, with tufted ends. All stages present in peripheral blood.
<i>P. knowlesi</i>					<ul style="list-style-type: none"> pRBCs not enlarged. Trophozoites, pigment spreads inside cytoplasm, like <i>P. malariae</i>, band form may be seen Multiple invasion & high parasitaemia can be seen like <i>P. falciparum</i> All stages present in peripheral blood.

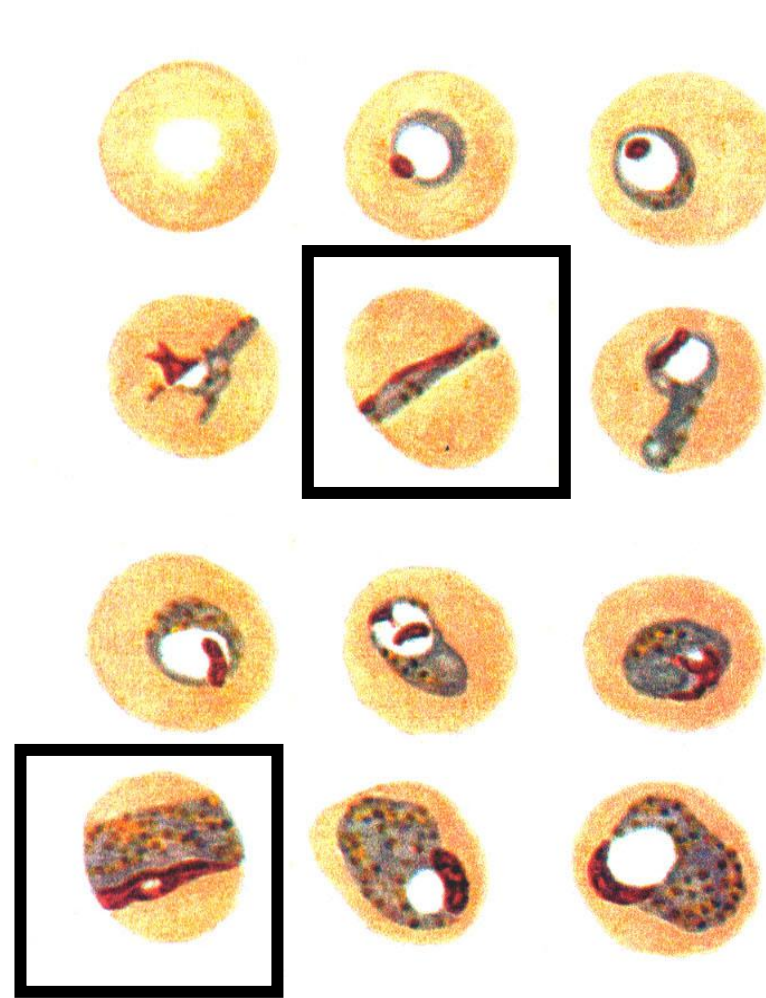
Pf

Hématies toutes tailles



Pm

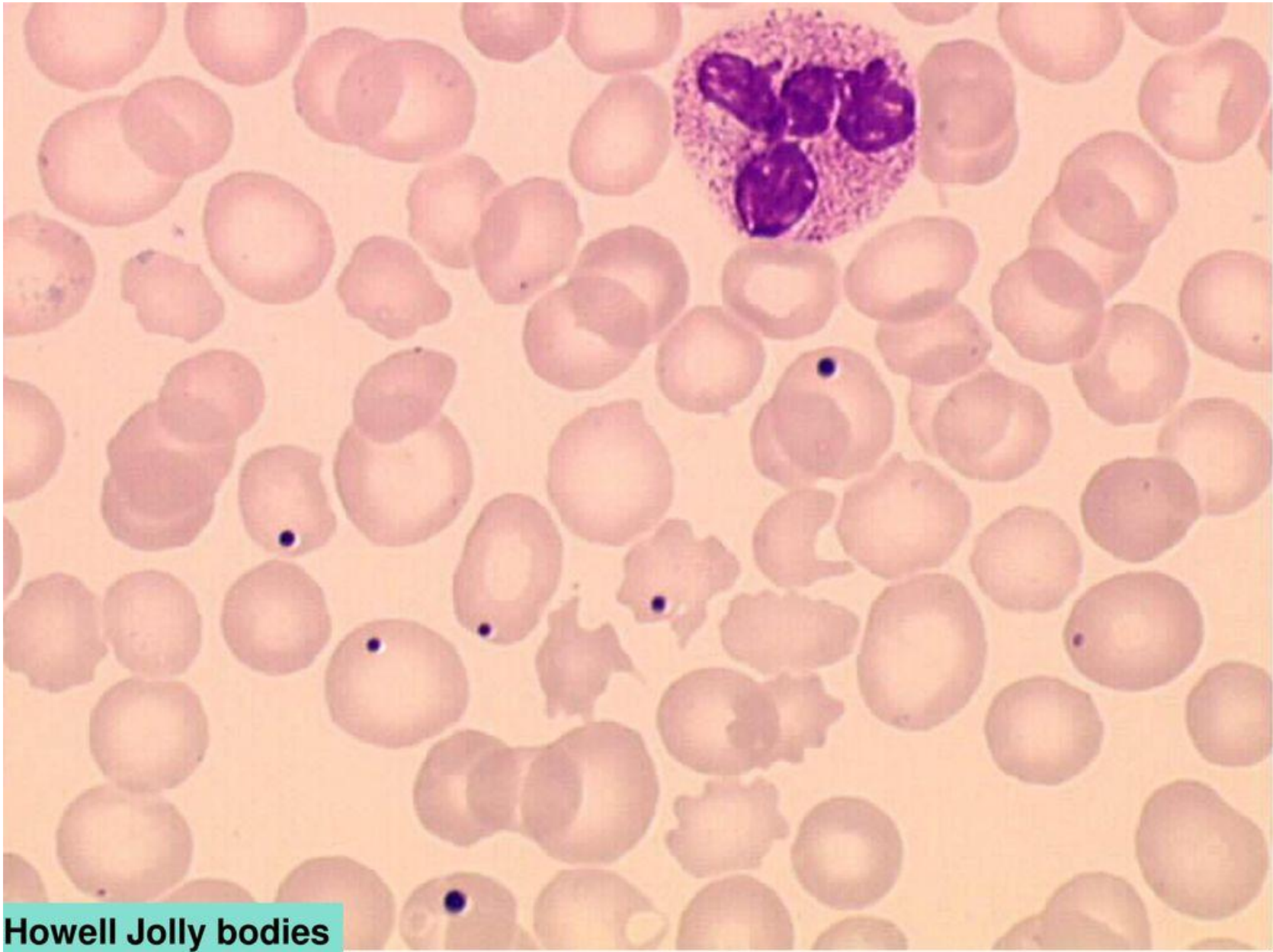
Hématies petites tailles



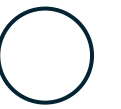
Tâches de Maurer +++

Trophozoïtes : aspects Frottis Sanguin Mince



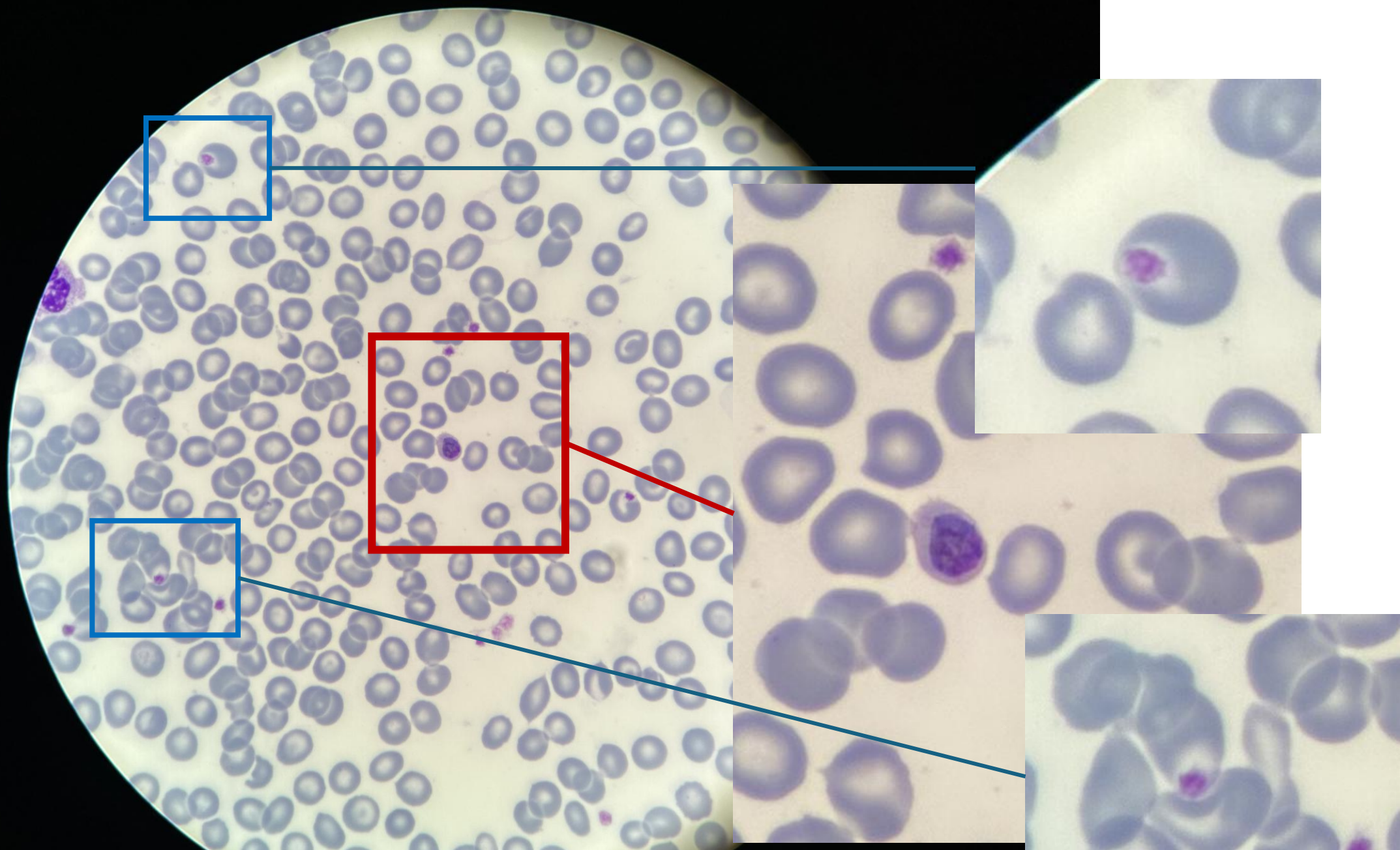


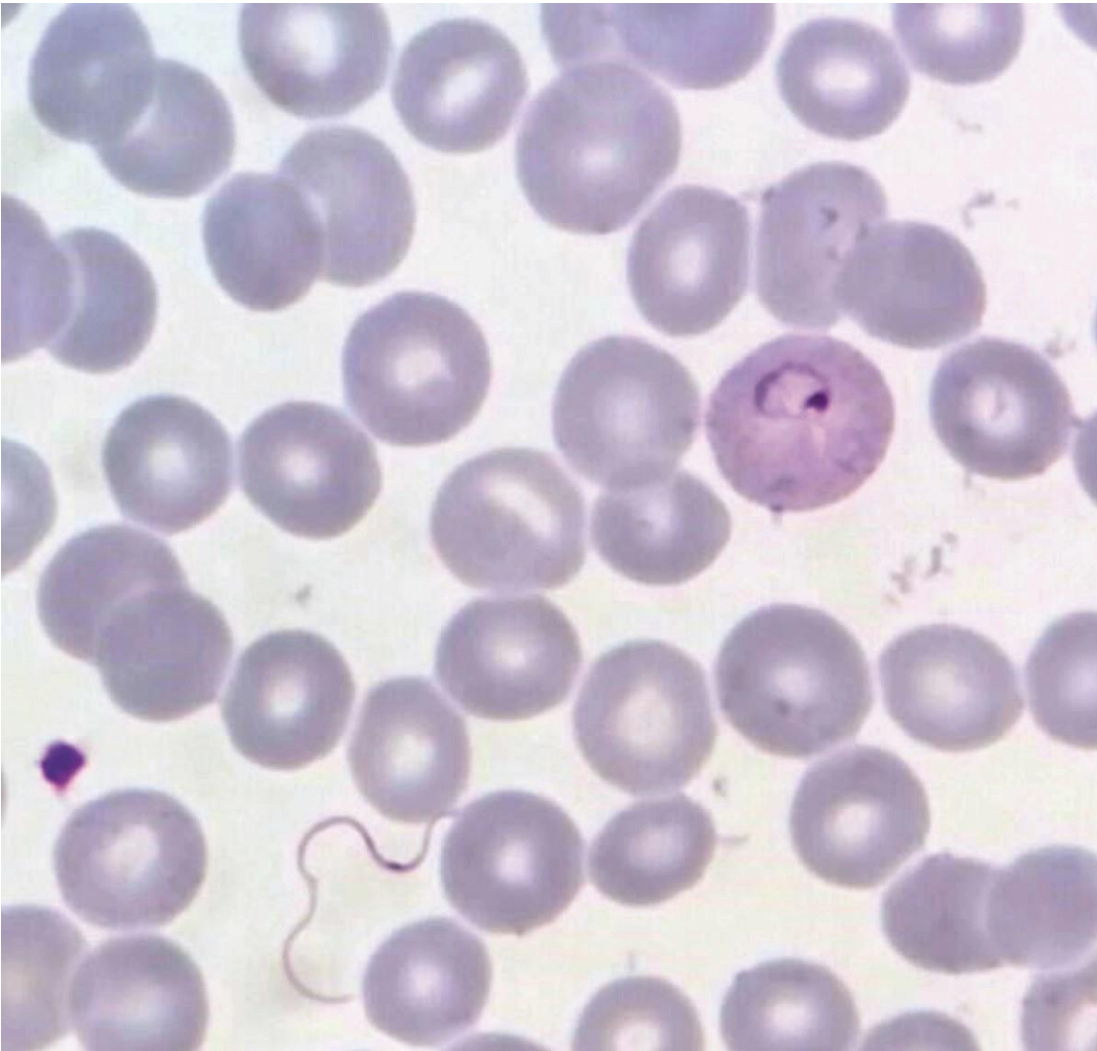
Howell Jolly bodies



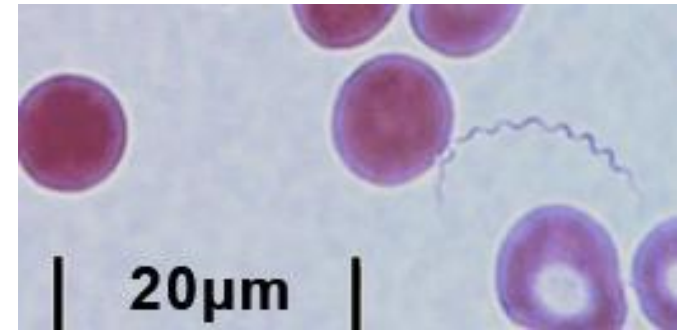
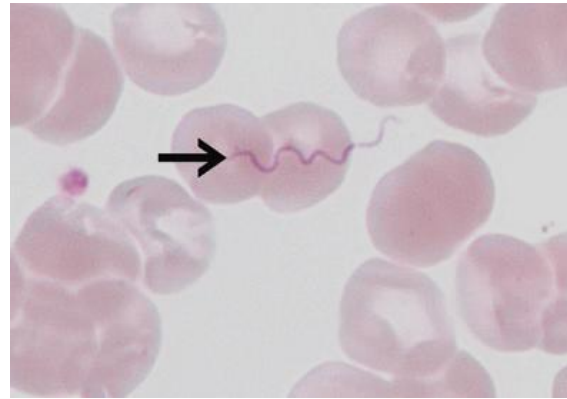
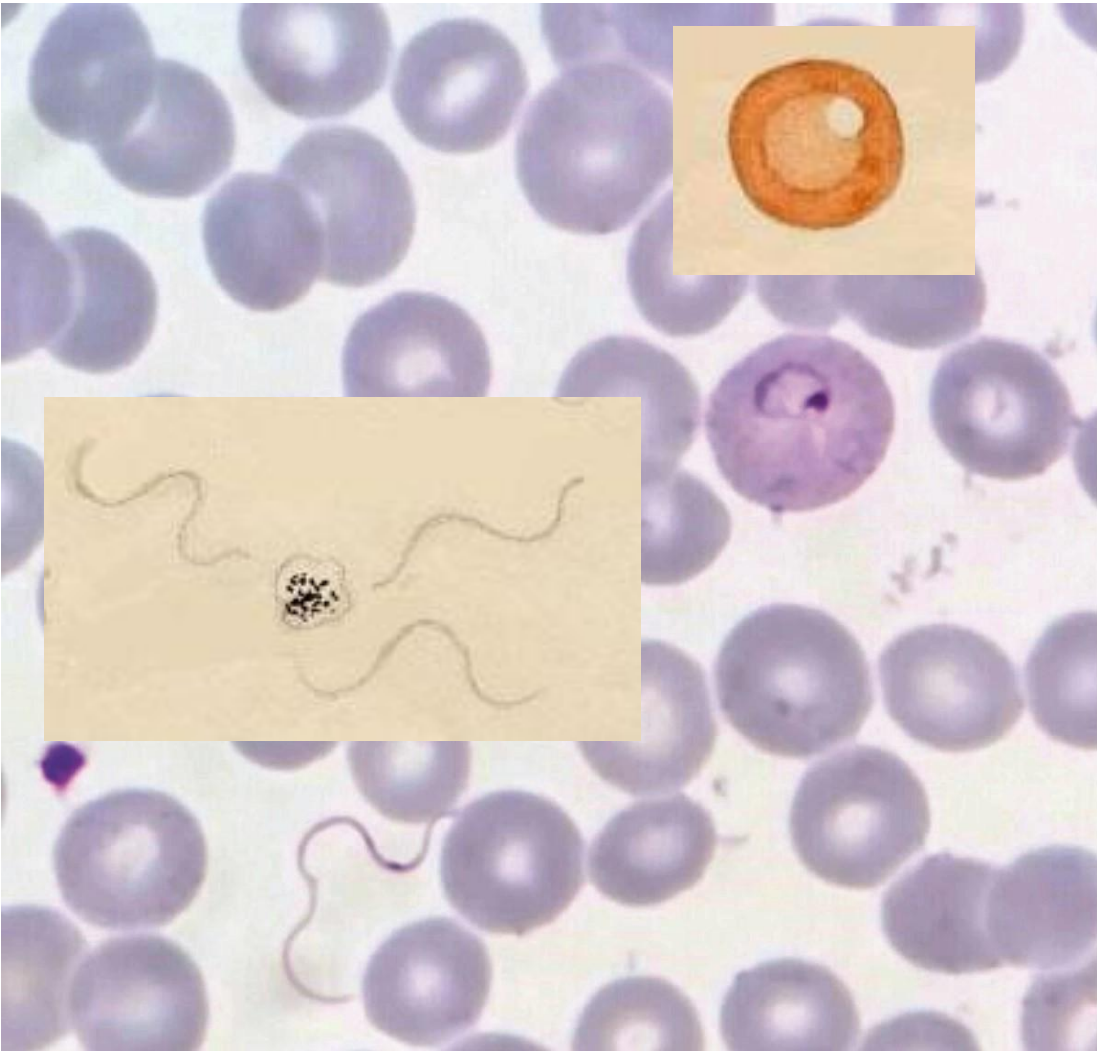








- A. *Plasmodium vivax* & *Borrelia recurrentis*
- B. *Plasmodium vivax* & *Loa loa*
- C. *Plasmodium vivax* & *Trypanosoma* spp
- D. *Plasmodium vivax*



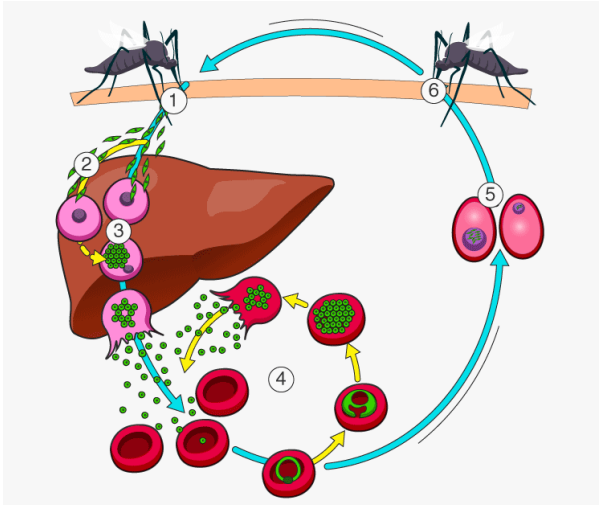
- A. *Plasmodium vivax* & *Borrelia recurrentis*
- B. *Plasmodium vivax* & *Loa loa*
- C. *Plasmodium vivax* & *Trypanosoma* spp
- D. *Plasmodium vivax*

Evènement exceptionnel !



