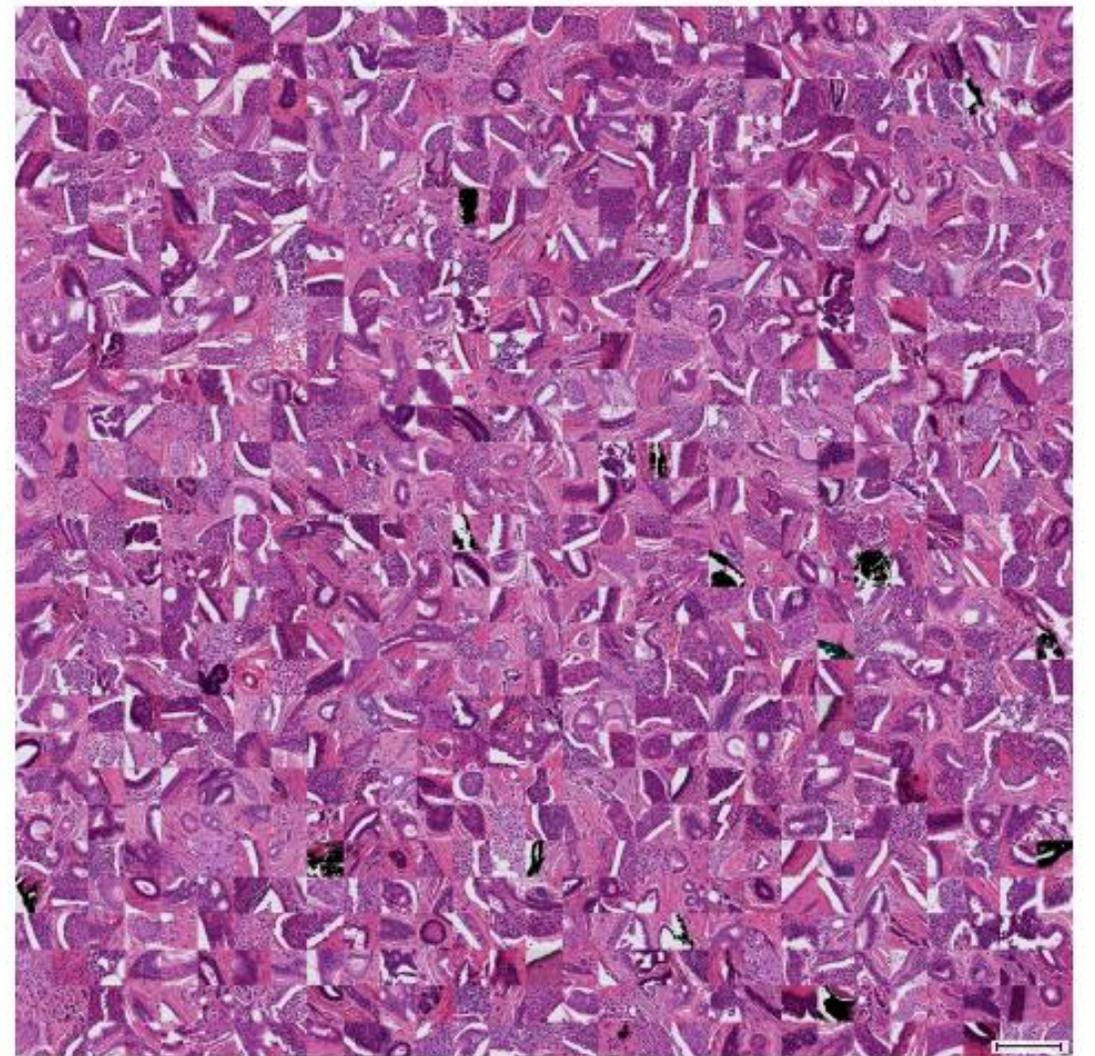


Pr Anne Vincent-Salomon  
Institut des Cancers des femmes de l'Institut  
CURIE

---

## Session 2 – Intelligence artificielle

IA et « anapath ».



ENSEMBLE, PRENONS  
LE CANCER DE VITESSE



by  
institut  
Curie

PSL  
UNIVERSITÉ PARIS

Inserm  
INSTITUT NATIONAL D'ÉTUDES  
SCIENTIFIQUES SUR LE CANCER

Soutenu  
par

FRANCE  
GOUVERNEMENT  
États  
Unis  
France



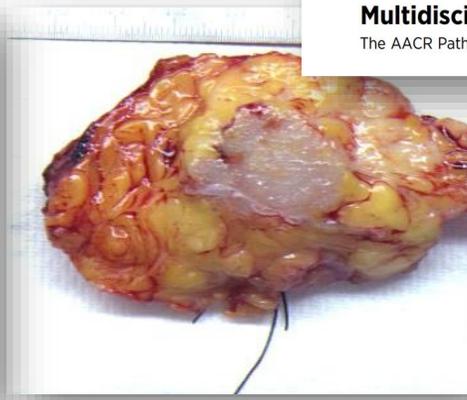
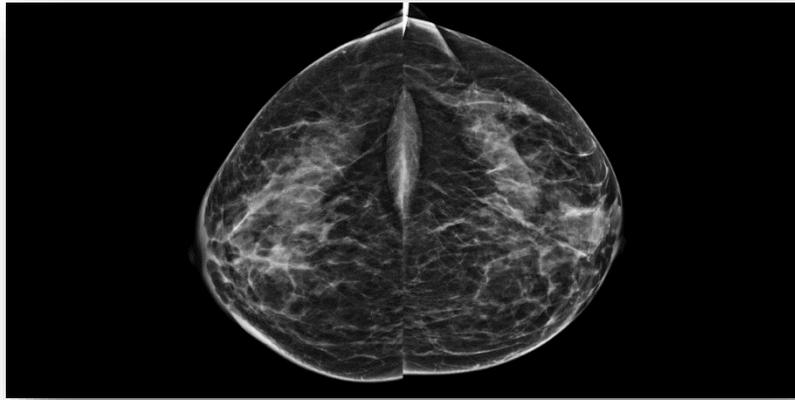
institut  
Curie