Accès palustre

Quelles sont les informations attendues par le médecin ?

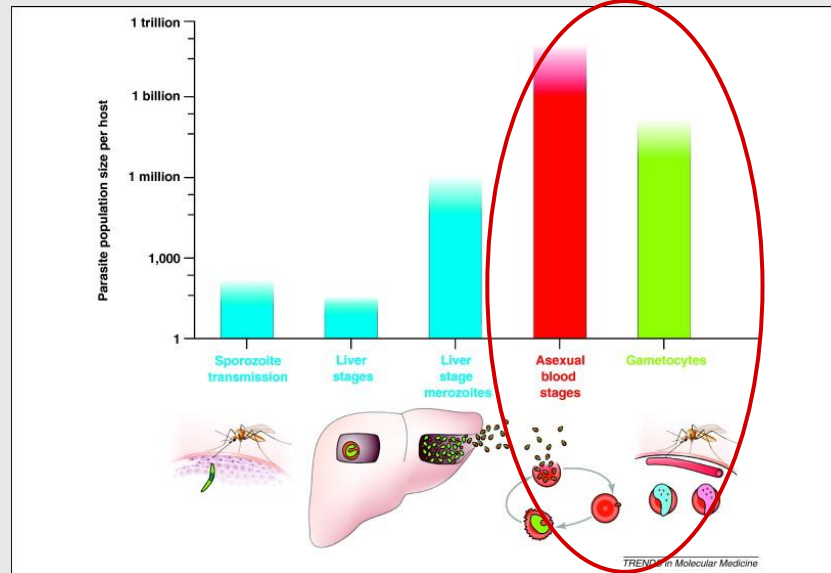


- 1 Transmission to human (injects sporozoites)
 - 2 Sporozoites enter liver and infect hepatocytes
 - 3 Liver cells rupture and merozoites released
 - 4 Intraerythrocytic cycle
 - 5 Sexual cycle
 - 6 Transmission to mosquito
- © Byjus.com

1/ Infection palustre ?

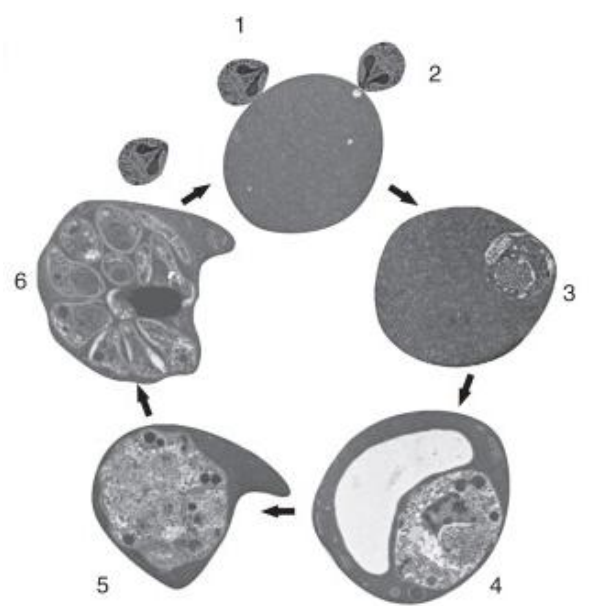
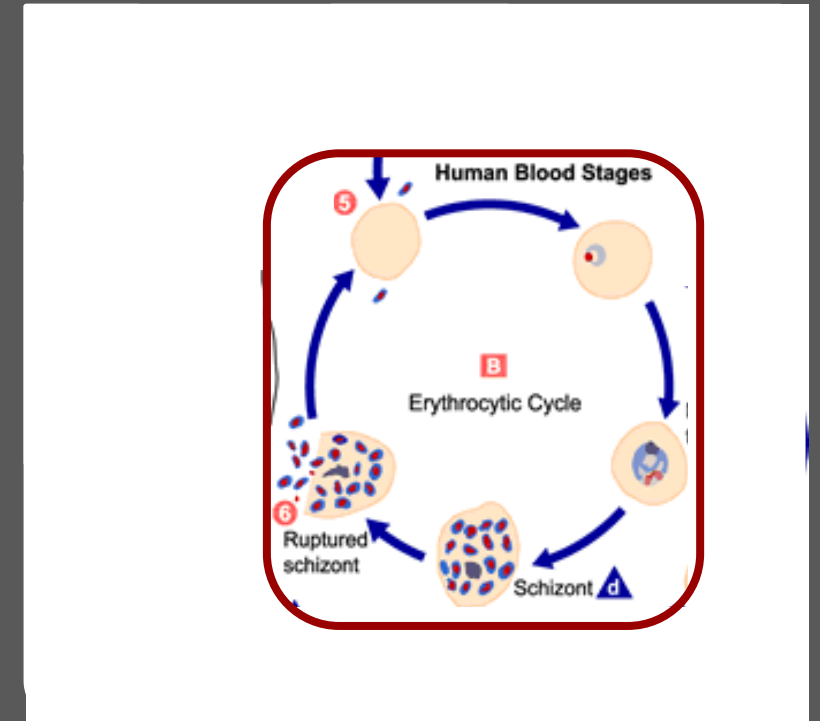
Limite GE 1 GRP / 200 000 GR

Stades sanguins



Cycle

Stades asexués de *Plasmodium* dans le sang



Six espèces



Accès palustre

Quelles sont les informations attendues par le médecin ?



Plasmodium falciparum

Welsh, 1897

Plasmodium vivax

Grassi & Feletti, 1890

Plasmodium ovale curtisii

Sutherland & coll, 2010

Plasmodium ovale wallikeri

Sutherland & coll, 2010

Plasmodium malariae

(Laveran 1881) Grassi & Feletti, 1890

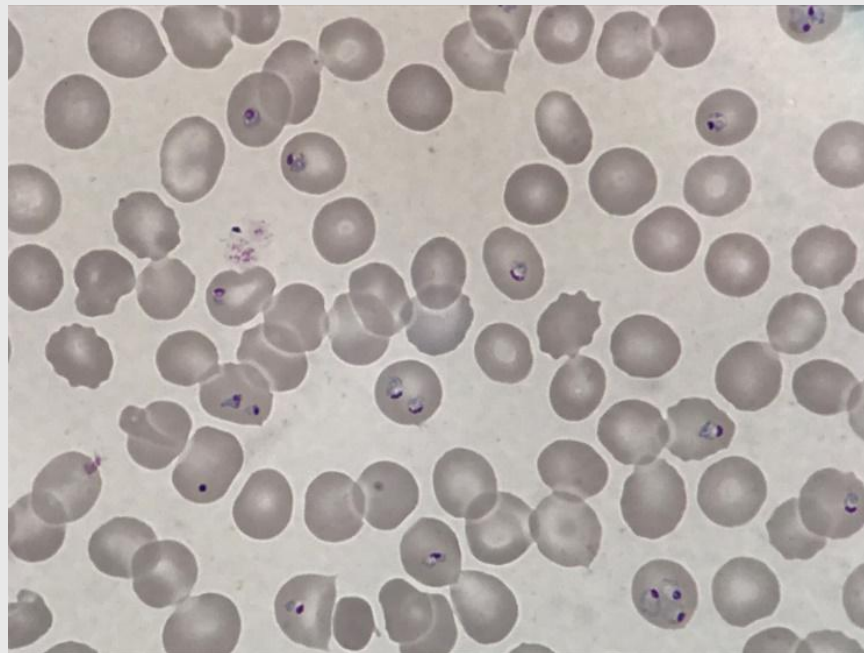
Plasmodium knowlesi

Sinton & Mulligan, 1932

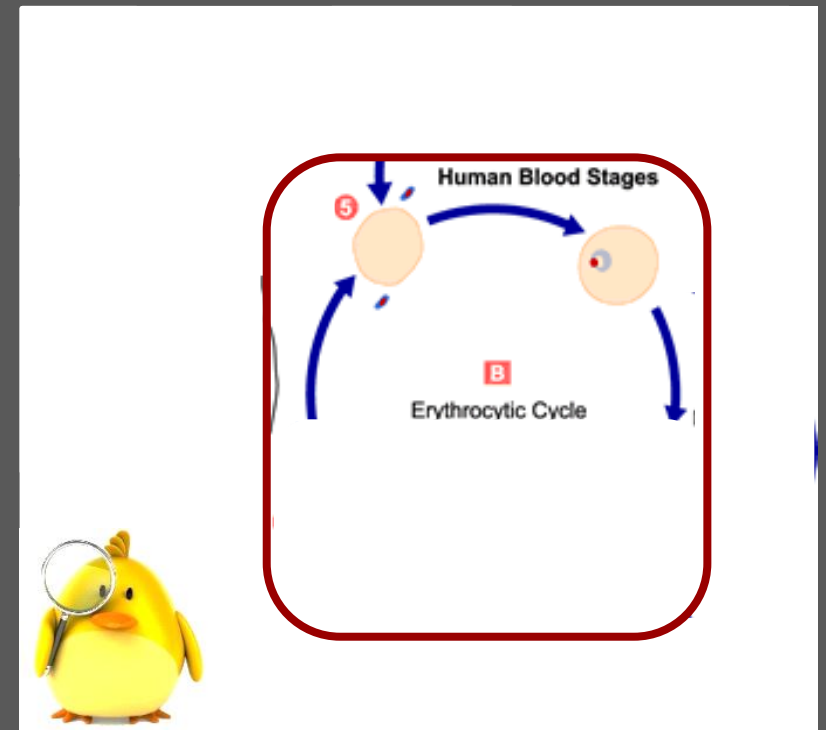


1/ Infection palustre?

2/ Quelle espèce ?



Plasmodium falciparum ?





Accès palustre

Quelles sont les informations attendues par le médecin ?

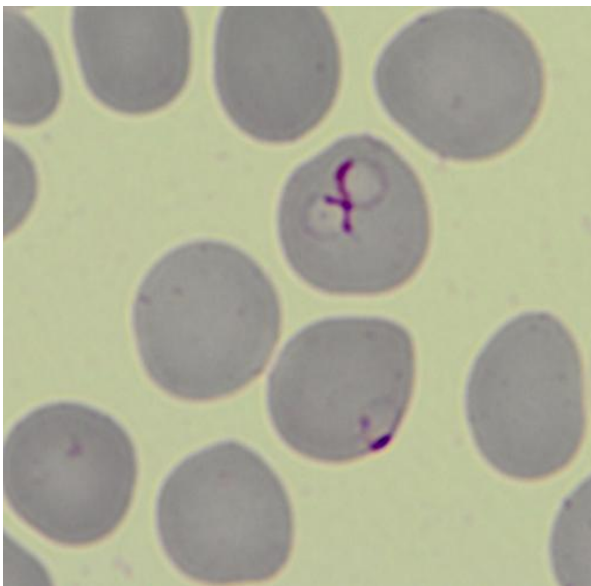
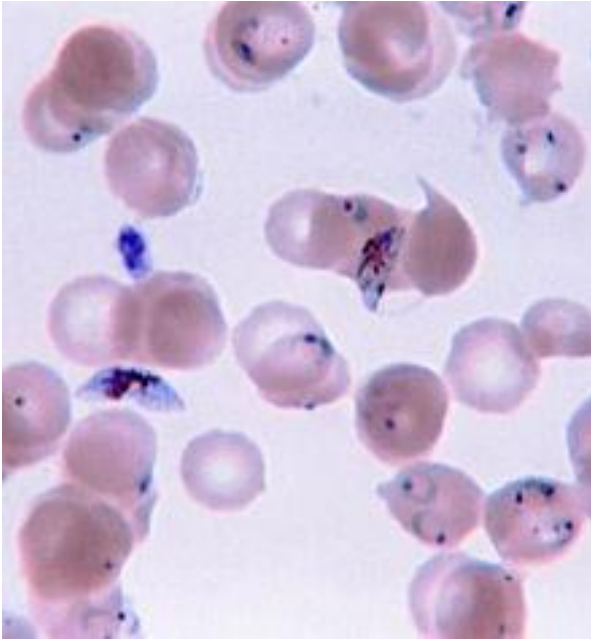
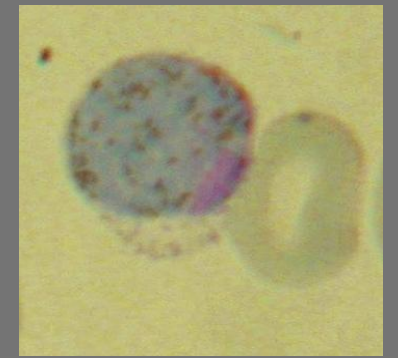
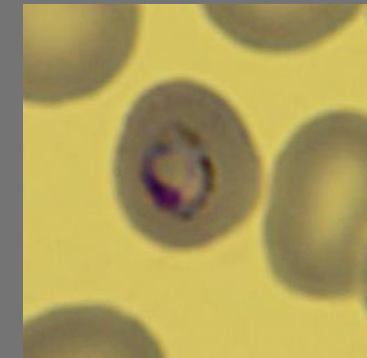
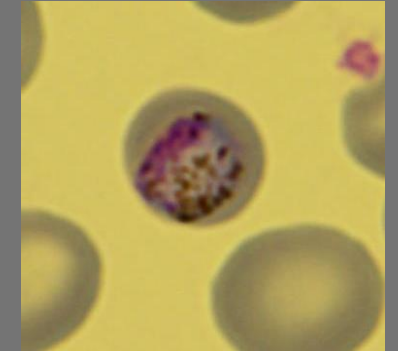
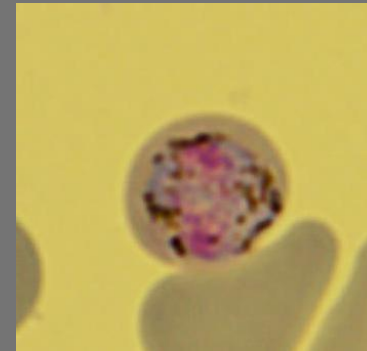


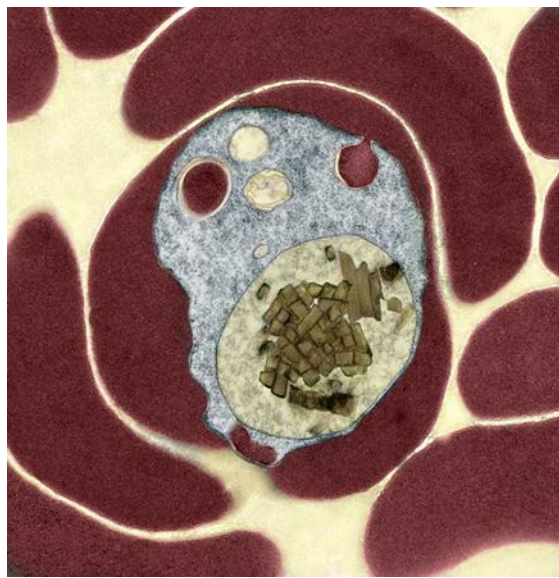
Stade asexué ou non ?

1/ Infection palustre ?

2/ Quelle espèce ?

3/ Quel stade ?





Accès palustre

Quelles sont les informations attendues par le médecin ?



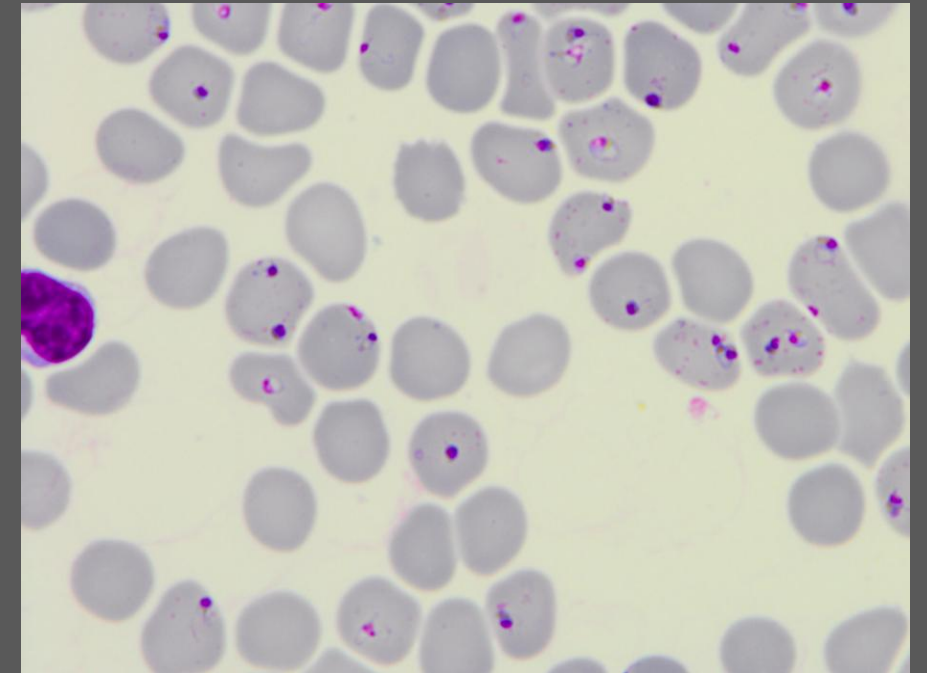
1/ Infection palustre ?