# Mes liens d'intérêt

---

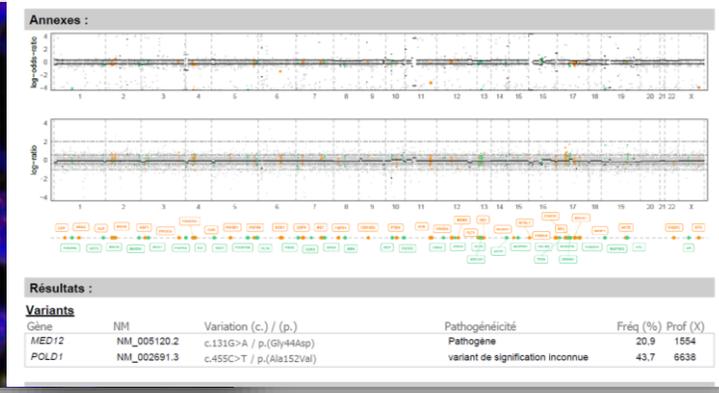
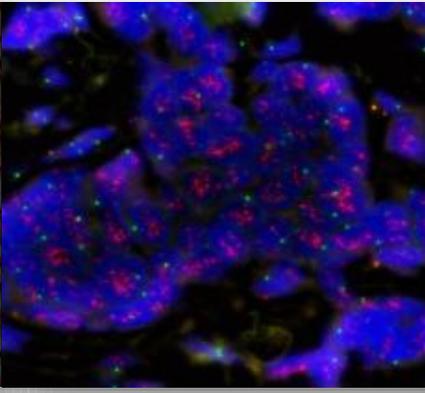
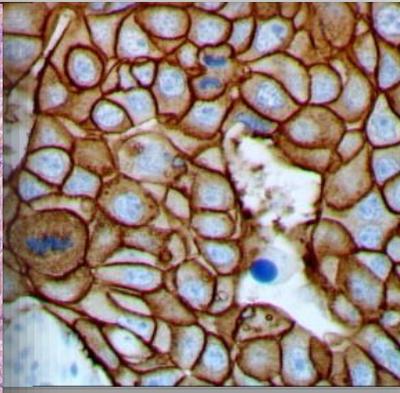
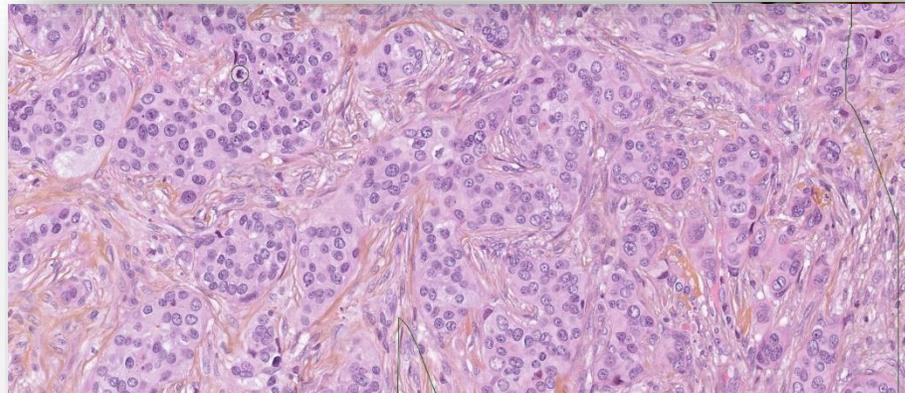
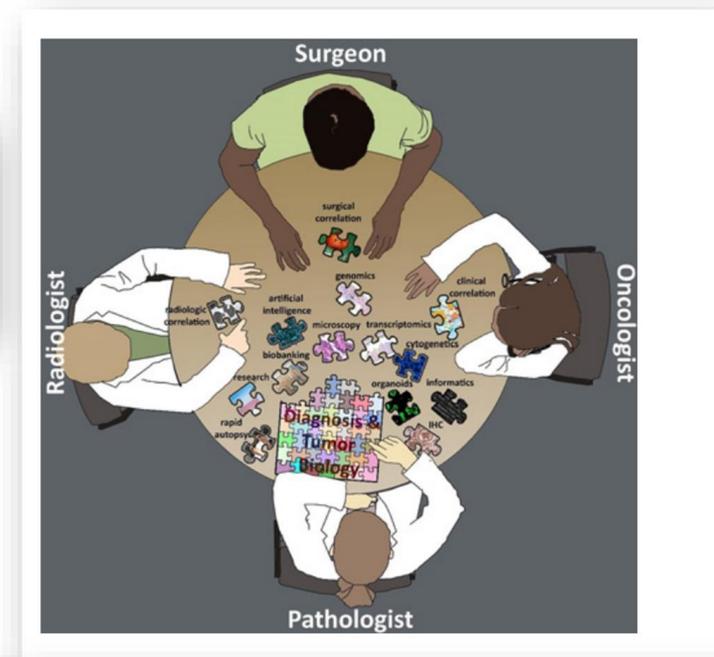
<b>Financial Interests</b>	<b>Advisory Board</b>	<b>Lectures honorarium</b>	<b>Institutional Research grant</b>	<b>Stock option</b>
AstraZeneca	x	x	x	
Daiichi Sankyo	x			
Ibex	x	x	x	x
MSD		x	x	
Primaa	x	x	x	
Roche	x	x		
Owkin			x	
Novartis	x			
Gilead		x		
<b>Non-Financial Interests</b>				
RUBAN ROSE association, Member of Board of Directors				

# Le pathologiste intègre les données cliniques, pathologiques (anatomiques, histologiques, phénotypiques) et moléculaires



CLINICAL CANCER RESEARCH | PERSPECTIVES

**Pathology: Hub and Integrator of Modern, Multidisciplinary [Precision] Oncology**  
The AACR Pathology Task Force



# Transition numérique d'un service de pathologie :



1- **Processus long** qui nécessite l'engagement de toute l'équipe et un investissement financier +++

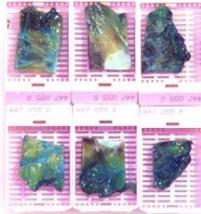
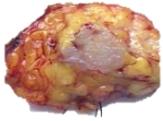
2- **Interopérabilité** entre les outils informatiques :

- Système de gestion informatique du laboratoire
- Système de gestion des images (PACS de la pathologie)
- **Scanner de lames (format DICOM encore très incomplètement utilisé)**

3- **Capacité de stockage**

# La numérisation en pathologie : une étape supplémentaire dans le workflow technique

## Coupes & Colorations



### Systèmes d'acquisition des images

- Macropath, Milestone
- VZ-R, Ipevo



### Photos macroscopiques de prélèvements

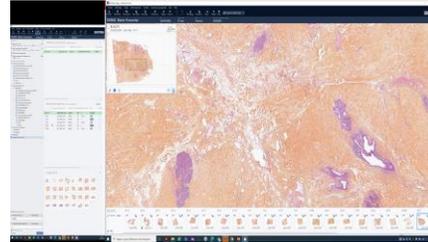
### SCANNERS

HAMAMATSU  
Cytologie, recherche, scanner de secours  
LEICA : diagnostic  
EXCILONE : FISH



### Production des lames digitales (HES et FISH)

- 4 LEICA GT450
- 1 HAMAMATSU Nanozoomer 360
- 2 Pathscan EXCILONE



### Examen des WSI par des pathologistes

SECTRA IDS7



- CR pathologiques standardisés structurés
- ARIANE sx® Dedalus
- Dossiers médicaux électroniques

### Système de gestion d'images (SGI)

### Système de gestion de laboratoire (SGL)

## Institut Curie Entrepôt de données de santé



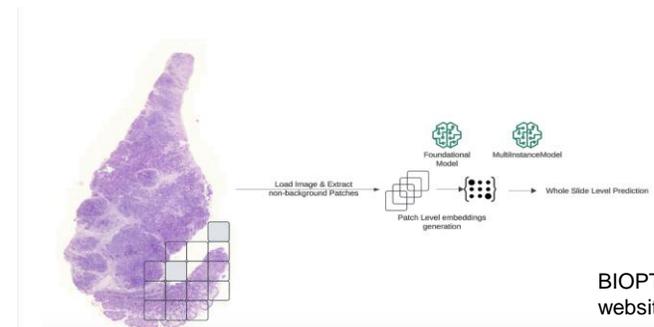
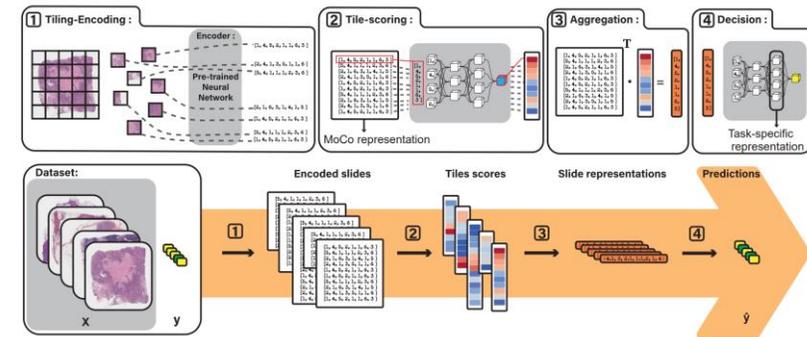
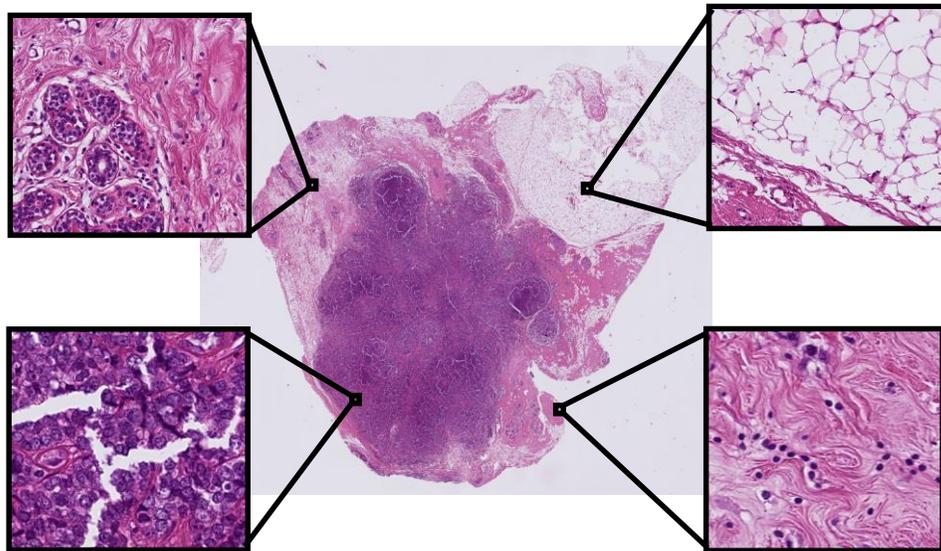
- HES: 350 000 lames/an
- 300 Mo-5Go par WSI
- Stockage de toutes les lames d'un cas durant 3 mois
- Stockage permanent pour 1 lames de référence

### STOCKAGE

**Coût total investissement : 1,8 M€**  
**Maintenance : ≈200k€**

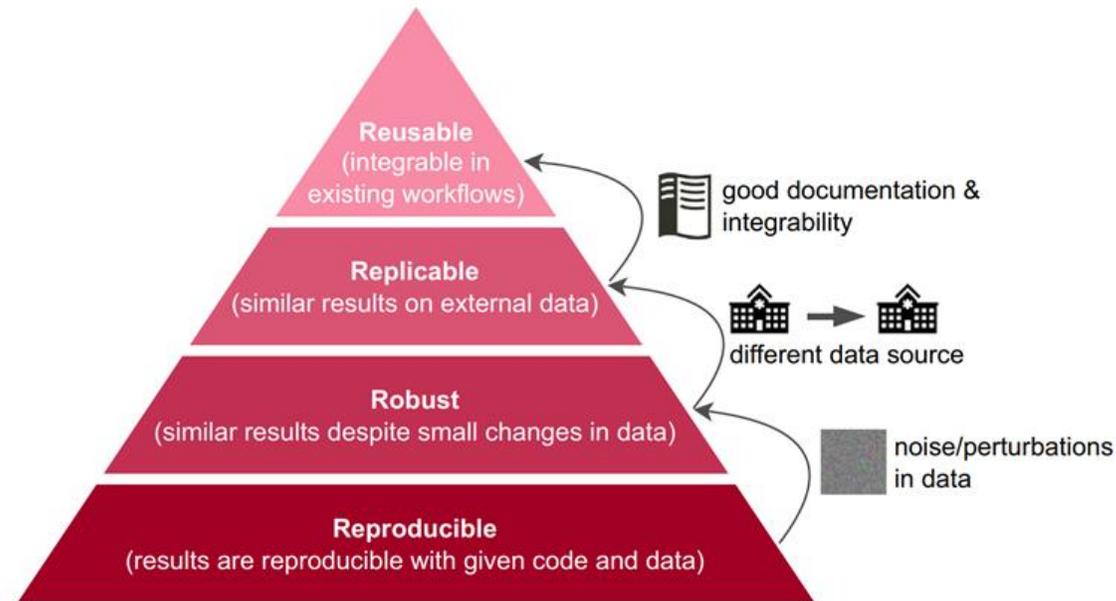
# Challenge pour le développement des algorithmes