2/ Quelle espèce ?

3/ Quel stade ?

4/ Quelle parasitémie ?

Parasitémie > 4%?



Exigences du diagnostic

Organisation des groupes de travaux,
formulation des recommandations de la

Société de Pathologie Infectieuse de
Langue Française (SPILF)

Avec la participation :

- Collège des Universitaires de Maladies Infectieuses et Tropicales, CMIT
- Société Française de Parasitologie, SFP
- Société de Médecine des Voyages, SMV
- Société de Pathologie Exotique, SPE
- Société Française de Pédiatrie, SFP
- Société de Réanimation de Langue Française, SRLF

1/ Accès palustre ?

2-3/ Quelle espèce et quel stade ?

4/ Quelle charge parasitaire ?

5/ Quel délai de rendu ?

Prise en charge et prévention du paludisme
d'importation – Mise à jour 2018 des RPC 2007



Délai maximum 4 h entre le prélèvement et le rendu du résultat

Avec un **délai de 2 h à réception du prélèvement**



Microscopie une référence

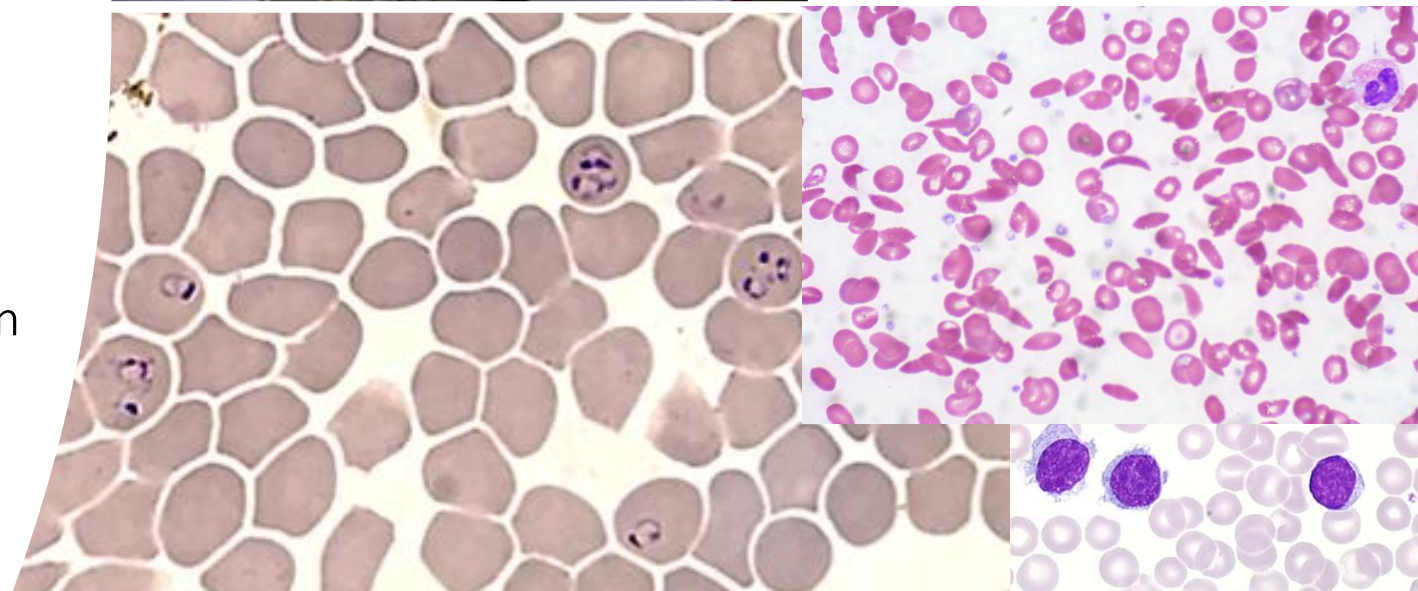
Mais des désavantages ...



C'est une technique mature, universelle et abordable qui utilise de simples étalements sanguins pour le diagnostic.

Cependant, elle ne réponds plus aux exigences de la médecine moderne :

- Manuelle, consommatrice de temps technicien
- GE peu pratiquée dans les laboratoires HZE
- **Non communicante (perte d'information, délai de réponse)**



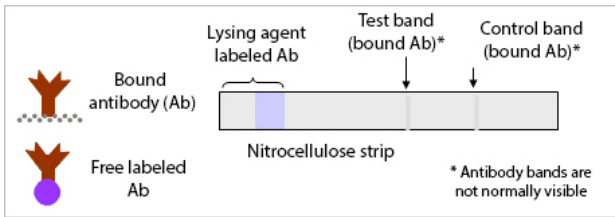
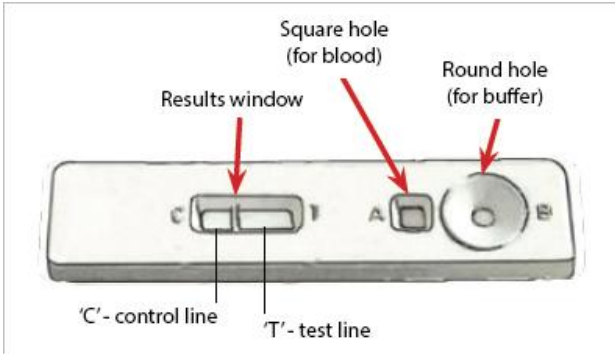
The RDT malaria

Microscopy a Gold Standard

Any technique to replace it ?



Detection threshold	Yes	>Thin-BS <Thick-BS
Parasite stage	no	Thin-BS needed
Species diagnosis	Yes	Thin-BS better
Parasitaemia	no	Thin-BS needed
< 2 hours	Yes	30 min
Price	>> OM	



Polymerase chain reaction

Microscopy a Gold Standard

Any technique to replace it ?



Detection threshold	Yes	>Thick-BS
Parasite stage	No	Thin-BS needed
Species diagnosis	Yes	>Thin-BS
Parasitaemia	No	Quantitative PCR
< 2 hours	No	Not 7/7 24/24
Price	>> OM	

LAMP

Microscopy a Gold Standard

Any technique to replace it ?



Detection threshold

Yes

>Thick-BS

Parasite stage

No

Thin-BS needed

Species diagnosis

No

Thin-BS needed

Parasitaemia

No

Thin-BS needed

< 2 hours

Yes

Not 7/7 24/24

Price

>> OM

- **Sujets guéris** : gamétocytes seuls / Ag seul (HRP2) /ADN seul

Research Article | 23 December 2019



Evaluation of PCR To Monitor *Plasmodium falciparum* Treatment Efficacy in a Nonendemicity Setting

Authors: [Claire Kamaliddin](#) , [Valentin Joste](#), [Véronique Hubert](#), [Eric Kendjo](#), [Nicolas Argy](#), [Sandrine Houze](#) | [AUTHORS INFO & AFFILIATIONS](#)

133 patients avec un accès palustre à *P. falciparum*, traités efficacement et suivis jusqu'à J28 par (HRP-2)-based RDT et nested PCR and HRM-qPCR



A J28 d'un traitement bien conduit :

- HRP2-based RDT = positifs dans **51% des cas**
- P. falciparum* DNA détecté dans respectivement **12% et 10% des cas** pour nested PCR et HRM-qPCR

› Emerg Infect Dis. 2019 Feb;25(2):349-352. doi: 10.3201/eid2502.180717.

CDC Centers for Disease Control and Prevention
CDC 24/7: Saving Lives. Protecting People™

EMERGING INFECTIOUS DISEASES®



Submicroscopic Malaria in Migrants from Sub-Saharan Africa, Spain

Joaquín Pousibet-Puerto, M^a Teresa Cabezas-Fernández, Ana B Lozano-Serrano, José Vázquez-Villegas, Manuel J Soriano-Pérez, Isabel Cabeza-Barrera, José A Cuenca-Gómez, Joaquín Salas-Coronas

- ❑ Dans le cadre d'un programme de dépistage prospectif 2004-2016,
- ❑ 370 migrants en provenance d'Afrique subsaharienne récemment arrivés en Espagne (<1 an, médiane 6 mois); âge>14 ans
- ❑ PCR multiplex nichée conventionnelle, MO et TDR
- ❑ **Paludisme submicroscopique chez 8,9 %** (n=33)
- ❑ L'espèce de *Plasmodium* la plus fréquemment trouvée était ***P. falciparum* n=26 [78,8 %]**, puis *P. malariae* n=4 [12,1 %], *P. ovale* n=2 [6,1 %], et 1 mixte par *P. falciparum* et *P. malariae* [3,0 %]

ATTENTION Fièvre du migrant adulte : PCR positive, FSM négatif, GE négative ou positive et infection possiblement d'une autre origine que le paludisme (grippe, hépatite, **fièvre typhoïde**, ...)

Quels objectifs possibles ...

- Le diagnostic complet automatisé hors laboratoire
- Une simple assistance au microscopistes experts
- Un outil de formation et d'assurance qualité



Encore 20 lames à lire ! J'ai les yeux
complètement ébouriffés ! Et celle
là est encore négative ! Quelle
perte de temps ...
Aie ma tête !



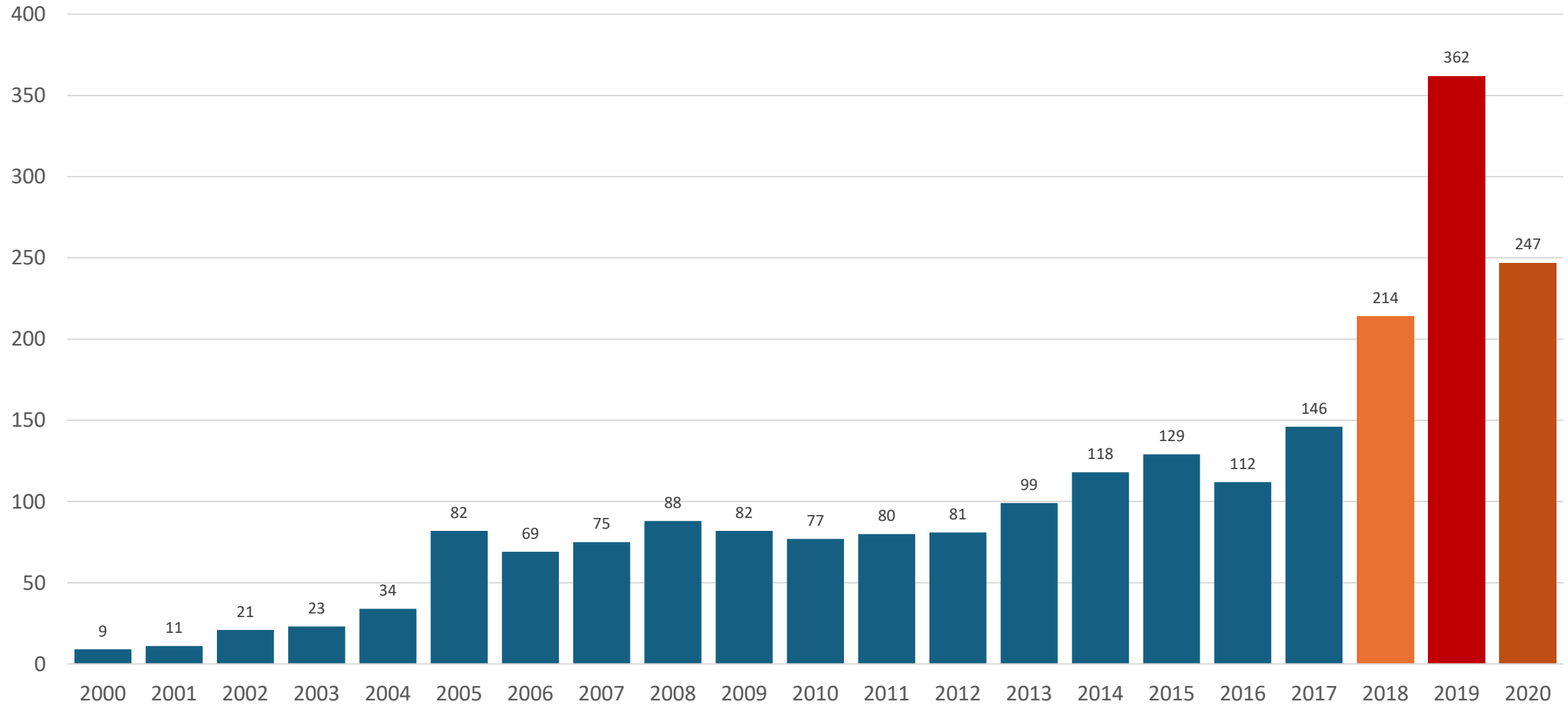
AI sa tête !

29 lames négatives, mais Attention
échantillon à contrôler
Plasmodium probable 82% ...

Je peux fournir un compte précis de
la parasitémie si vous confirmez mon
diagnostic

Pas de solution disponible sur le marché

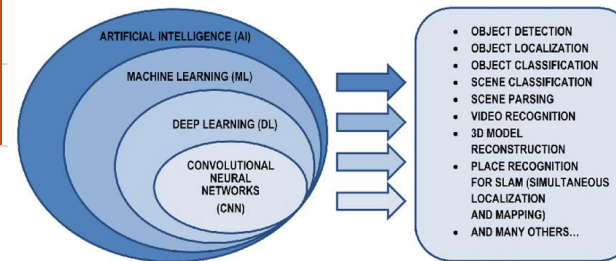
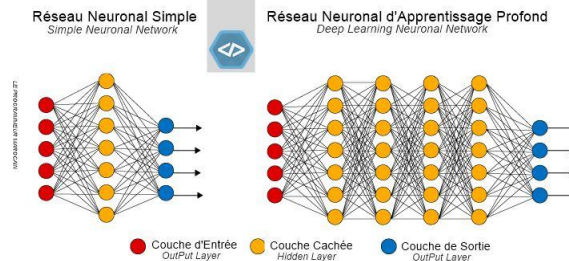
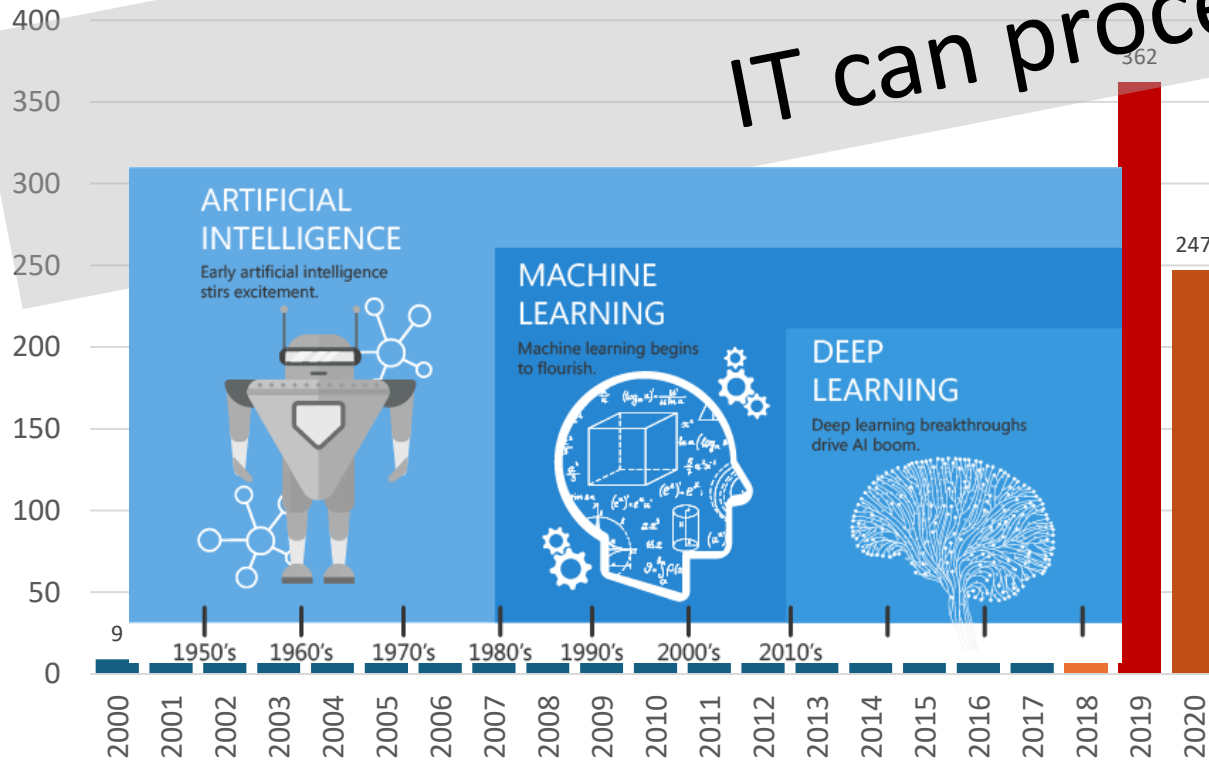
Number of publications with the terms "Artificial intelligence" AND "microscopy" since 2000



The most obvious solution: automate slide analysis for microscopy!

AI can do the job!
IT can process big data!

Number of publications with the terms "Artificial intelligence" AND "microscopy" since 2000



Comment ça marche ?