Taille de chaque image : 1- 2GB; ~ 50.000 tuiles de 256x256 $\mu$ m



# Qualités essentielles avant l'utilisation des algorithmes en pratique clinique

---

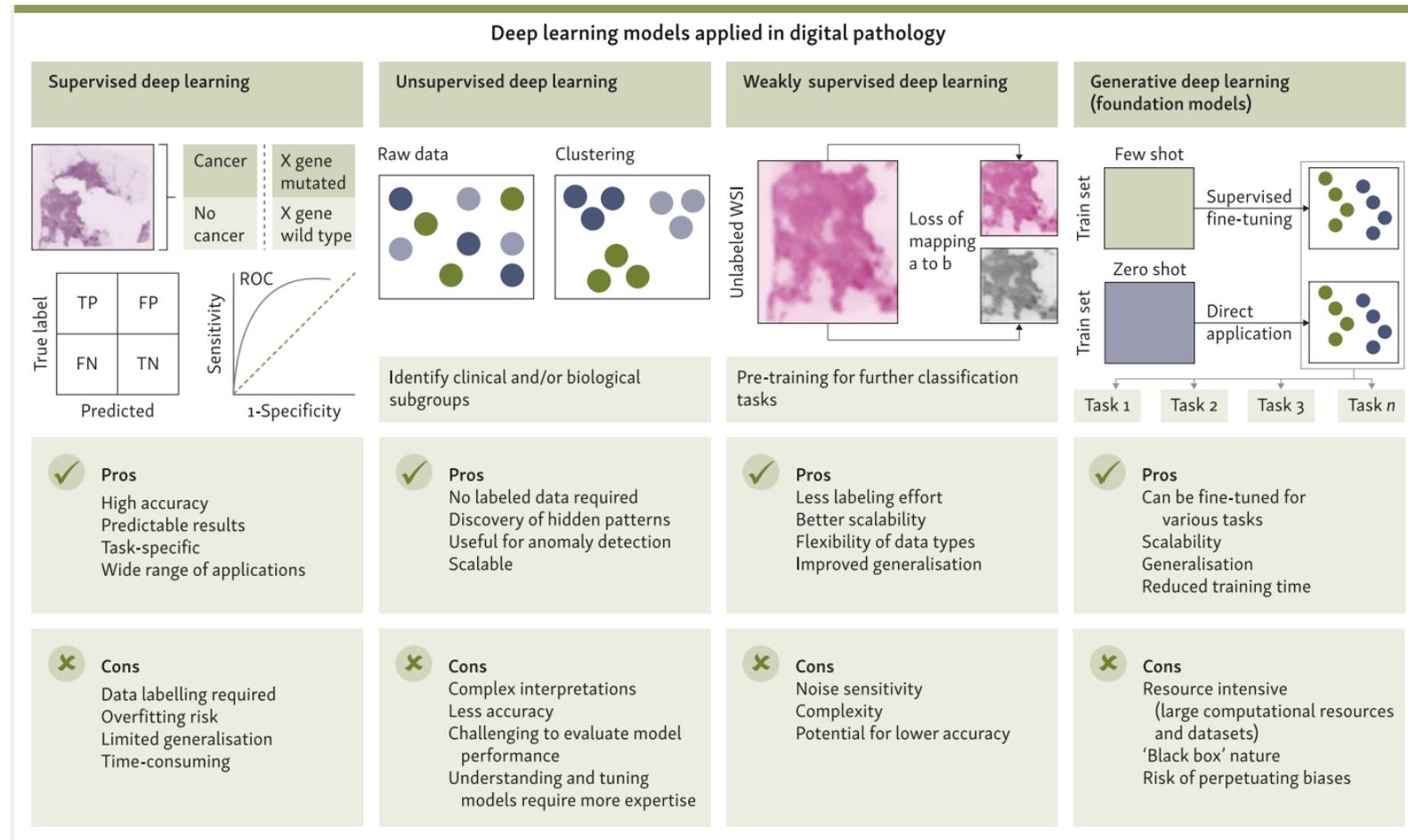


**Figure 2.** Reproducibility, robustness, replicability, and reusability in the context of deep learning algorithms for computational pathology.

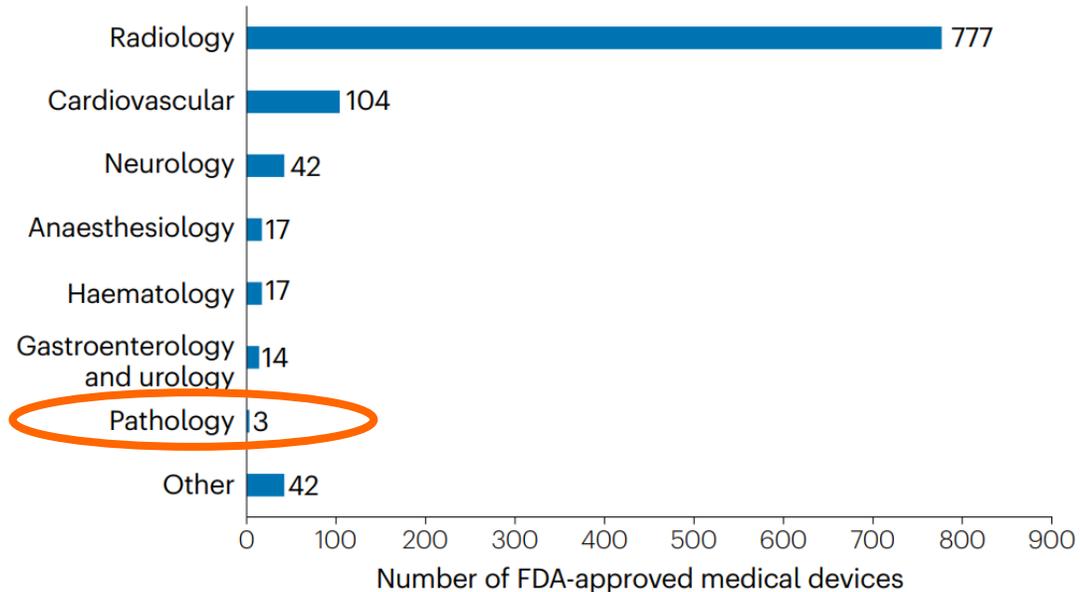
Sophia J. Wagner et al. / Mod Pathol 37 (2024) 100350

# Outils d'IA pour l'analyse des images de pathologie

## Un champ de recherche et d'innovation très rapide !



# Les applications validées par la FDA pour la pratique clinique



2025: 4 algorithmes en pathologie approuvés par la FDA

Date of Final Decision	Submission Number	Device	Company	Panel (lead)	Primary Product Code
01/31/2024	<a href="#">DEN210035</a>	Genius Digital Diagnostics System with the Genius Cervical AI algorithm	Hologic Inc.	Pathology	QYV
11/08/1995	<a href="#">P940029</a>	PAPNET Testing System	Neuromedical Systems, Inc.	Pathology	MNM
09/21/2021	<a href="#">DEN200080</a>	Paige Prostate	Paige AI	Pathology	QPN

Showing 1 to 3 of 3 entries (filtered from 1,016 total entries)

+ Ibex Prostate

# Quels outils d'IA en pathologie ?

---

## 1- Outils pour aider au diagnostic

- Ground truth = diagnostics des pathologistes
- Exemple: CI-TNS versus CCIS

## 2- Outils pour quantifier les marqueurs

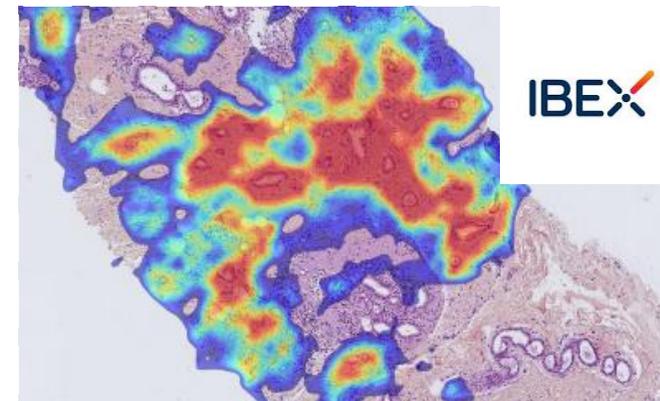
- Ground truth = evaluation semi-quantitative des marqueurs par les pathologistes
- Exemple: quantification HER2

## 3- Outils pour prédire des taches complexes

- Définition du pronostic, de marqueurs moléculaires, réponse au traitement néoadjuvant)
- Ground truth = mutation(s), status HRD, RCB...

# Validation and real-world clinical application of an artificial intelligence algorithm for breast cancer detection in biopsies

Judith Sandbank<sup>1,2</sup>, Guillaume Bataillon<sup>3,7</sup>, Alona Nudelman<sup>1</sup>, Ira Krasnitsky<sup>2</sup>, Rachel Mikulinsky<sup>2</sup>, Lilach Bien<sup>2</sup>, Lucie Thibault<sup>3</sup>, Anat Albrecht Shach<sup>4</sup>, Geraldine Sebag<sup>2</sup>, Douglas P. Clark<sup>2</sup>, Daphna Laifenfeld<sup>2,8</sup>, Stuart J. Schnitt<sup>5,6</sup>, Chaim Linhart<sup>2</sup>, Manuela Vecsler<sup>1,2</sup> and Anne Vincent-Salomon<sup>3,8</sup>



	Number of Cases	Specimen Type	Invasive Ca AUC	DCIS AUC
Sandbank, 2022 <i>Test Set</i>	1998	CNB	0.998	0.999
Sandbank, 2022 <i>Validation set</i>	684	CNB	0.990	0.980
Assaad, 2023*	475	CNB	0.98	0.99
Shaker, 2024*	108	CNB	0.976	0.975
Lami, 2024	100	CNB	0.997	0.975
Broeckx, 2023*	248	Excisions	0.986	0.994

NPJ Breast cancer 2022

<https://doi.org/10.1016/j.clbc.2025.03.016>

<https://doi.org/10.1016/j.pathol.2024.02.009>

\*AUC – area under the ROC\*\* curve

\*\*The Receiver Operator Characteristic (ROC) curve plots the True Positive Rate against False Positive Rate at various threshold values and shows the performance of a classification model at all classification thresholds.

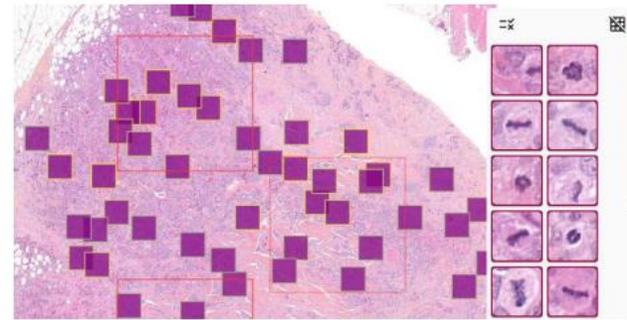
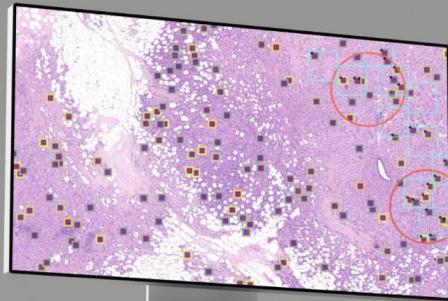
CE-IVD certified (per IVDR framework) and registered with the UK MHRA

# Compte des mitoses et diagnostic assistés par IA

## Primaa

CleoBreast®

An AI-powered primary diagnostic solution for breast cancer diagnosis, accredited with CE marking.



### Breast Cancer Suite: AI models

[Aiforia® Breast Cancer Grading →](#)

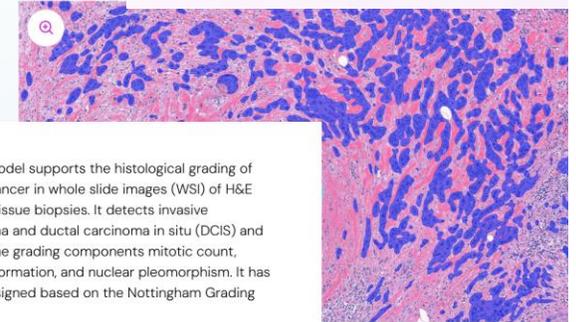
[Aiforia® Breast Cancer ER](#)

[Aiforia® Breast Cancer PR](#)

[Aiforia® Breast Cancer HER2](#)

[Aiforia® Breast Cancer Ki67](#)

[Aiforia® Lymph Node Metastasis](#)



The AI model supports the histological grading of breast cancer in whole slide images (WSI) of H&E stained tissue biopsies. It detects invasive carcinoma and ductal carcinoma in situ (DCIS) and scores the grading components mitotic count, tubulus formation, and nuclear pleomorphism. It has been designed based on the Nottingham Grading System.

Aiforia® Breast Cancer Grading is currently for Research Use Only (RUO) and for

Image from Loris Guichard. Evaluation du score mitotique des carcinomes mammaires infiltrants : développement et apport d'un algorithme de détection de mitoses. Anatomie, Histologie, Faculté de médecine Paris-Saclay, 2022 Français. ffNNT : ff. fftel-03984138

# Identification des métastases ganglionnaires

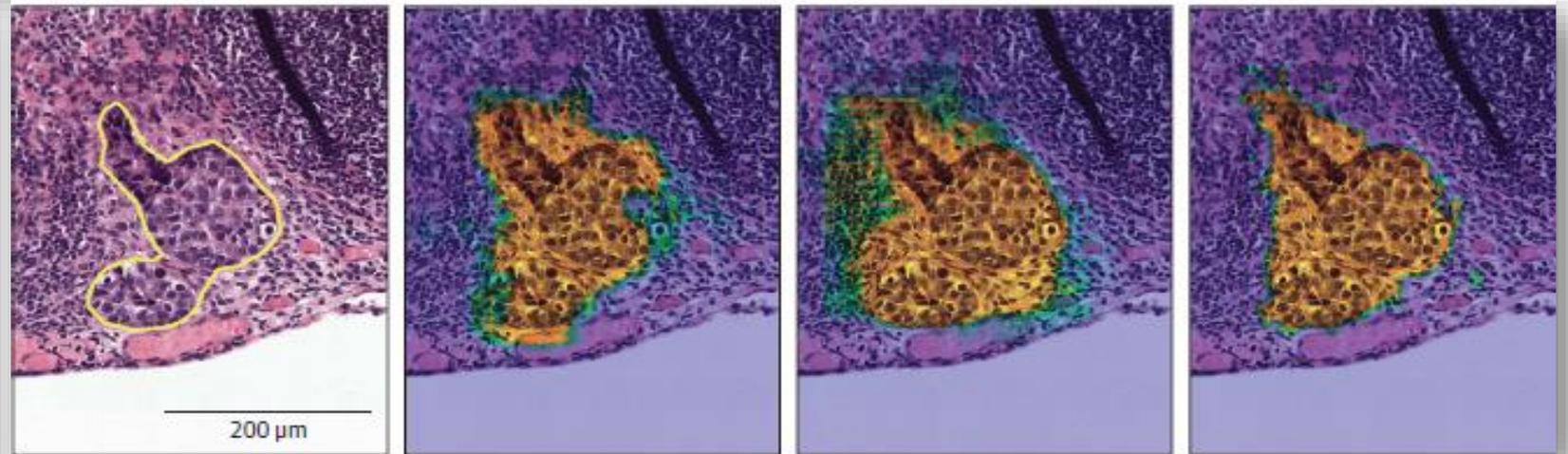
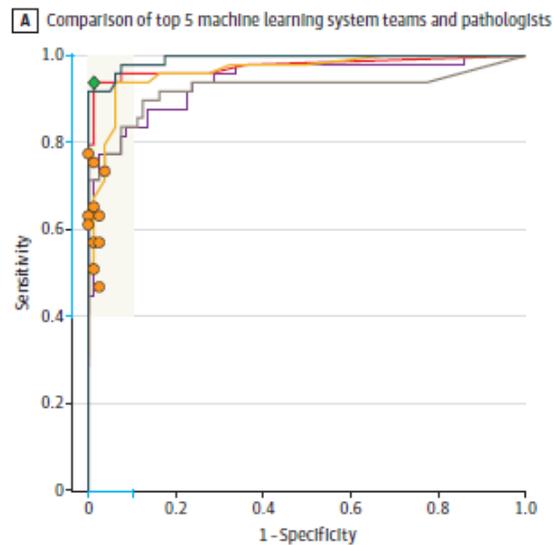
Solutions d'IA par PAGE AI, PRIMAA ...