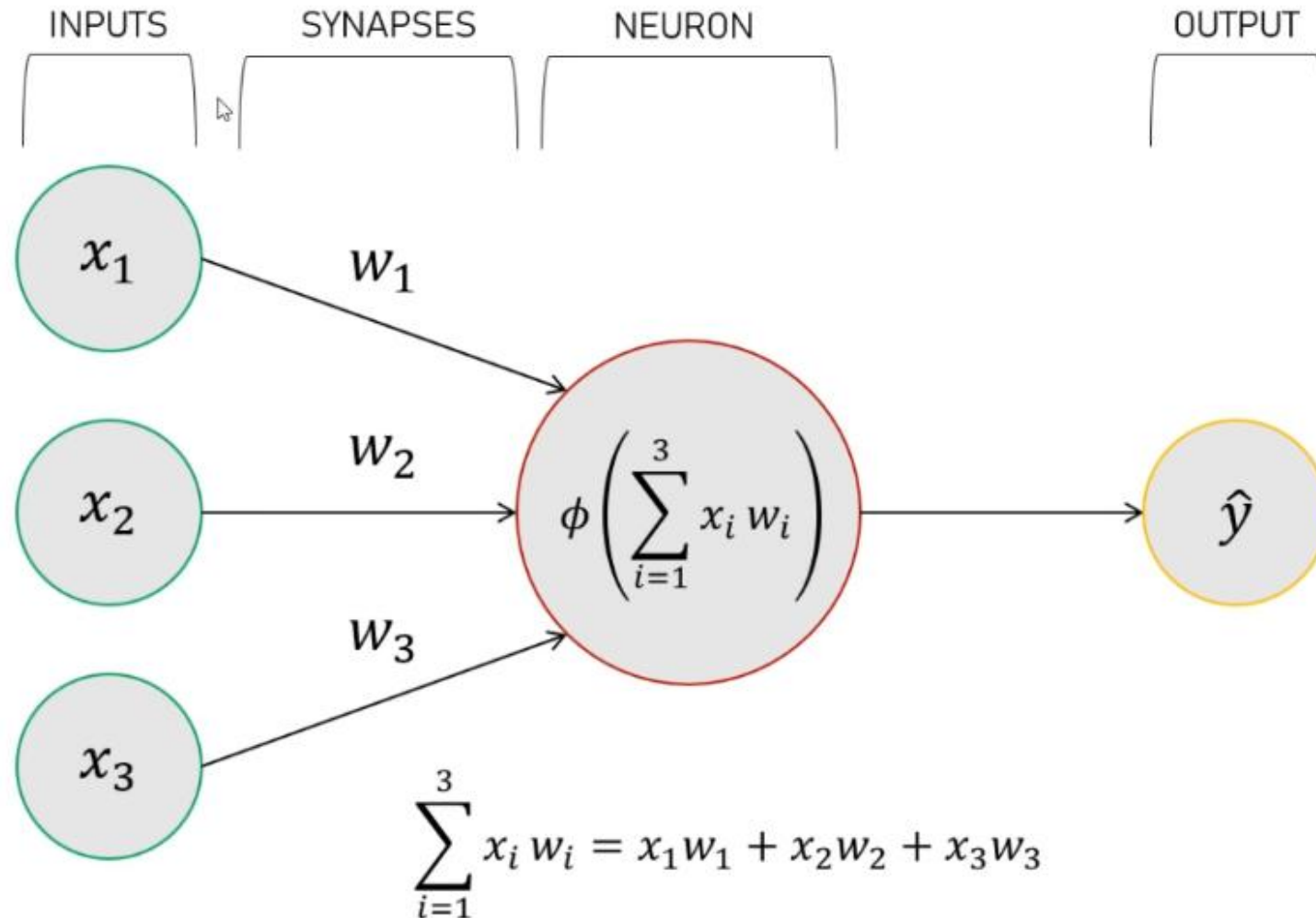
Je prédis que vous allez me poser des questions compliquées

Réaliser des prédictions à partir d'un ensemble de données



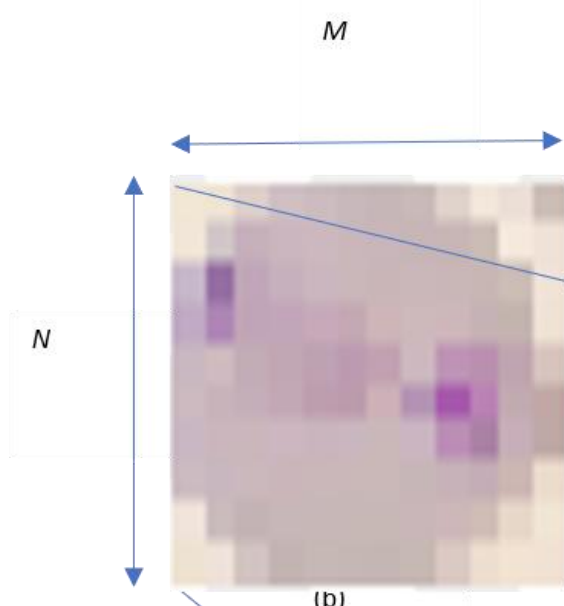
Le perceptron

Il s'agit d'un **algorithme pour l'apprentissage supervisé** de classificateurs binaires





(a)



RGB intensity values

```

08 02 22 97 38 15 00 40 00 75 04 05 07 78 52 12 50 77 91 08
49 49 99 40 17 81 18 57 40 87 17 40 98 43 49 49 04 54 42 00
81 49 31 73 55 79 14 29 93 71 40 47 53 88 30 03 49 13 34 45
52 70 95 23 04 40 11 42 49 24 48 54 01 32 54 71 37 02 34 91
22 31 14 71 51 47 43 89 41 92 34 54 22 40 40 28 44 33 13 80
24 47 32 40 99 03 45 02 44 75 33 53 78 34 84 20 35 17 12 50
32 98 81 28 44 23 47 10 24 38 40 47 59 54 70 44 18 38 44 70
47 24 20 48 02 42 12 20 95 43 94 39 43 08 40 91 44 49 94 21
24 55 58 05 44 73 99 24 97 17 78 78 94 83 14 88 34 89 43 72
21 34 23 09 75 00 74 44 20 45 35 14 00 41 33 97 34 31 33 95
78 17 53 28 22 75 31 47 15 94 03 80 04 42 14 14 09 53 54 92
14 39 05 42 94 35 31 47 55 58 88 24 00 17 54 24 34 29 85 57
86 54 00 48 35 71 89 07 05 44 44 37 44 40 21 58 51 54 17 58
19 80 81 48 05 94 47 49 28 73 92 13 84 52 17 77 04 89 55 40
04 52 08 83 97 35 99 14 07 97 57 32 14 24 24 79 33 27 95 44
88 34 48 87 57 42 20 72 03 44 33 47 44 55 12 32 43 93 53 49
04 42 14 73 38 25 39 11 24 94 72 18 08 44 29 32 40 42 74 36
20 49 34 41 72 30 23 88 34 42 99 49 82 47 59 85 74 04 34 14
20 73 35 29 78 31 90 01 74 31 49 71 48 84 81 14 23 57 05 54
01 70 54 71 83 51 54 49 14 92 33 48 41 43 52 01 89 19 47 48
  
```

What Computers See

RGB intensity values

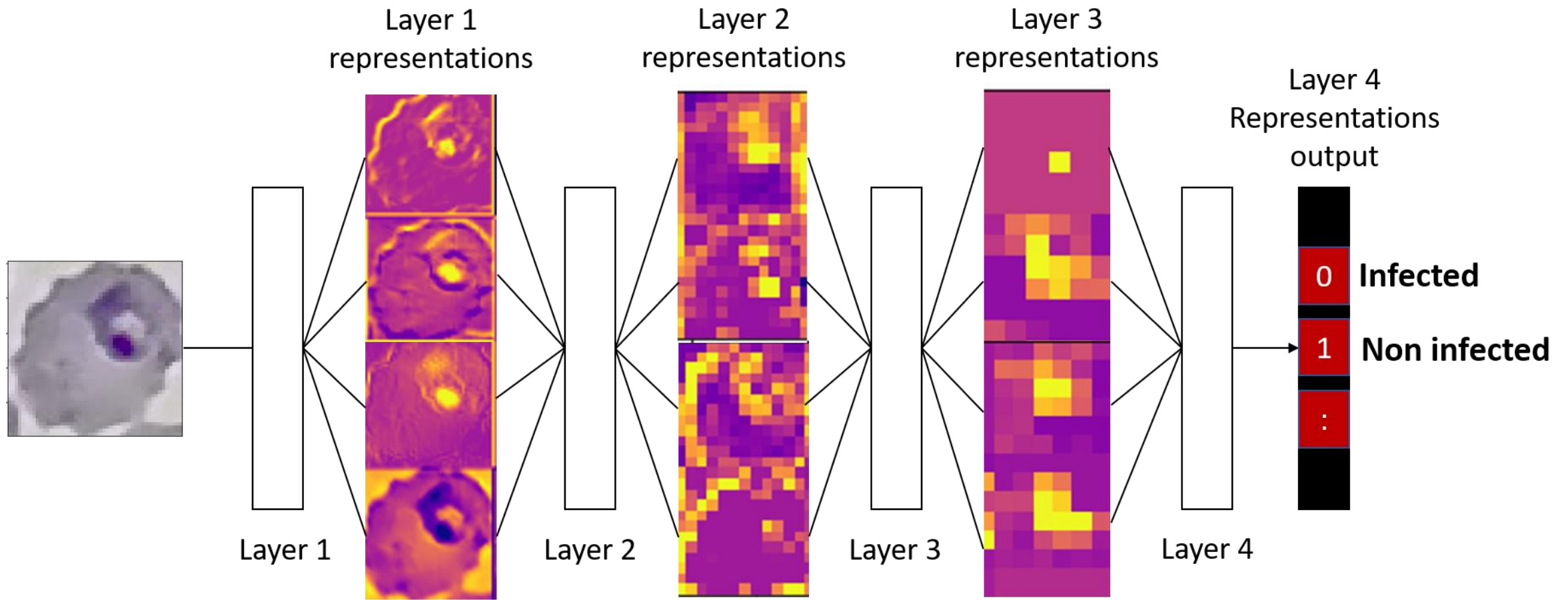
227.333	227.333	227.667	228.667	229.000	228.000	228.000	223.667	220.667	220.333	219.333	214.333
228.667	228.667	228.667	229.667	228.667	227.667	226.333	222.333	218.000	215.667	213.333	207.333
228.667	228.667	228.333	228.333	229.000	226.000	224.000	220.333	212.667	208.333	205.333	203.000
228.667	228.667	227.333	227.333	227.000	224.000	220.333	212.333	208.000	203.000	200.000	198.667
228.667	228.667	226.333	226.667	226.000	220.000	215.333	208.333	204.667	202.667	199.333	195.333
229.667	228.667	227.000	226.000	220.667	214.333	206.000	201.000	196.667	195.667	195.000	193.000
230.000	229.333	226.000	222.667	217.667	207.333	198.000	190.667	183.333	181.333	185.333	188.333
232.000	231.333	222.333	220.000	210.000	200.333	189.000	182.667	181.000	180.000	180.667	180.333
229.333	226.000	212.667	204.333	193.667	193.000	192.000	185.333	180.333	178.667	181.333	181.667
219.667	210.333	203.000	199.000	191.667	190.667	190.000	187.333	183.000	181.667	182.333	182.667
210.000	201.000	190.667	174.333	159.000	157.000	159.333	181.667	182.667	184.000	183.667	181.667
204.333	191.000	172.333	148.667	133.333	132.000	137.000	159.667	172.000	181.000	180.333	179.333
198.000	170.333	147.333	133.333	127.333	123.667	126.000	138.333	159.667	175.667	176.333	177.667
204.667	171.333	145.667	133.000	128.667	123.333	128.000	137.333	159.333	175.333	178.333	178.667
201.000	170.333	149.333	142.000	138.000	130.000	134.333	148.000	166.667	178.667	180.333	180.667
193.000	180.333	165.000	148.667	140.333	144.000	147.333	165.333	174.667	180.667	180.667	181.333
193.000	187.333	180.000	171.667	168.667	171.000	172.000	175.667	182.333	183.667	180.667	179.667
192.667	192.333	193.000	193.667	194.000	196.333	195.667	190.333	190.667	187.000	180.333	179.000
192.000	191.667	194.667	197.667	200.000	202.000	201.333	197.333	195.333	188.667	180.667	176.667
191.667	191.000	193.667	193.667	195.667	198.333	198.333	196.667	193.667	188.667	181.667	176.333
191.667	193.000	194.000	193.667	194.333	195.667	196.667	193.667	191.667	188.667	183.667	177.333
192.000	193.000	194.333	193.333	192.667	193.667	194.667	190.667	189.333	188.667	185.000	178.333
193.000	193.000	193.333	192.333	190.667	190.667	190.667	189.333	186.667	186.333	184.667	178.667
194.000	194.333	192.667	191.333	190.333	189.333	187.667	188.333	186.667	183.667	180.667	177.667
195.000	193.667	191.667	190.333	189.333	189.667	187.667	187.333	186.667	183.667	181.667	180.000
194.333	193.333	191.333	189.333	188.333	189.000	188.000	186.333	186.333	185.333	184.333	183.000
194.667	194.333	192.333	190.333	188.333	189.000	189.000	187.000	187.000	187.000	187.000	186.000
195.667	195.333	193.667	192.000	190.000	188.333	188.333	188.333	188.333	187.333	187.333	187.333
196.333	195.000	195.000	193.333	191.000	189.333	189.333	189.333	188.667	187.667	187.667	188.333
195.333	194.000	194.000	194.667	192.333	191.000	190.333	189.667	189.667	188.667	188.667	189.333
196.000	193.000	193.000	193.000	192.333	192.000	190.667	190.667	190.333	189.667	189.667	191.333
195.000	193.000	193.000	193.000	192.333	191.333	191.667	191.667	190.000	189.000	189.667	190.667

(c)

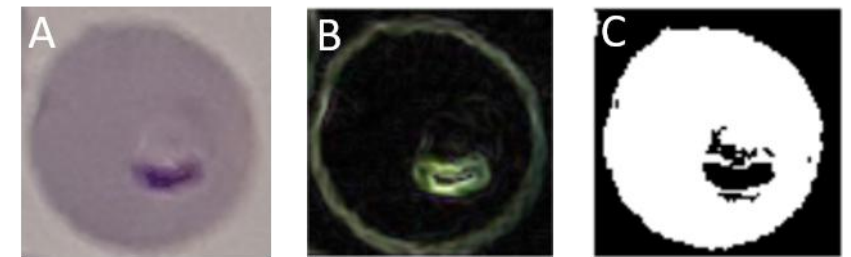
Ce que nous voyons Ce que l'ordinateur perçoit

Une image couleur peut être décrite par 3 valeurs d'intensités en **RGB**

Adapté d'après Aniss Acherar



Ce qui se passe dans un CNN, identifier des patterns (motifs qui décrivent des GRP (noyau, vacuole, etc...))
à la fin les neurones ont un poids pour pos ou neg (layer 4)



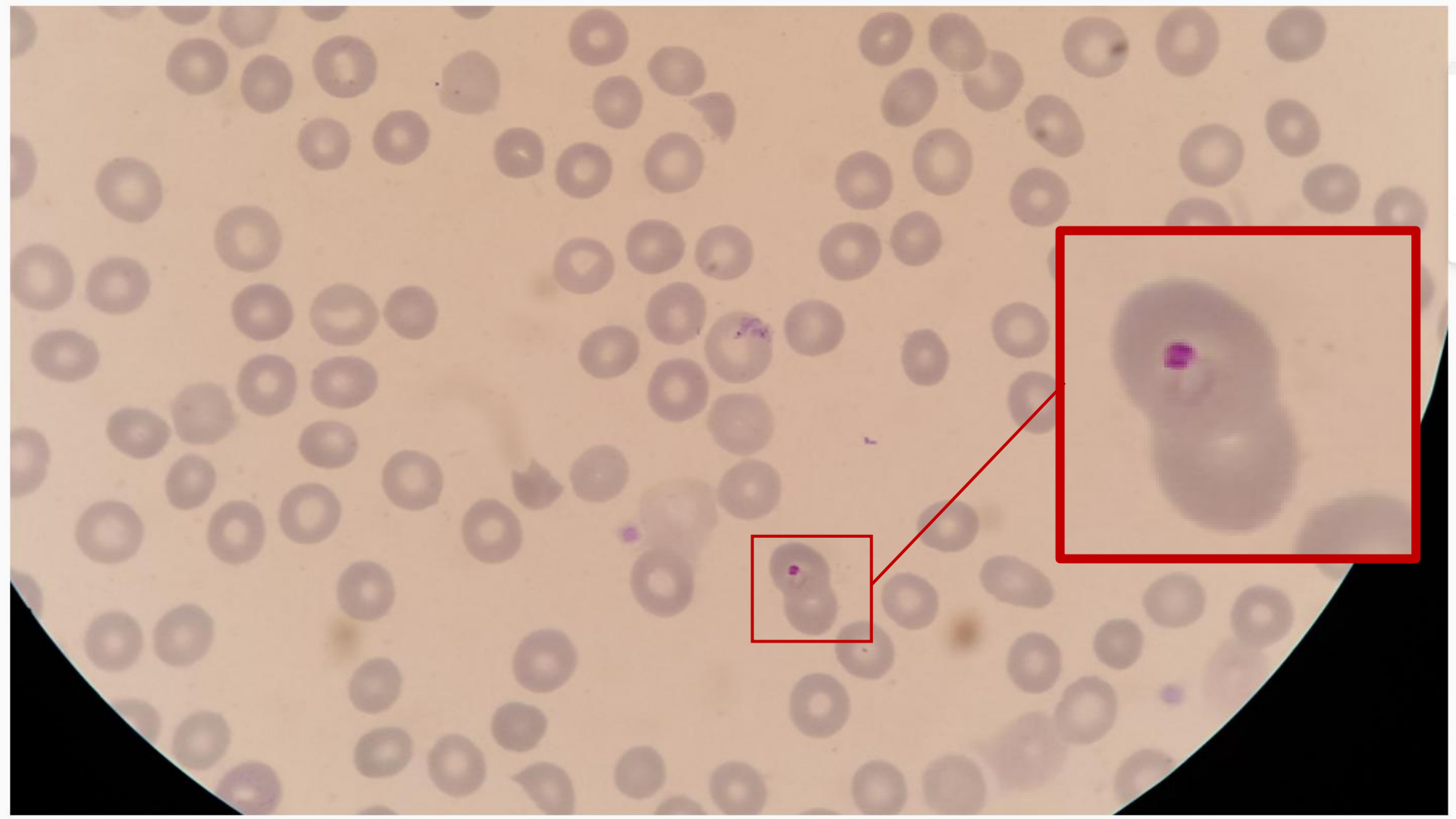
Caractéristiques d'un GRP
(contour/forme, parasite, etc...)