JAMA | Original Investigation

## Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women With Breast Cancer

Babak Ehteshami Bejnordi, MS; Mitko Veta, PhD; Paul Johannes van Diest, MD, PhD; Bram van Ginneken, PhD; Nico Karssemeijer, PhD; Geert Litjens, PhD; Jeroen A. W. M. van der Laak, PhD; and the CAMELYON16 Consortium

Top 5 algorithms had mean AUC comparable to pathologist interpretation (mean 0.960 vs 0.966)



# Quantification des MARQUEURS RO, RP, HER2, KI67, PDL1

**aiforia** Products Industry Resources News About us Investors Login Book a demo Contact us

## Aiforia Clinical Suites

**Clinical pathology solutions**

In the portfolio we have different Aiforia Clinical Suites for some of the most prevalent cancers in the world: prostate, breast, lung, and more...

The Suites are a portfolio of tools containing a clinical viewer, platform for QC and adaptation and an AI model for diagnostic support. Explore our already CE-IVD marked tools and what's to come!

SCROLL

**Paige** About Solutions Careers News Resources Contact

**PRESS RELEASE**  
June 15, 2023

## Paige Applies the Power of AI to Improve Breast Cancer Diagnoses with the Launch of its Expanded Breast Suite

Paige

**Primaa** Our solutions Request a demo

## CleoBreast

An AI-powered primary diagnostic solution for breast cancer diagnosis, accredited with CE marking.

Request a demo

Biomarkers detection  
Calcifications

**DiaDeep** Live it!

## DiaDeep develops clinical tools to identify the most effective anti-cancer treatment for the best matching patients

Our technology is designed to generate the most accurate molecular data from histology slides within minutes, which will lead to better diagnosis and treatment of disease.

For more

Patients with cancer might undergo inefficient, expensive treatments with significant side effects & other patients miss the chance for an effective targeted therapy.

Identifying the best line of treatment for precision oncology starts with

- Predictive biomarkers
- Treatment identification
- Outcomes prediction

**VISIOPHARM** Research Diagnostics Quality APP Center Resources Features Get a demo

Stay ahead

## Realize the opportunities of AI-driven precision pathology

Get a demo CONTACT us

**IBEX** Company Solutions Technology Partners Resources Careers Contact

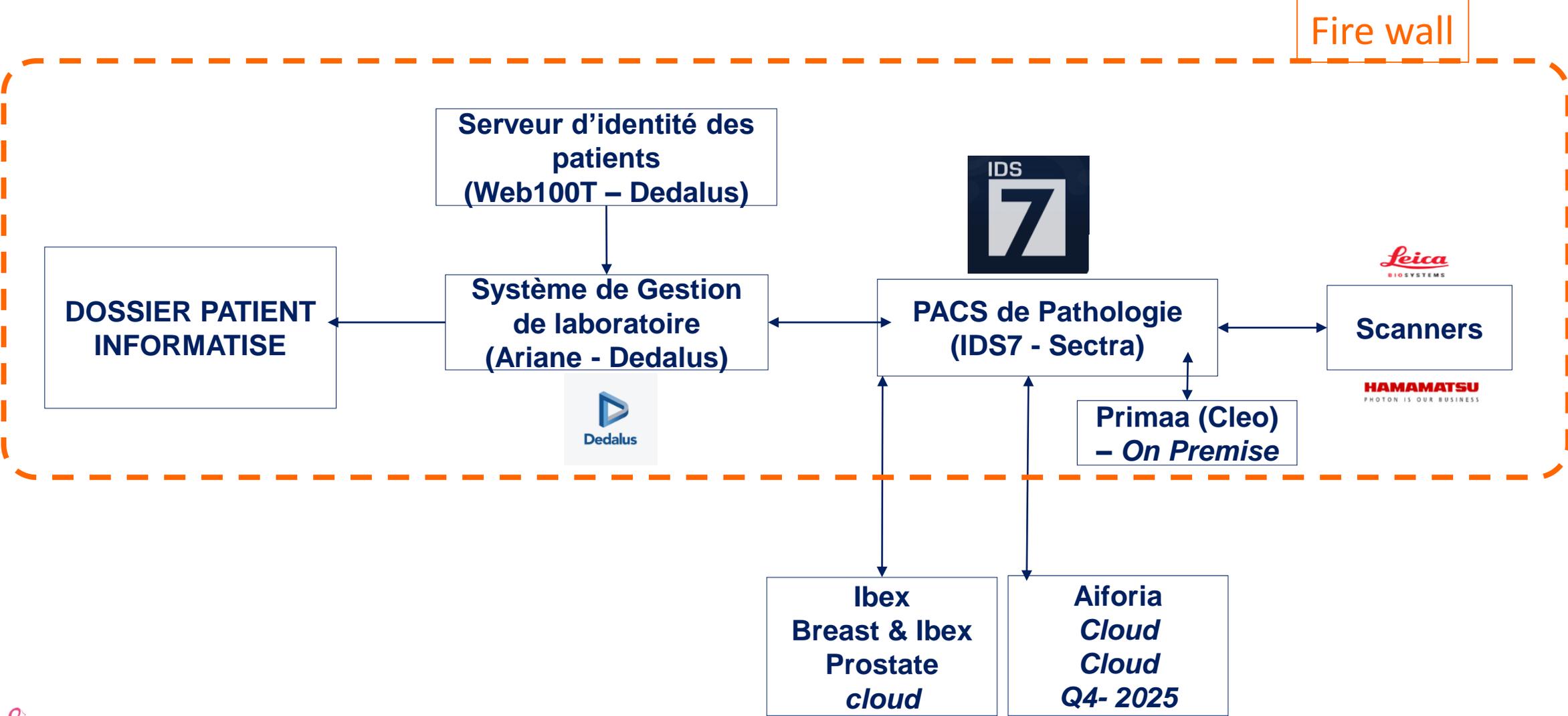
## Transforming Cancer Diagnosis

- Deployed in multiple digital workflows and used by pathologists in everyday practice
- Clinical grade accuracy
- Improved productivity and shorter turnaround time
- Reduced error rate and 100% quality control
- AI-based diagnostic tools: case prioritization worklist, slide viewer, IHC preordering, cancer heatmaps, grading, measurements, non-cancer findings, AI-driven reporting

# AUCUN ALGORITHME A CE JOUR NE PERMET DE PRODUIRE UN CR DE PATHOLOGIE DU SEIN COMPLET

BREAST (core needle biopsies and surgical specimen)	lbex	Prima <sup>a</sup>	Aiforia
	Galen Breast	Cleo Breast	Breast Cancer Clinical Suite
Invasive carcinoma	available	available	available
DCIS	available	available	available
architecture score	planed	unavailable	available
Nuclear grade	available	planed (Q1 2025)	available
Identification of mitosis and mitotic score	-	available	available
Identification of $\mu$ cal	-	available	available
Vascular invasion	available	available (CE label on going)	available
Axillary lymph node metastases	planed	available	-
ER and PR quantification	planed	planed (Q1 2025)	available
HER2 quantification	available	planed (Q1 2025)	available
KI67 quantification	-	planed (Q1 2025)	available
TILS quantification	available	planed (Q1 2025)	-

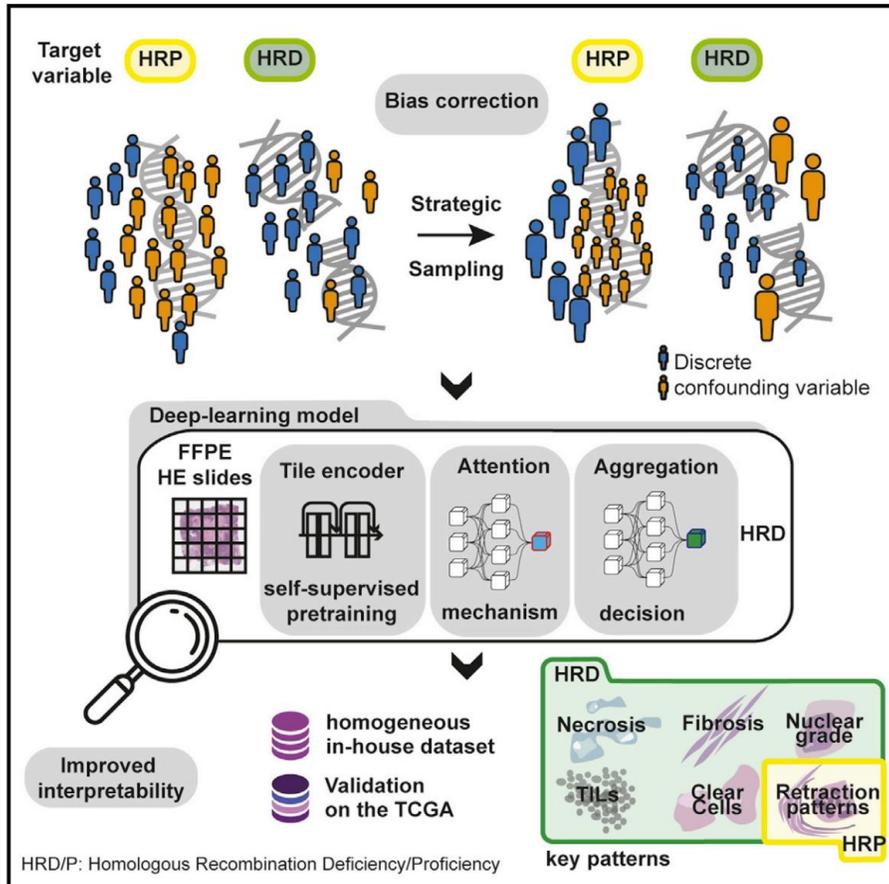
# Outils d'IA à Curie en 2025



## Article

# Deep learning identifies morphological patterns of homologous recombination deficiency in luminal breast cancers from whole slide images

Tristan Lazard,<sup>1,2,3,13</sup> Guillaume Bataillon,<sup>2,3,4,11,13</sup> Peter Naylor,<sup>1,2,3,12</sup> Tatiana Popova,<sup>5</sup> François-Clément Bidard,<sup>6,7</sup> Dominique Stoppa-Lyonnet,<sup>5,8</sup> Marc-Henri Stern,<sup>4,5</sup> Etienne Decencière,<sup>9</sup> Thomas Walter,<sup>1,2,3,13,\*</sup> and Anne Vincent-Salomon<sup>4,10,13,14,\*</sup>



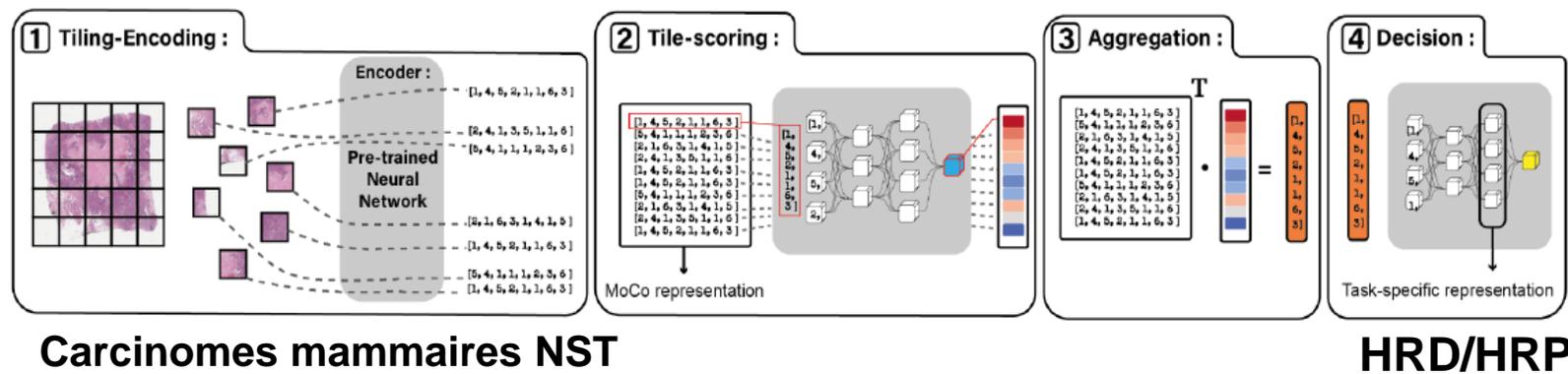
## Highlights

- Homologous recombination deficiency is predictable from H&E slides with high accuracy
- Biases in computational pathology data can be alleviated by strategic sampling
- We present a method to identify morphological patterns of complex phenotypes
- We identified five HRD- and two HRP-related morphological patterns

# Identification des tumeurs HRD en lien avec une mutation de *BRCA1* ou *2* à partir de lames HES par des algorithmes d'IA

## Deep Learning identifies new morphological patterns of Homologous Recombination Deficiency in luminal breast cancers from whole slide images

Tristan Lazard, Guillaume Bataillon, Peter Naylor, Tatiana Popova, François-Clément Bidard, Dominique Stoppa-Lyonnet, Marc-Henri Stern, Etienne Decencière, Thomas Walter, Anne Vincent Salomon

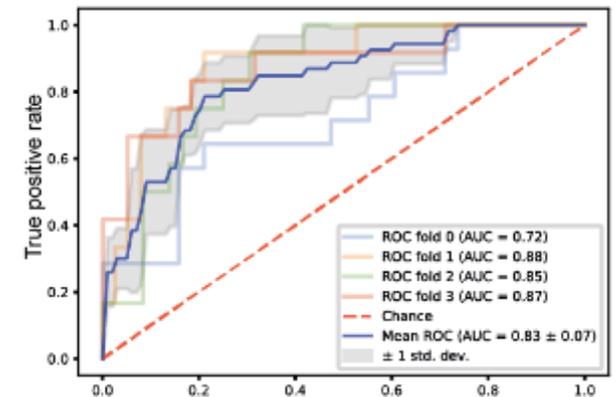


### Carcinomes mammaires NST

- 900 images microscopiques
- Label HRD (signature LST)

715 patients :