- image str
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_labeling_comparison/i
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
- 0 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9
- https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9

#22255 renaud.piarr... #DDU3F created, 3 minutes ago 2/2

Submit



trophozoite 1 | douteux 2 | schizonte 3 | plaquette 4 | tache homogène 5 | tache réticulée 6 | autres faux pos 7 | pos/pos 8 | rp:pos/nih:neg 9 | rp:neg/nih:pos 0

- image str ⚙️
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_labeling_comparison/i ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8 ↔
- 0 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8 ↔
- 1 https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9 ↔
- https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9 ↔

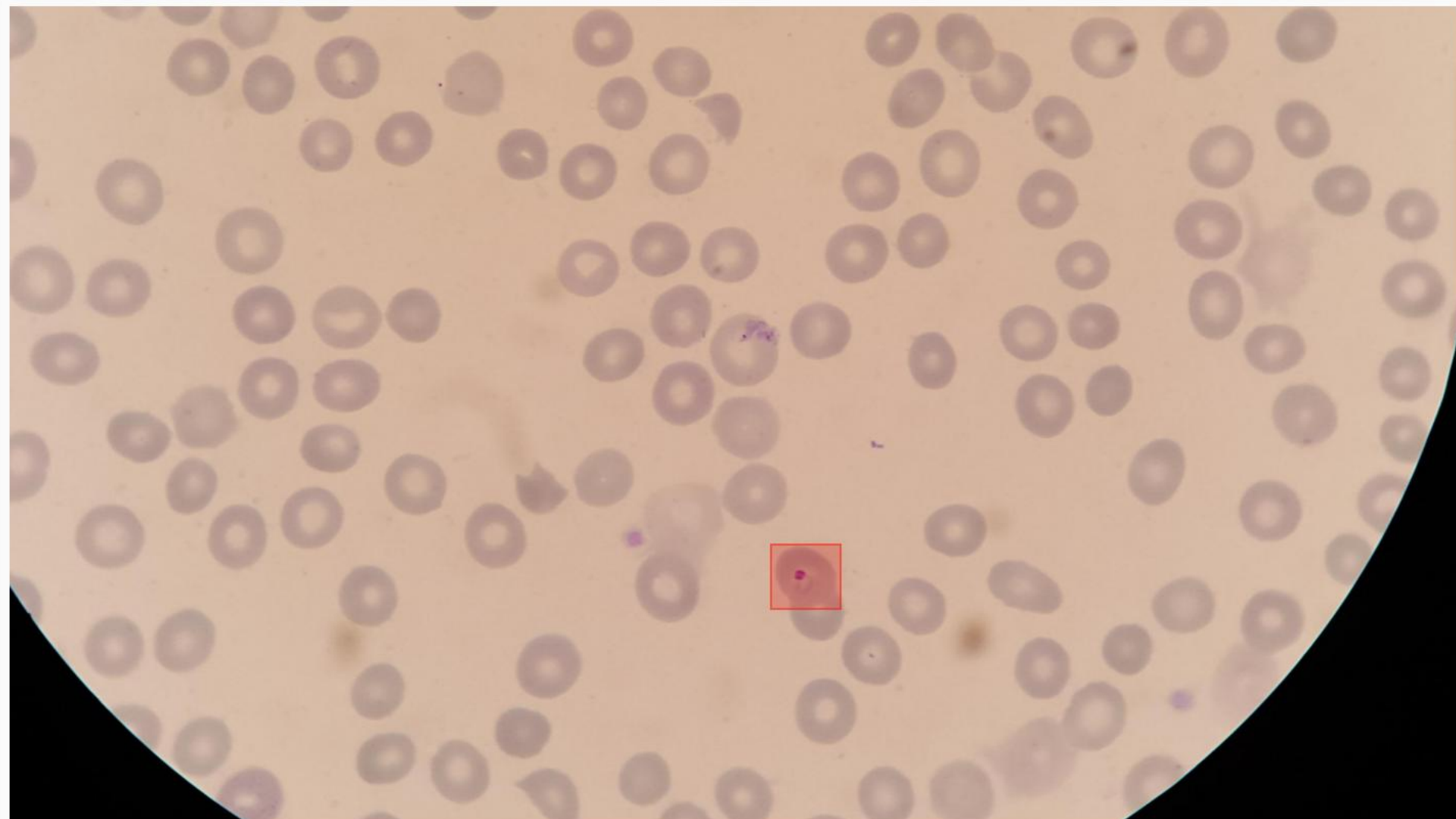
#22255

RE renaud.piarr... #DDU3F
created, 4 minutes ago

2/2

☰
↶
↷
✖
🗑
↔

Submit



🔍
👤
🔍
📏
🔍

trophozoite 1
douteux 2
schizonte 3
plaquette 4
tache homogène 5
tache réticulée 6
autres faux pos 7
pos/pos 8
rp:pos/nih:neg 9
rp:neg/nih:pos 0

	image	str
<input type="checkbox"/>	1	com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/145C42P5
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/148C47P8
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9
<input type="checkbox"/>	1	https://storage.googleapis.com/malaria_label_studio/NIH_0.5/images/149C48P9

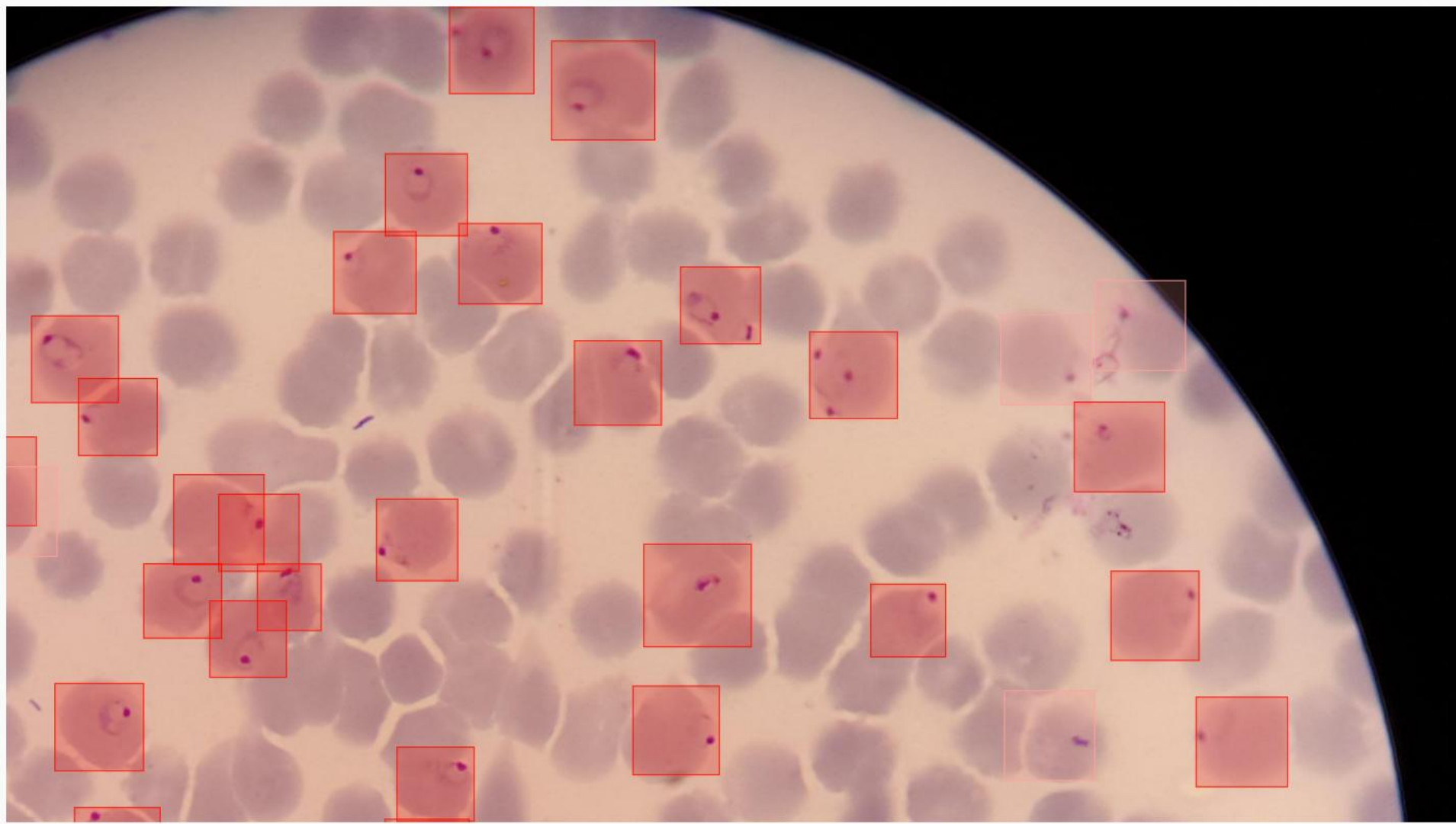
#22257

renaud.piarro... #11875
created, about 1 month ago

2/2



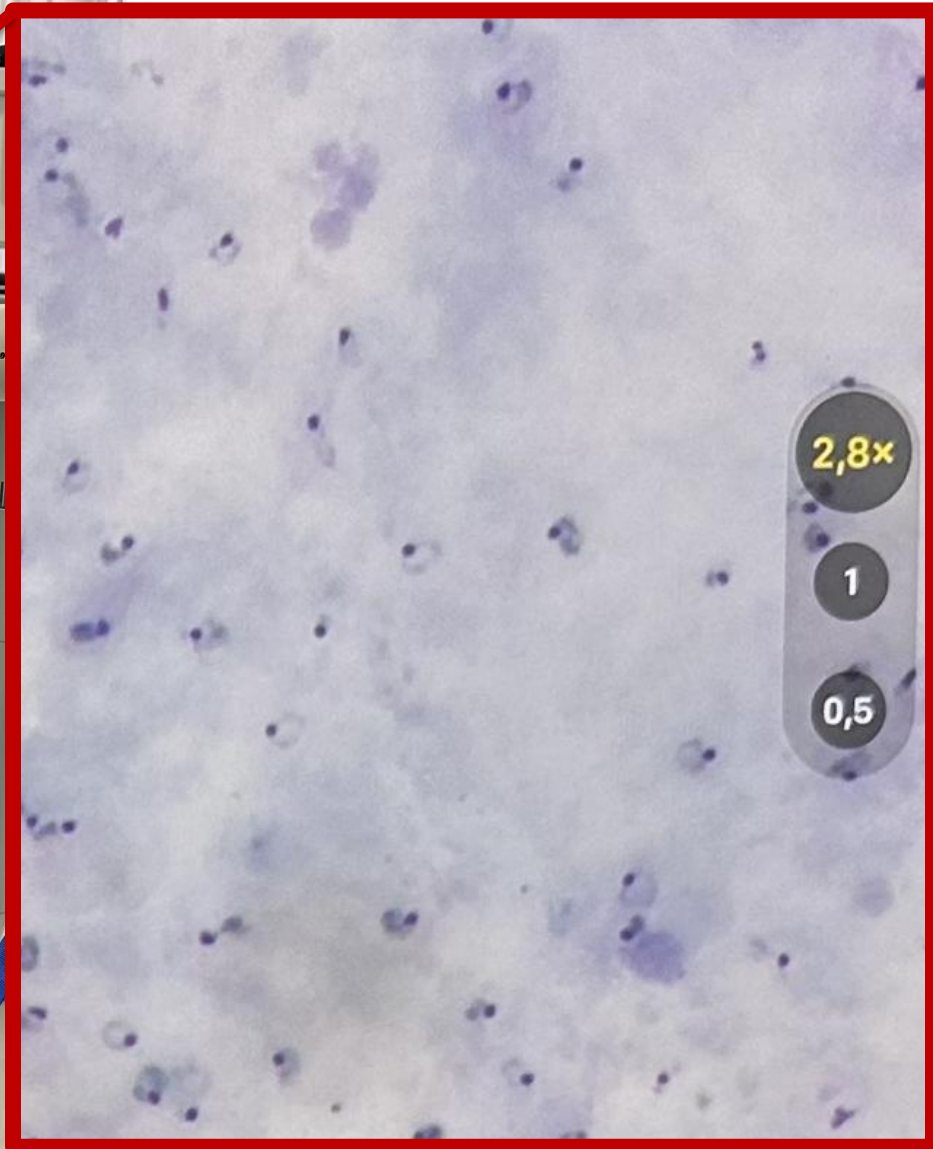
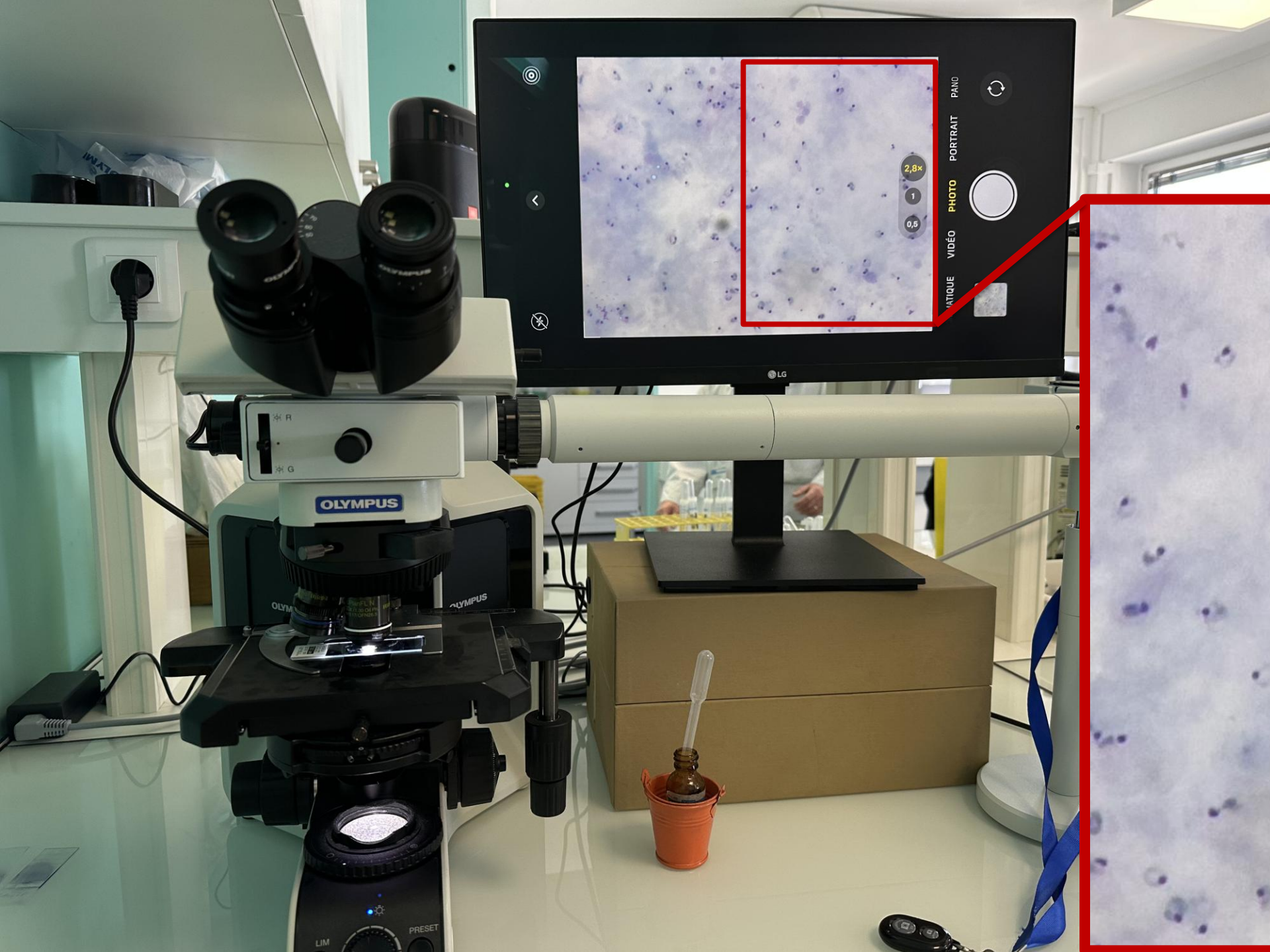
Update

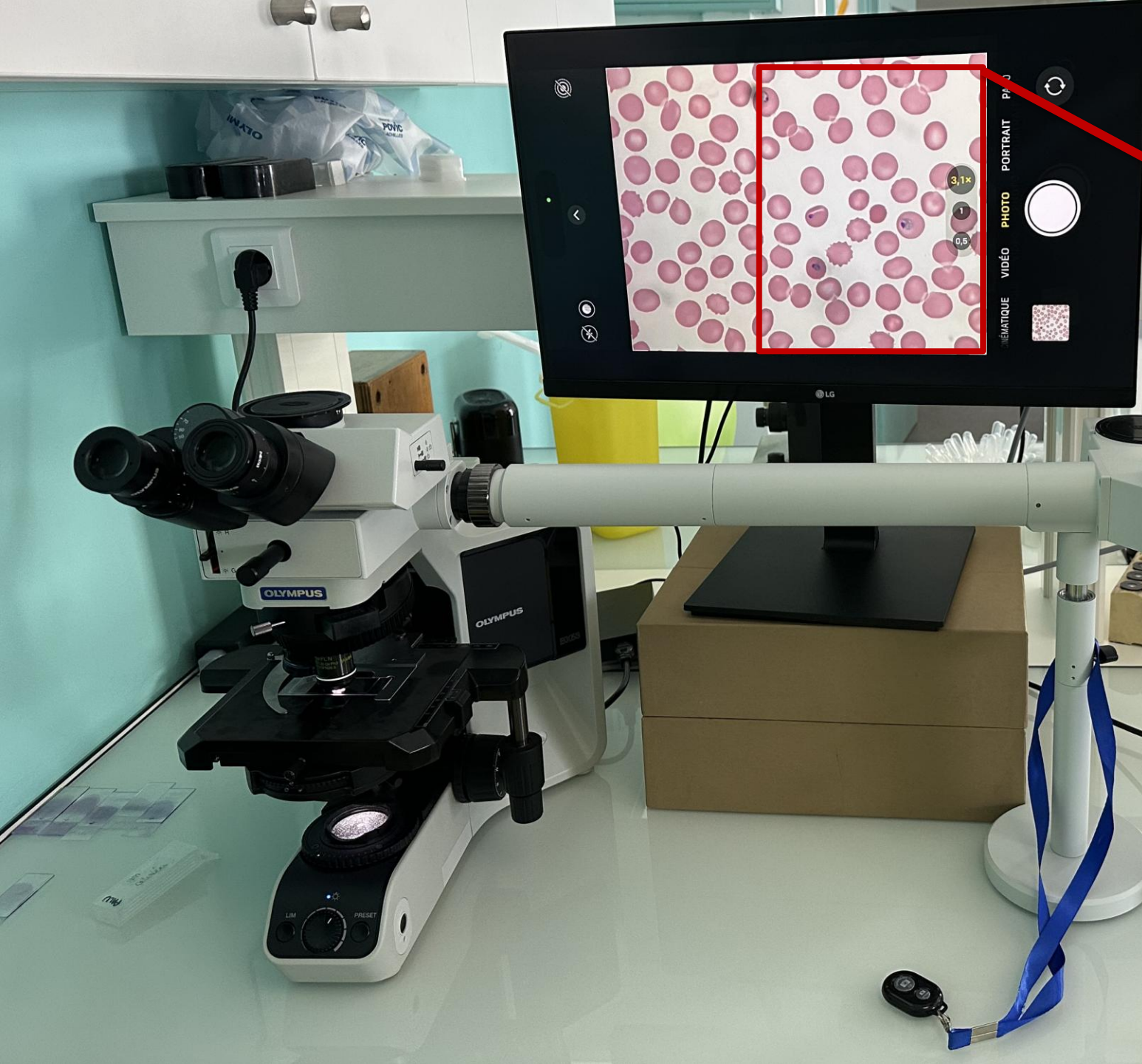


trophozoite 1 | douteux 2 | schizonte 3 | plaquette 4 | tache homogène 5 | tache réticulée 6 | autres faux pos 7 | pos/pos 8 | rp:pos/nih:neg 9 | rp:neg/nih:pos 0

Utilisation actuelle

- Assurance qualité
- Formation
- Diagnostic à distance
- Aide au diagnostic d'espèce
- Mesure de la parasitémie





Utilisation actuelle

- Assurance qualité
- Formation
- Diagnostic à distance
- Aide au diagnostic d'espèce
- Mesure de la parasitémie
- **Sensibilité insuffisante**
- **Non automatique**

De quoi a-t-on besoin ?