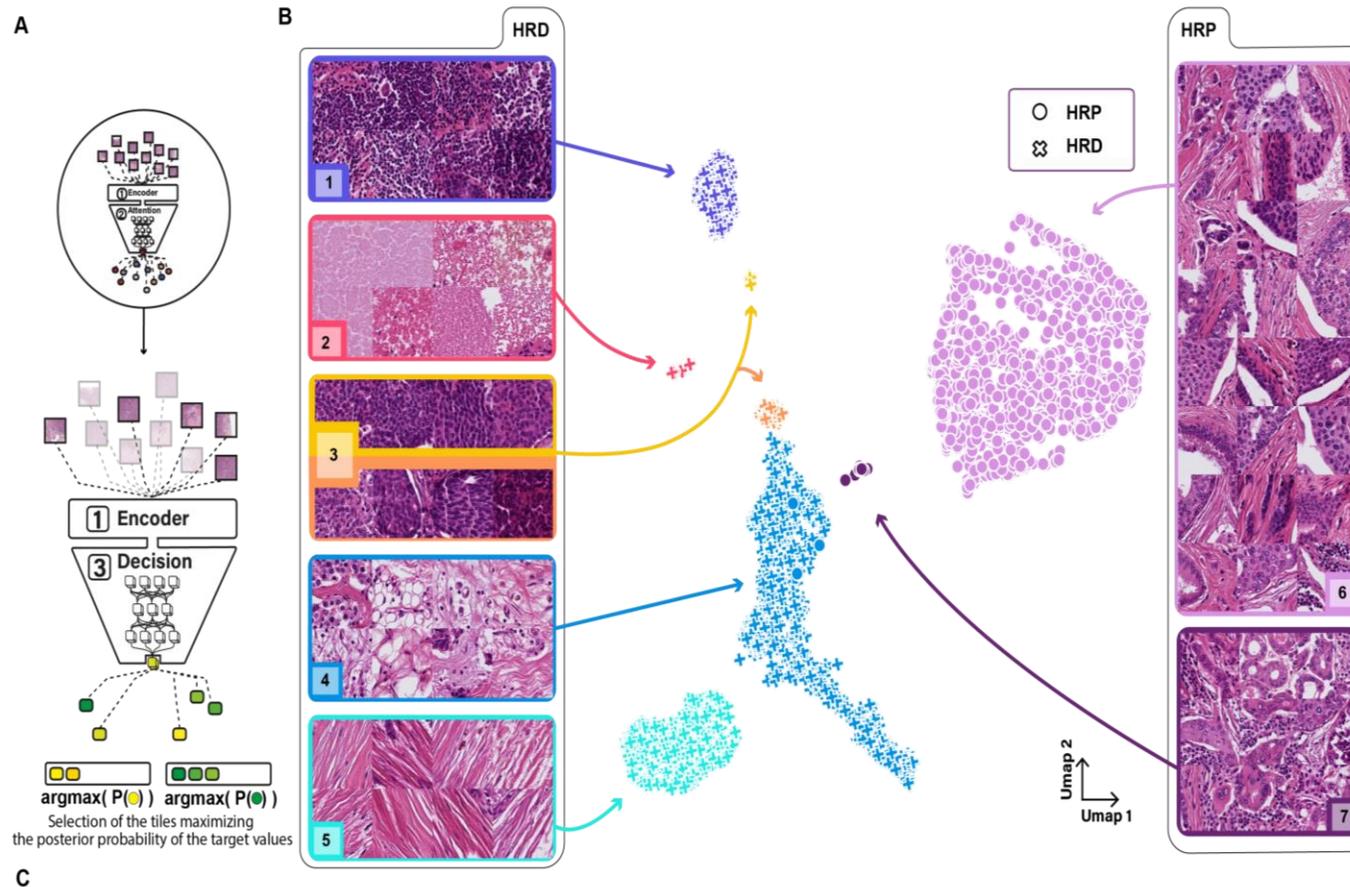
- 309 HRP (luminal = 284 ; TNBC = 25 )
- 406 HRD (luminal = 284; TNBC= 198)



Identifier les tumeurs HRD  
À l'aide d'images  
histologiques

**AUC = 0,83**

# Visualisation des tuiles et des patterns qui ont du poids dans l'algorithme



Clusters  
Des tuiles avec les patterns liés à la HRD ou la HRP

**1** High density of Tumor Infiltrating Lymphocytes TILs

**2** Hemorrhagic suffusion associated to necrotic tissue

**3** Basal/hyperchromatic carcinomatous cells with nuclear atypia

**4** Adipose tissue with inflammatory changes associated with clear tumor cells

**5** Laminated fibrosis

**6** Low tumor cell density and clear spaces around cell nests

**7** Clear space surrounding apocrine cell nests

# Conclusions (1)

---

- La généralisation de la transformation numérique pour les laboratoires de pathologie est impérative pour l'utilisation de l'IA
- Outils d'IA développés par la recherche académique ou par des start-ups
- Les nombreux algorithmes développés pour aider les pathologistes :
  - Pour le diagnostic du cancer du sein, des métastases des ganglions lymphatiques axillaires,
  - Pour augmenter la reproductibilité de l'évaluation des biomarqueurs (RO, RP, HER2, KI67, PDL1...)
  - Pour prédire des altérations moléculaires (HRD)
  - Pour prédire le pronostic
- Validation externe et correction des biais des algorithmes +++
- Un même algorithme ne produit pas toutes les informations nécessaires pour le CR d'ACP complet en sénologie en particulier.

## Conclusions (2) :

---

- Lame digitale = 300 Mo-5Go capacité de stockage +++
  - Problèmes d'interopérabilité entre PACS de pathologie & système de gestion de laboratoire
  - Format DICOM et de sécurité informatique +++ (Ressources H dans les DSI des établissements+++)
  - Le développement d'outils d'IA en pathologie mobilise les services de pathologie, les chercheurs académiques ou des acteurs industriels et les pouvoirs publics (ARS, HAS...)
  - Grand dynamisme de la profession ..... Mais des freins existent :
    - Coûts / modèles économiques
    - Contraintes RH (en pathologie; dans les DSI)
    - Numérisation de grandes cohortes de validation rétrospectives
-

# Remerciements

GAUTHIER Arnaud



WALTER Thomas, Tristan Lazard (PhD) & Raphaël Bourgade (PhD) ; NAYLOR Peter  
INSERM U1339 (ex U900)



TARIS Corinne, KLOUCH Khadidja, ANNETTE Laure,, LAMY Anne Florence, MENET Emmanuelle, ALLORY Yves, GONIN Julie, TOUTAIN Magalie, FUHRMANN Laetitia, GUENON Hélène, GOUDEFROYE Rémi et toute l'équipe de Pathologie

La DSI, Le staff de l'Institut des Cancers des Femmes de l'Institut Curie  
Les donateurs de l'Institut CURIE (Allianz)  
Astra-Zeneca (bourse de recherche); l'ARS-IF pour son soutien financier

Primaa



# À VOS AGENDAS

46<sup>ES</sup> JOURNÉES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE  
SÉNOLOGIE ET DE PATHOLOGIE MAMMAIRE

PALAIS DES CONGRÈS | BORDEAUX

DU **19** AU **21** NOVEMBRE 2025

Prise en charge  
et traitement  
personnalisés :  
(R)Évolutions  
récentes

Organisatrices

Monica Arnedos (Bordeaux)  
Christine Tunon de Lara (Bordeaux)

[www.senologie.com](http://www.senologie.com)

FMC : N° 42 67 04367 67

Contact : [stephanie.meyer@senologie.com](mailto:stephanie.meyer@senologie.com)

Avec le soutien institutionnel de