- De gommer les défauts actuels de la microscopie
- De beaucoup de données correctement annotées

Importance critique de la disponibilité des données annotées !

- **L'apprentissage des algorithmes repose sur elles**
- Base de données d'apprentissage de Google : env. 100 millions d'images annotées et plus de 18 000 classes (pas accessible)
- Pour améliorer les performances d'une application, il vaut mieux augmenter le volume des données d'apprentissage que chercher à tout prix un meilleur algorithme
- L'acquisition de données annotées représente un enjeu stratégique pour les États et un enjeu industriel pour les entreprises
- **Volume, Variété, Vélocité et Véracité** sont les 4V du *big data*

Nouvel outil pour le repérage et l'identification des parasites : La Ptychographie de Fourier

La Ptychographie de Fourier (PF) utilise le contrôle de l'éclairage et le post-traitement informatique pour augmenter la résolution des microscopes optiques

High numerical aperture Fourier Ptychography: principle, implementation and characterization

Xiaoze Ou,^{1,*} Roarke Horstmeyer,¹ Guoan Zheng,^{2,3} and Changhui Yang¹






¹*Department of Electrical Engineering, California Institute of Technology, Pasadena, California 91125, USA*

²*Biomedical Engineering, University of Connecticut, Storrs, Connecticut 06269, USA*

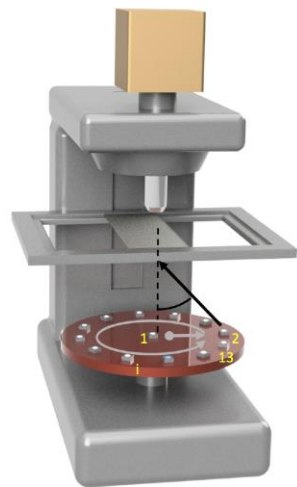
³*Electrical and Computer Engineering, University of Connecticut, Storrs, Connecticut 06269, USA*

^{*}xou@caltech.edu

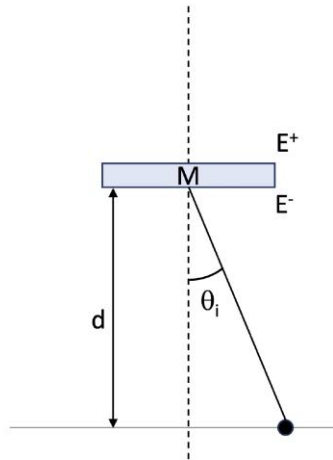
Article
Investigating the Joint Amplitude and Phase Imaging of Stained Samples in Automatic Diagnosis

Houda Hassini ^{1,2,*} , Bernadette Dorizzi ¹ , Marc Thellier ^{3,4} , Jacques Klossa ²  and Yaneck Gottesman ¹ 

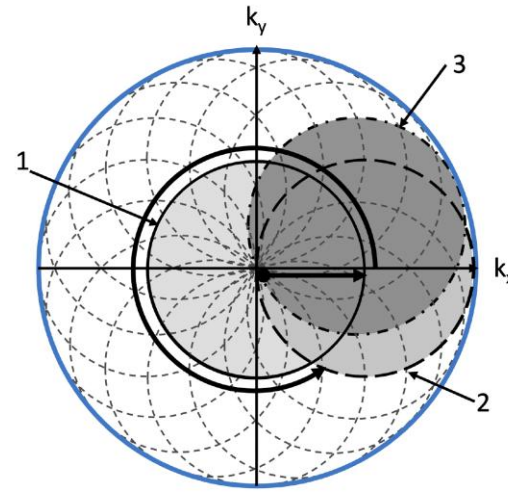
¹ Samovar, Télécom SudParis, Institut Polytechnique de Paris, 91120 Palaiseau, France; bernadette.dorizzi@telecom-sudparis.eu (B.D.); yaneck.gottesman@telecom-sudparis.eu (Y.G.)
² TRIBVN/T-Life, 92800 Puteaux, France; jklossa@tribvn.com
³ AP-HP, Centre National de Référence du Paludisme, 75013 Paris, France; marc.thellier@aphp.fr
⁴ Institut Pierre-Louis d'Épidémiologie et de Santé Publique, Sorbonne Université, INSERM, 75013 Paris, France
 * Correspondence: houda_hassini@telecom-sudparis.eu



(a)



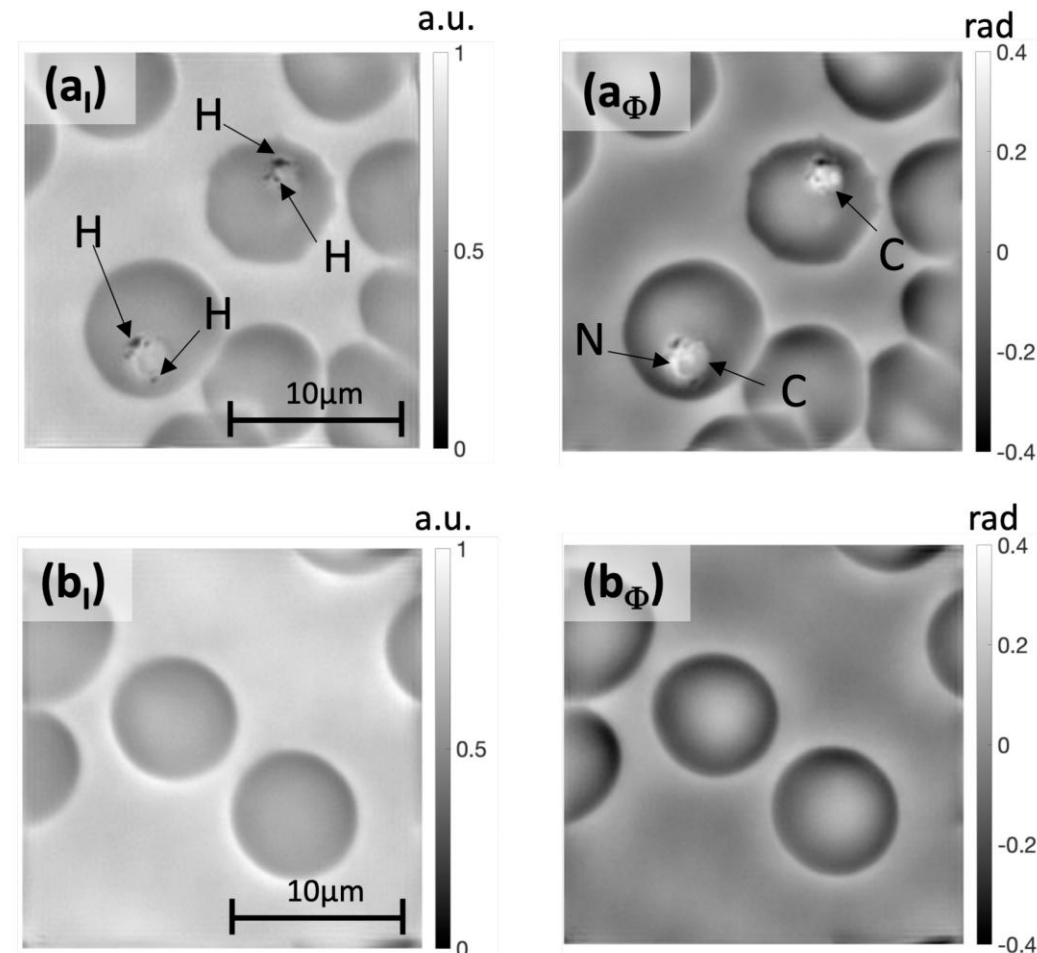
(b)



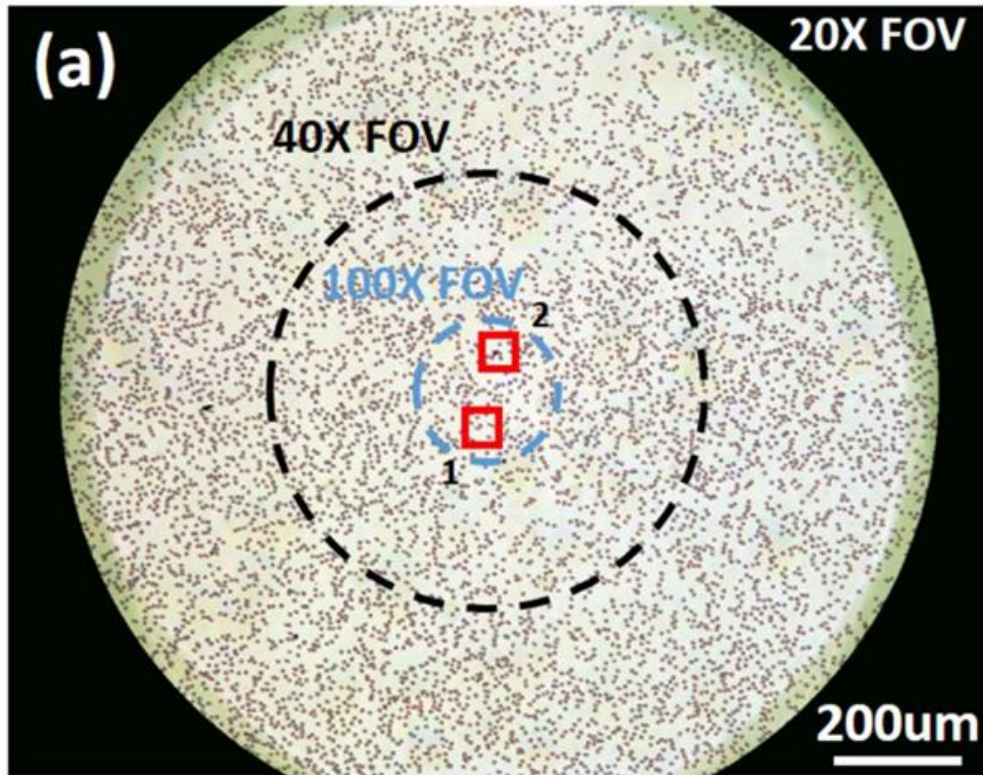
(c)

Principe du MPF

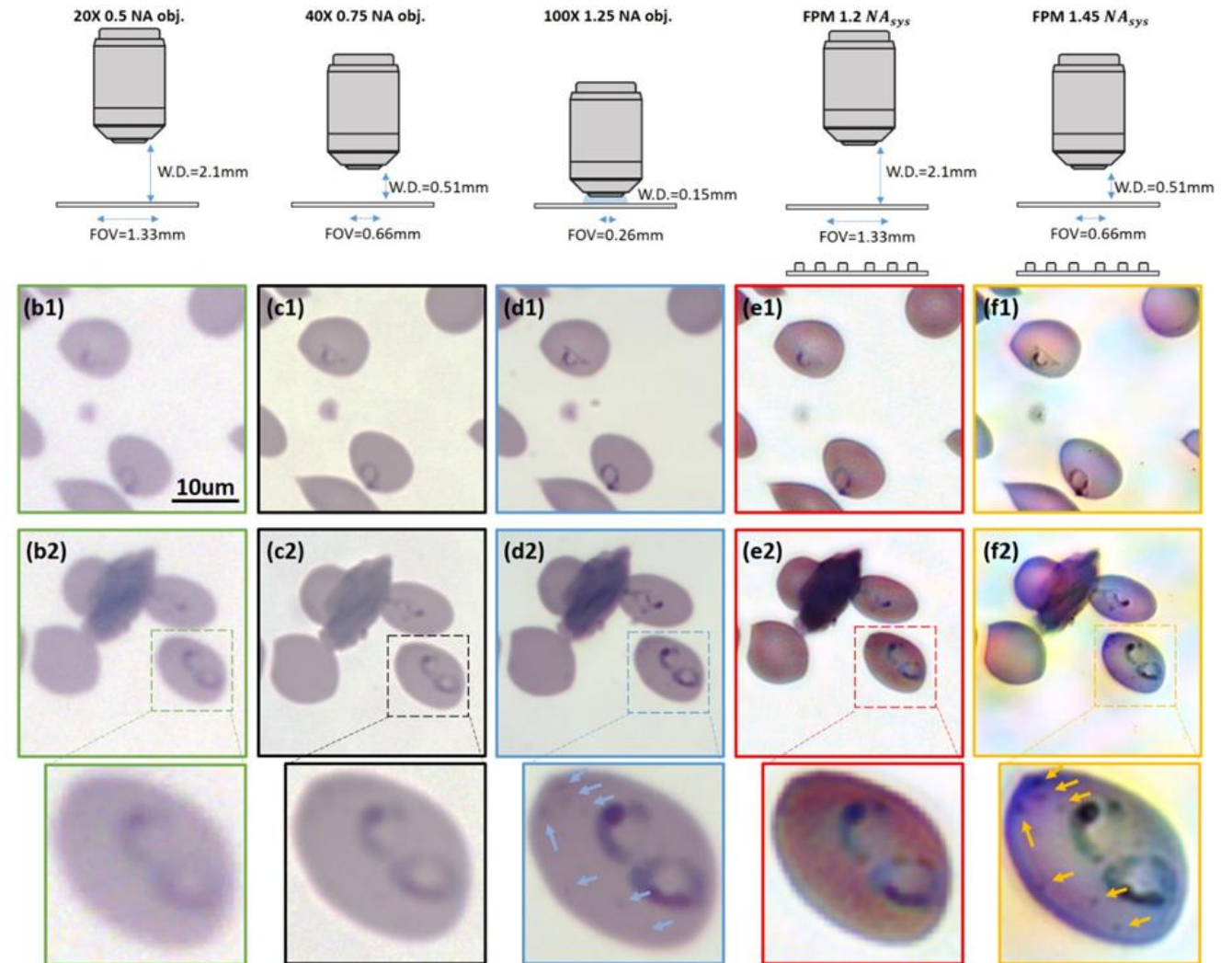
(a) Croquis de la configuration du microscope équipé de sa matrice de LED,
 (b) illustration de l'éclairage angulaire de l'échantillon déterminé par la position spatiale de la LED i ,
 (c) régions spectrales individuelles acquises par chaque LED.



Comparaisons images microscopie optique Vs microscopie ptychographique de Fourier (MPF)



3000-3500 hématies par champs
60 images au 20X



Optical Twin For Diagnosis (OT4D)



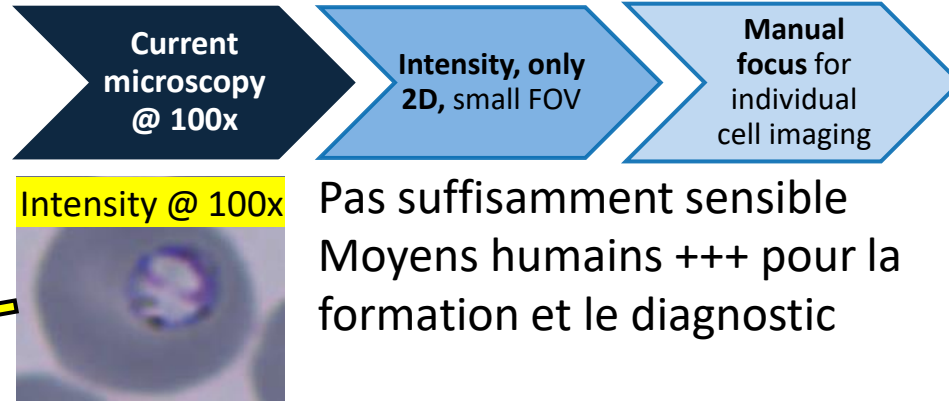
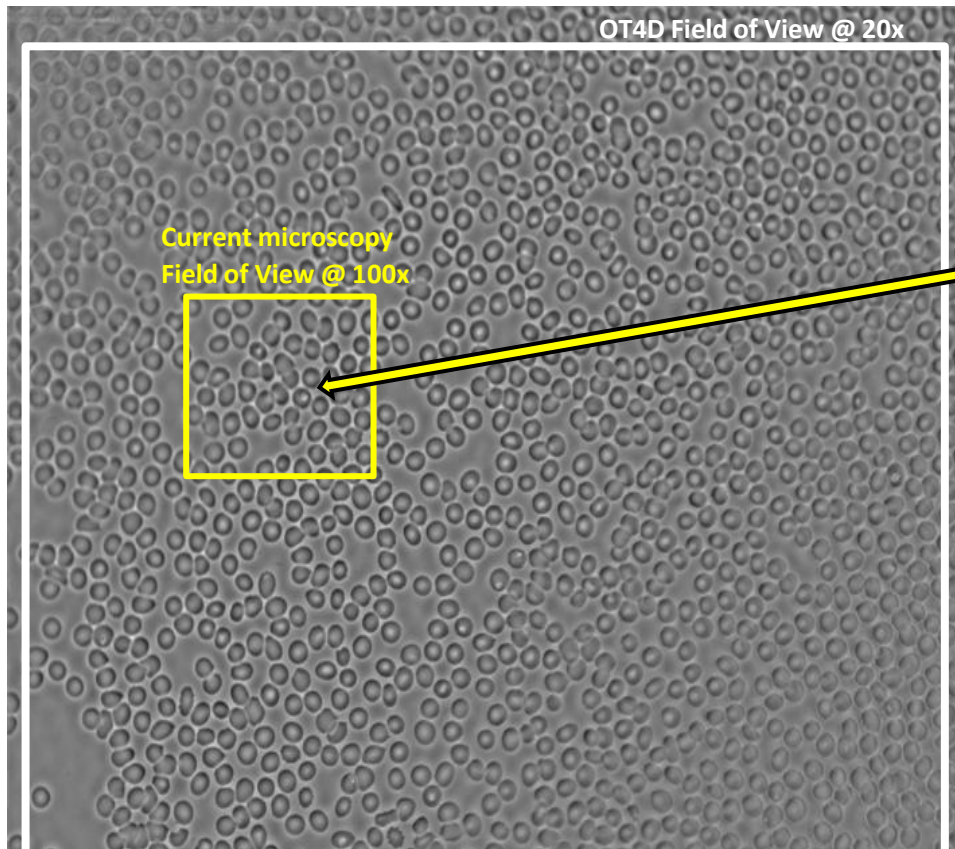
Nouvelles approches en microscopie optique couplées à l'IA pour le diagnostic et le suivi des maladies du sang

1. Production d'un **“jumeau optique”** des éléments du sang et de la Moelle osseuse
1. Utilisation d'outils de l'Intelligence Artificielle afin d'exploiter les données produites, en pré, per, et post-analytique

-> **Cible** OT4D dans tous les LBM

OT4D le diagnostic automatique du paludisme sur un frottis

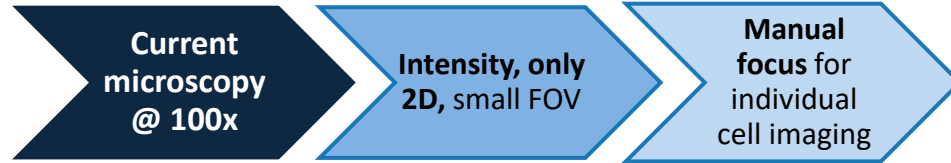
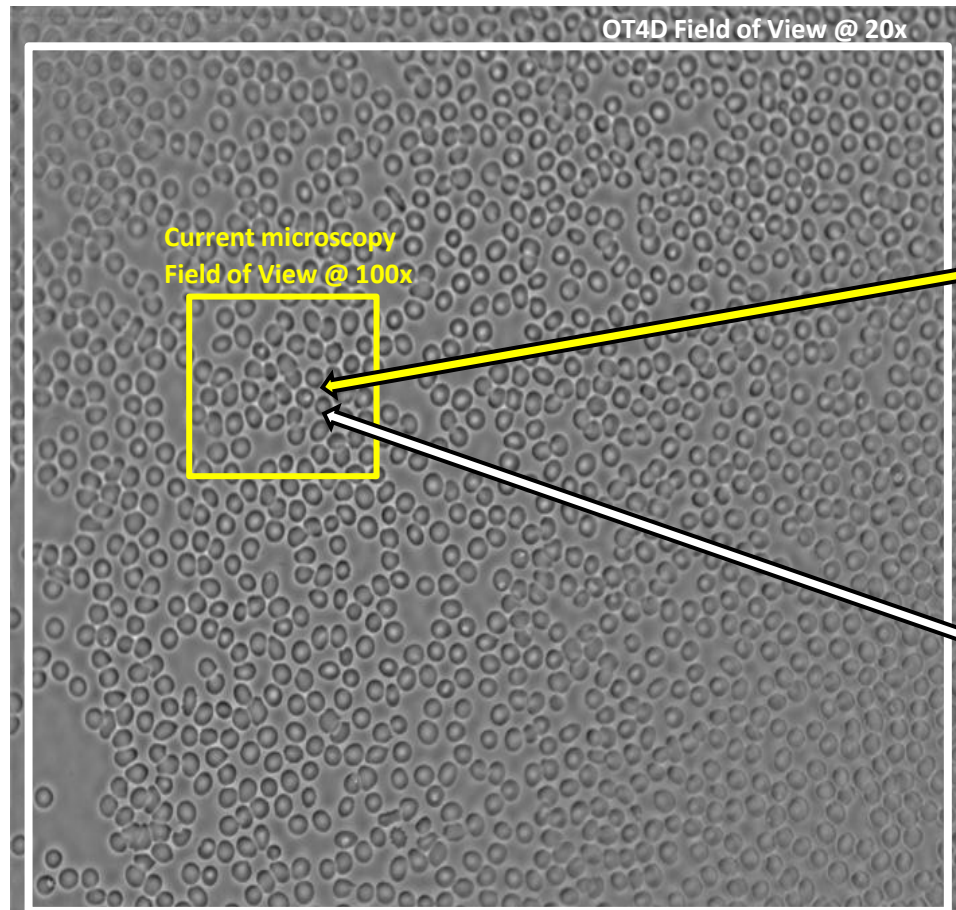
Une qualité d'images qui permet la reconnaissance non équivoque des hématies parasitées par IA



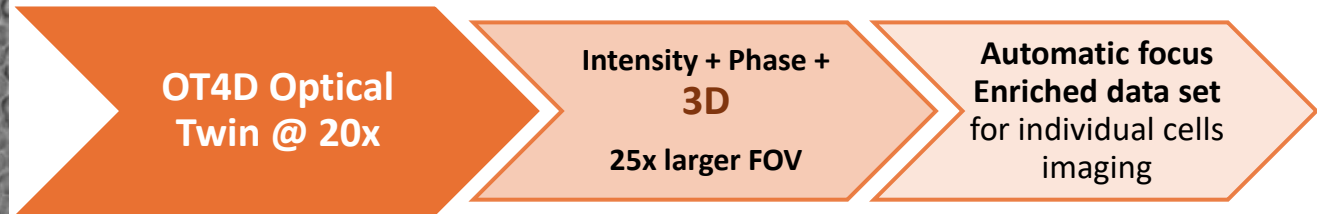
OT4D le diagnostic automatique du paludisme sur un frottis

Une qualité d'images qui permet la reconnaissance non équivoque des hématies parasitées par IA

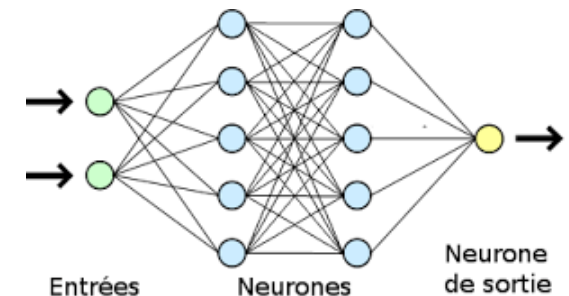
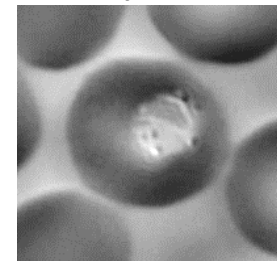
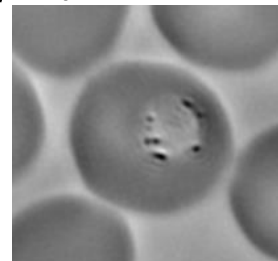
Détection de 1 GR parasité/200 000 GR avec seulement 60 champs microscopiques au grossissement x200



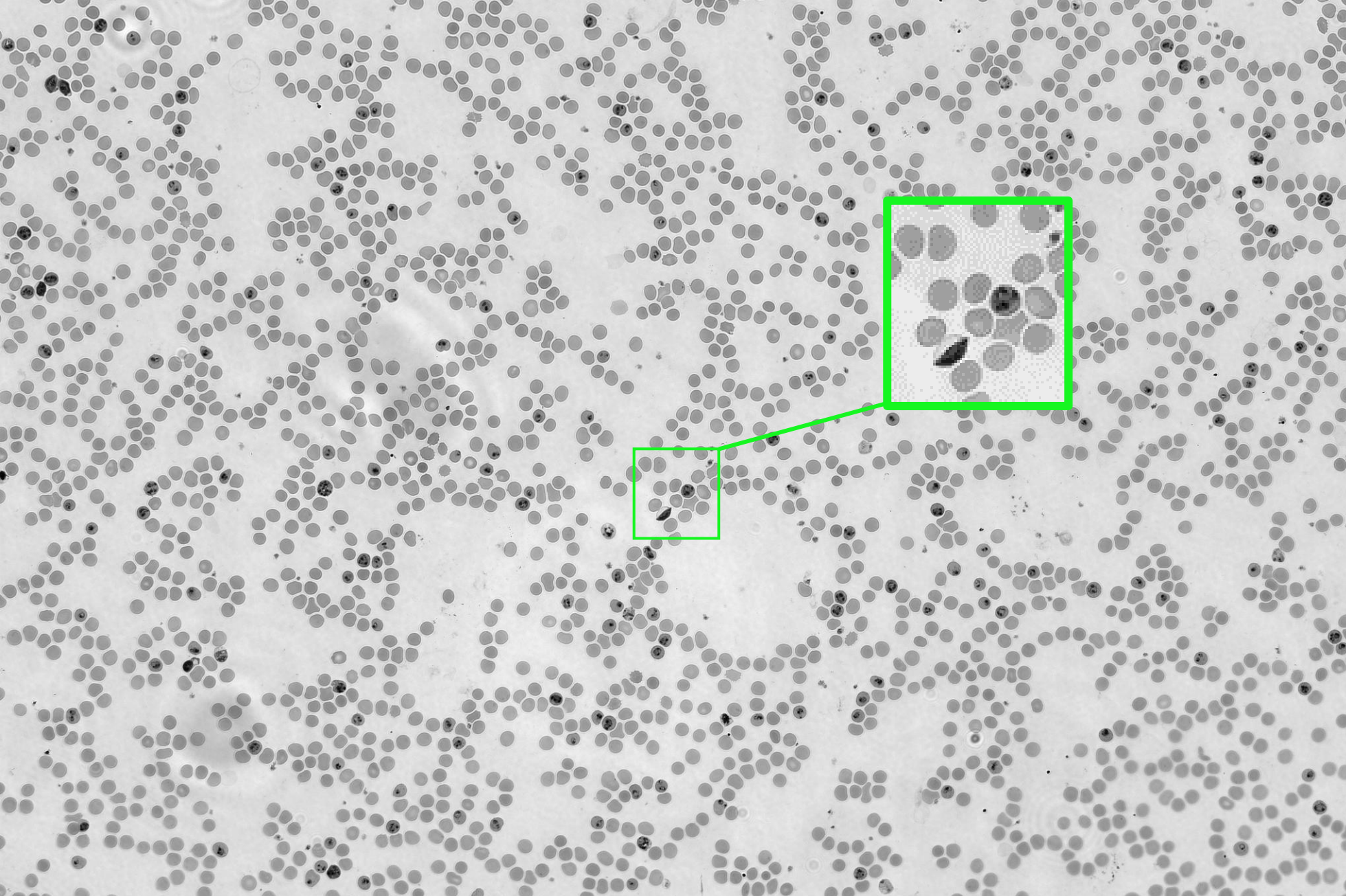
Pas suffisamment sensible
Moyens humains +++ pour la formation et le diagnostic

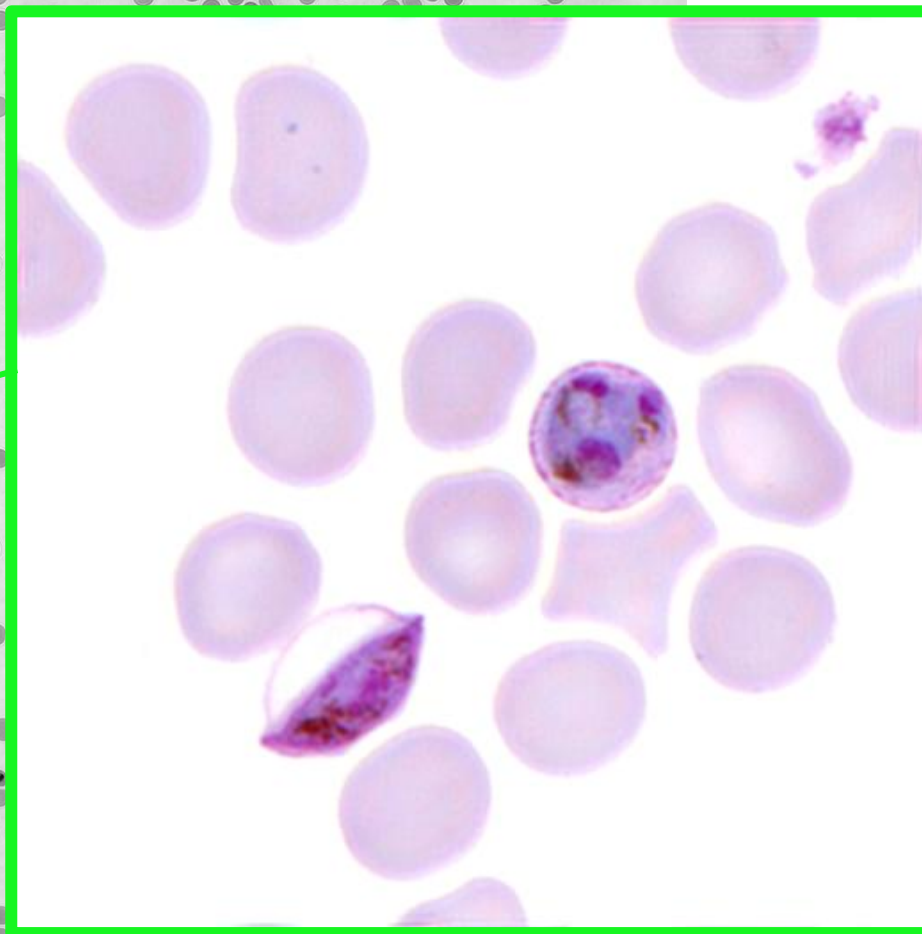
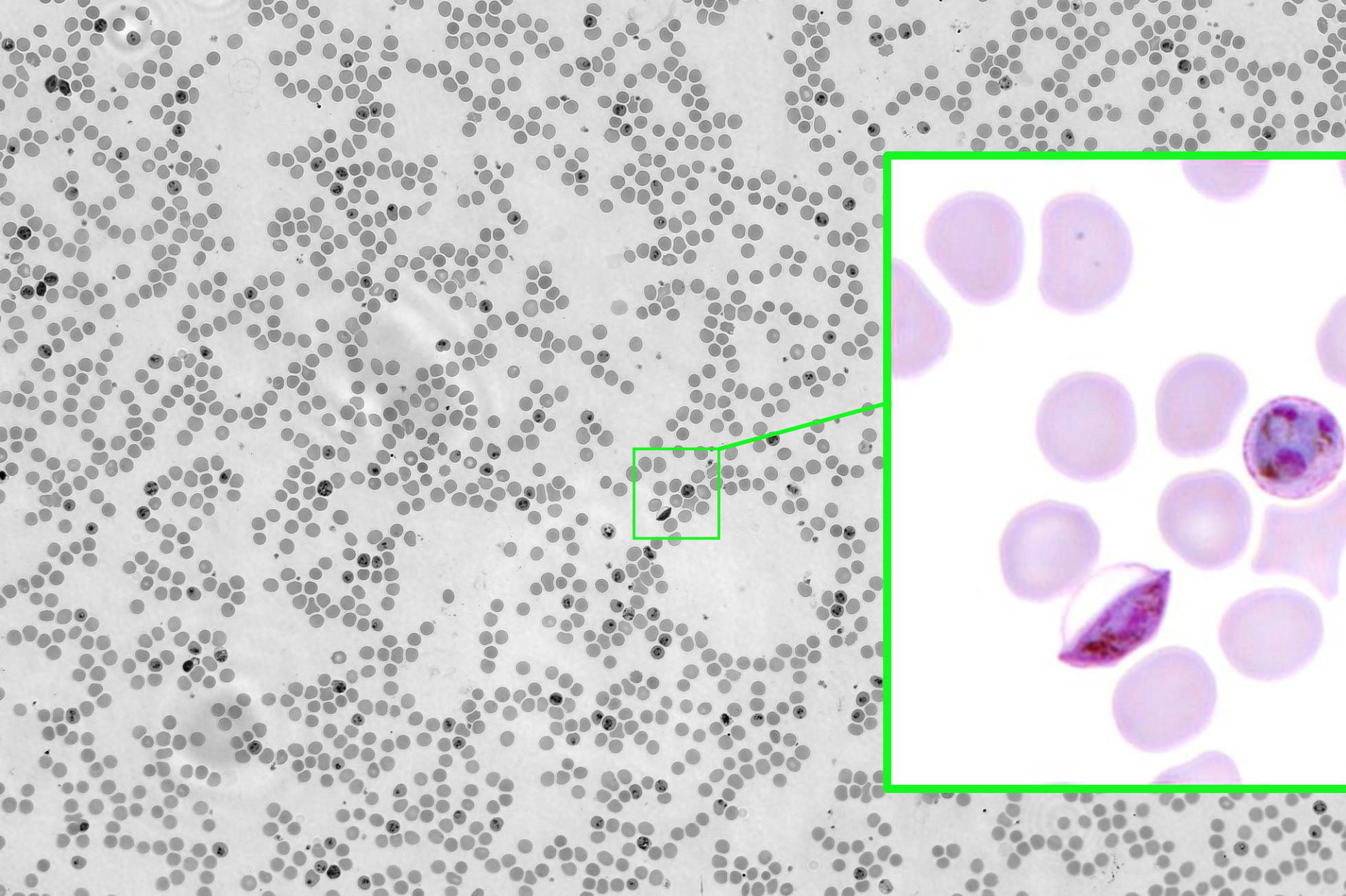


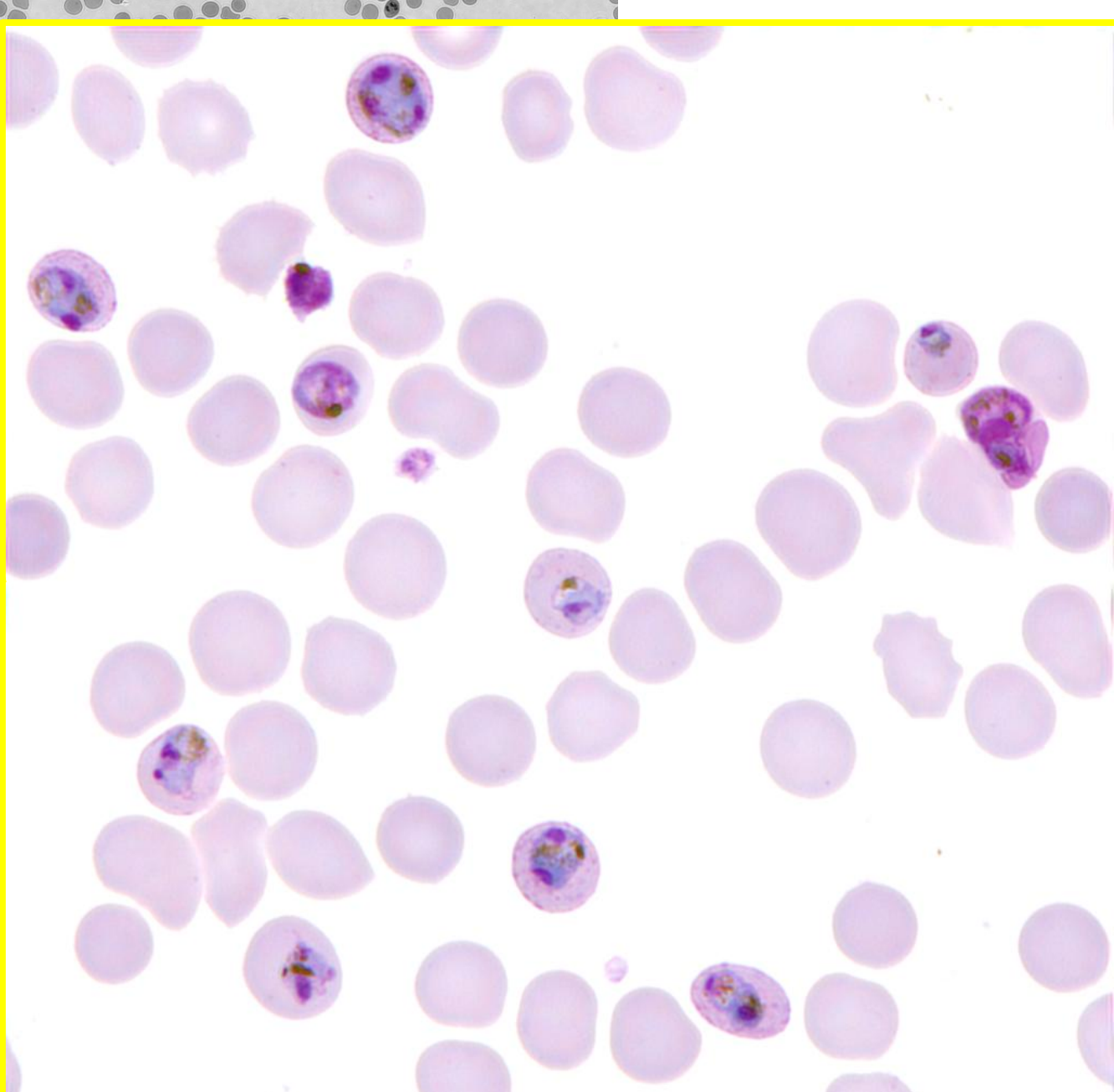
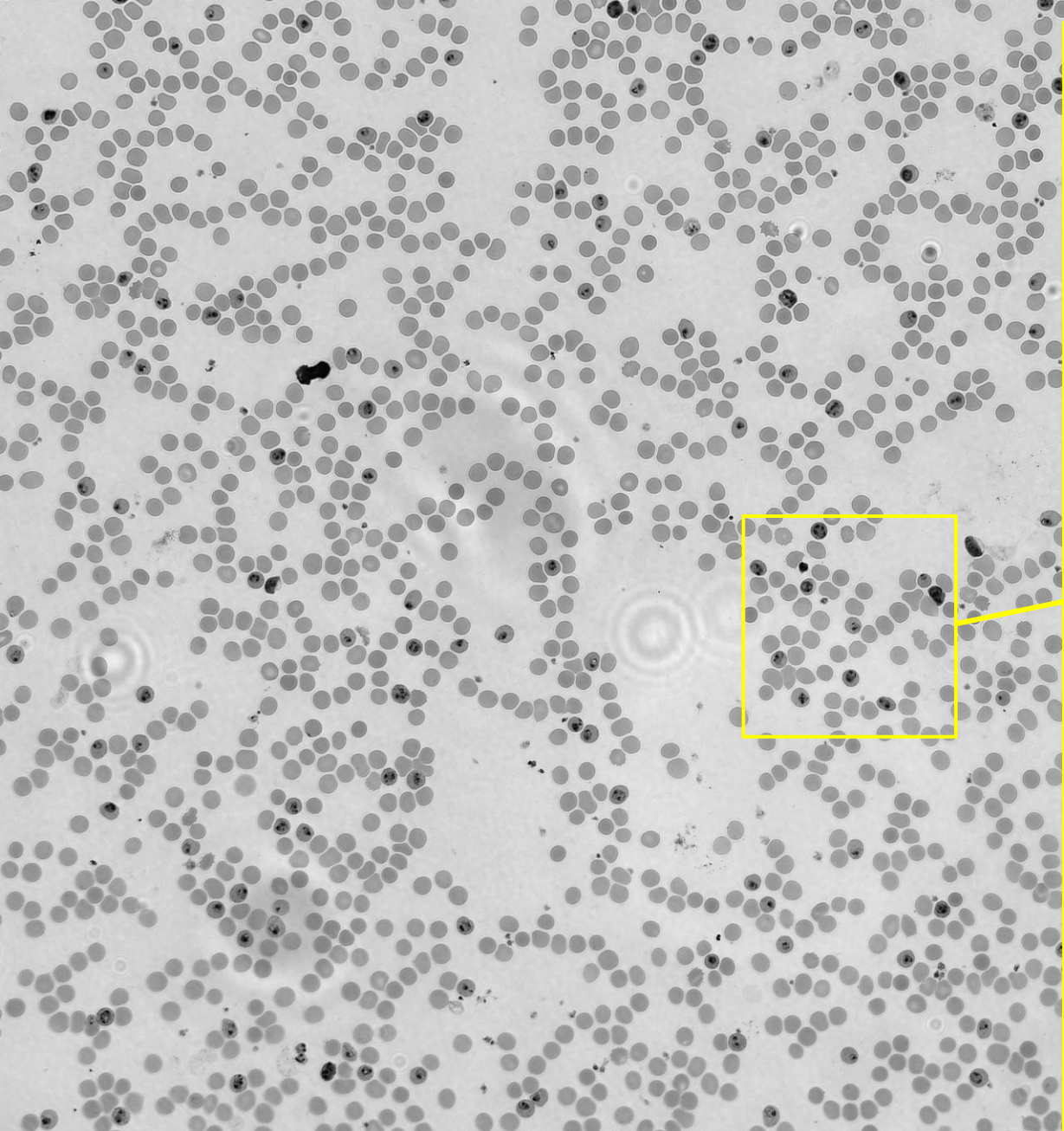
Optical Twin Intensity + Phase @ 20x

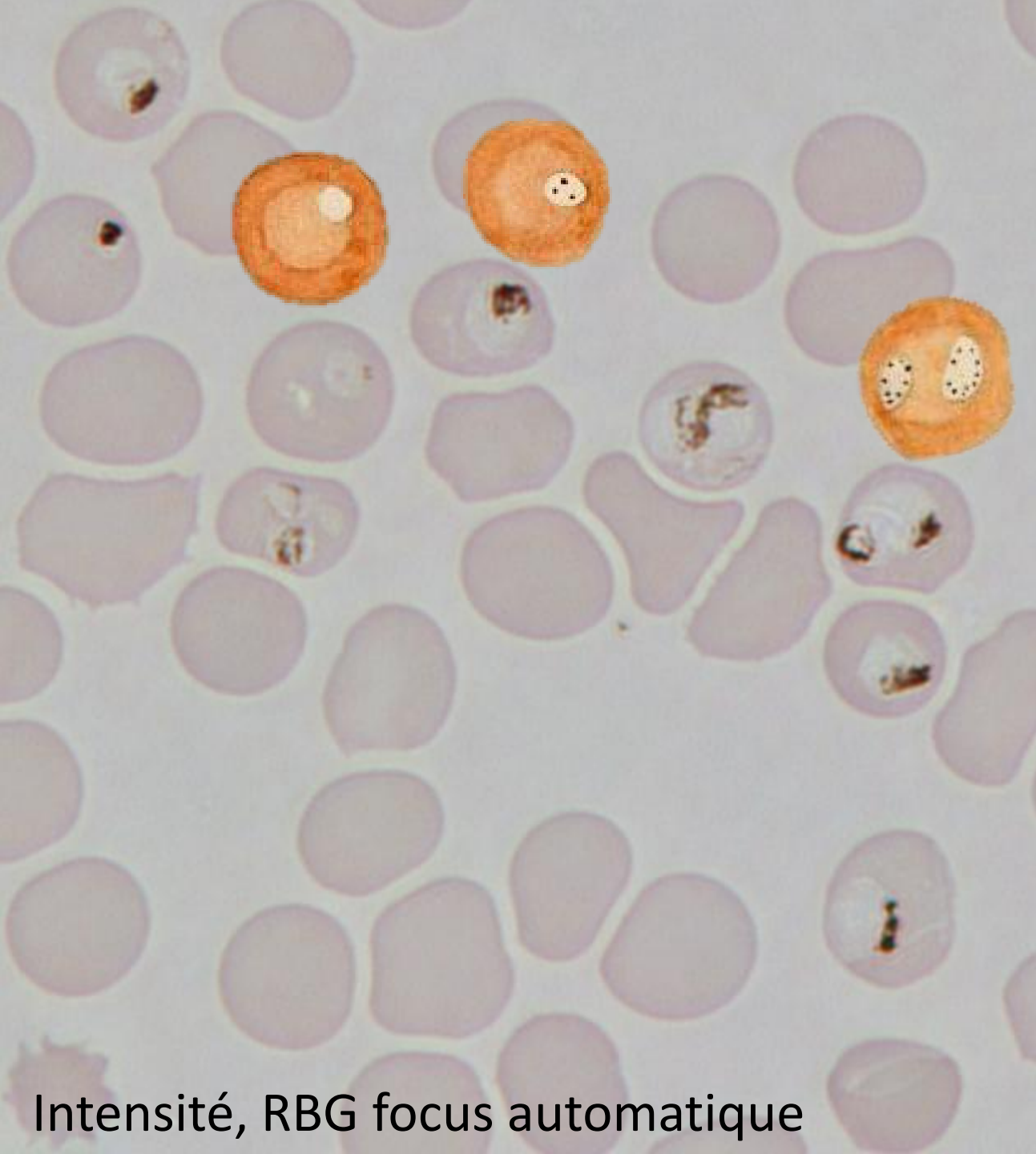


Quelques images issues du jumeau optique...







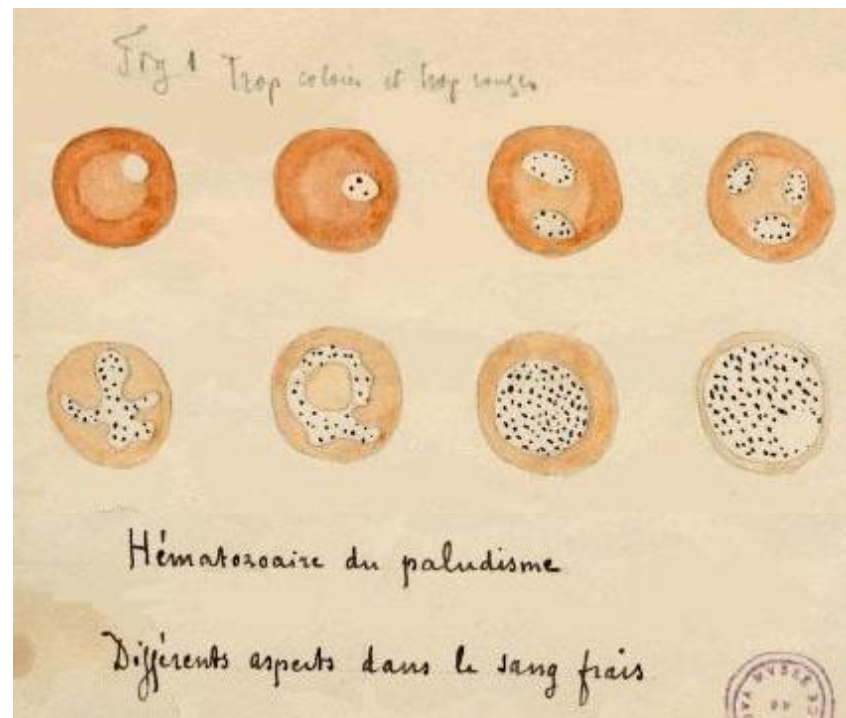


Intensité, RGB focus automatique

Objectif

Le diagnostic automatisé complet sur du sang non coloré, non fixé, en dehors d'un laboratoire ...

Transmission en temps réel à partir de n'importe quel centre de santé



Une technologie pluridisciplinaire

MICROSCOPIE CLASSIQUE

#BIOLOGIE



LAME Le tissu est écrasé ou découpé, fixé



COLORANTS Coloration puis marquage chimique



LUMIÈRE Image avec éclairage diffus



CAPTURE Adapté à la vision, humaine : info moyenne

PERMET UNE VISUALISATION MOYENNE ET COMPACTE LES DONNÉES

JUMEAU OPTIQUE

#BIOLOGIE #PHOTONIQUE #IA #CHIMIE



MICRO FLUIDIQUE Fonctionnalité et phénotype préservés



LABEL FREE Standardisation facilitée & artefacts réduits



LUMIÈRE Sources contrôlées en direction & en fréquence

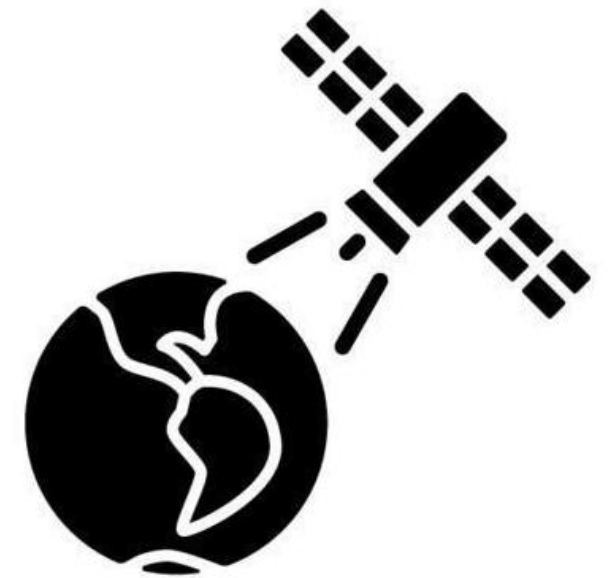


CAPTURE Représentation électromagnétique et signature moléculaire

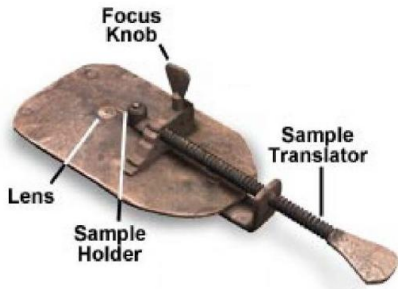
DÉLIVRE UN JEU DE DONNÉES ÉTENDU

Diagnostic et surveillance du paludisme en temps réel

Pour un monde sans paludisme

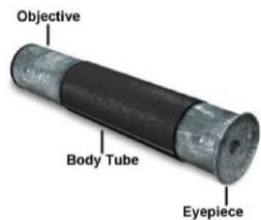


Histoire du microscope

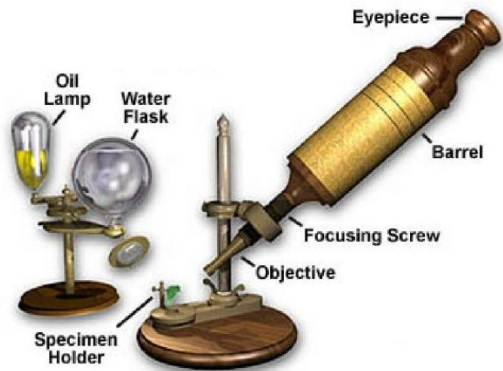


1600

observe des micro-organismes avec un microscope simple
van Leeuwenhoek



Fabrication de loupes améliorées
Les Jansen



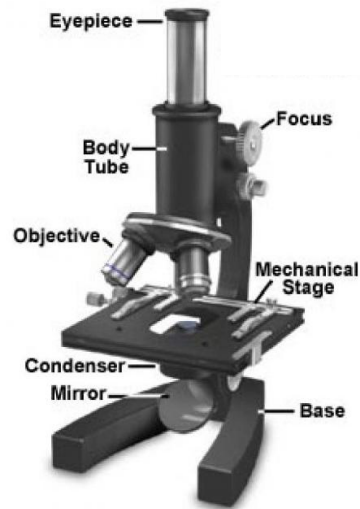
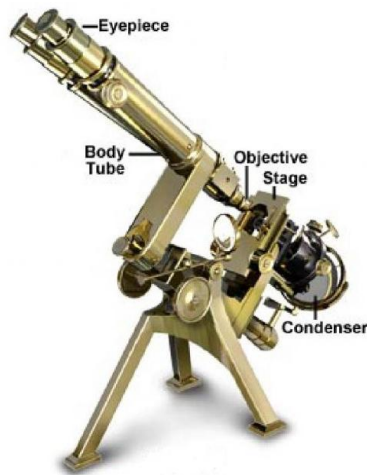
1670

Microscope à 2 lentilles + focalisation de la lumière
Hooke

Powell & Lealand

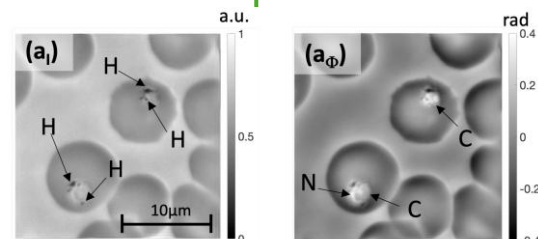
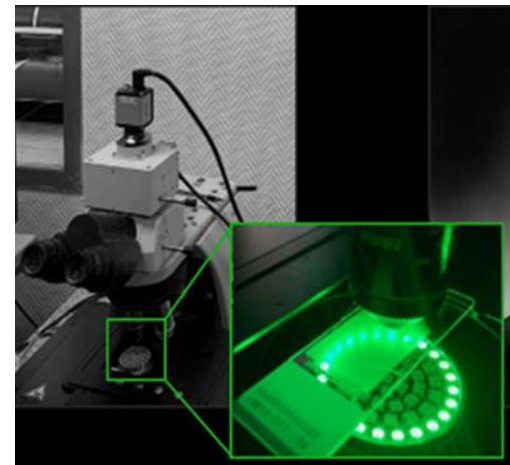
1870

Laiton massif
Mise au point par crémaillère et pignons
Binoculaire



1930

Microscope Actuel
Outil universel !
Zeiss



2030 ?

Un renouveau ?

Malaria OT4D

Merci de votre attention !

