

2ème Colloque national Contrôle de gestion hospitalier

# DIU IA ET SANTÉ

RETOUR D'EXPERIENCE  
D'UN CONTRÔLEUR DE  
GESTION



Nathalie L'Hostis, contrôeuse de gestion Senior

18 avril 2025



# Déclaration d'absence de conflit d'intérêt

---

En dehors de la société Pilar que j'ai fondée et que je dirige, je n'ai eu au cours des trois dernières années aucune affiliation, intérêt financier ou intérêt de tout ordre avec une société commerciale et ne reçois aucune rémunération, redevance ou octroi de service d'une société commerciale.



# LE DEROULEMENT DU DIPLOME UNIVERSITAIRE

Voir sous le capot

Pourquoi ce DU (et pas un autre) ?

# PRATIQUER REELLEMENT L'IA

- **16 jours** de formation : 3 x 1 semaine en présentiel + cours en distanciel
- 110 heures de cours (et sans doute autant de travail personnel et révision)
- Une **quatrième saison**, signe d'antériorité
- De la pratique, de la théorie, des rencontres avec les porteurs de projets médicaux
- Une organisation hospitalo-universitaire

+ info



## Le contenu

# PRATIQUER REELLEMENT L'IA

- **Machine learning**
- **Deep learning**
- **NLP** (Natural Language Processing)
- IA et **droit** (IA Act, RGPD etc...)
- Données **omics**, dont avec approfondissement sur la radiomique
- Innovations en santé
- **TD de code et langage Python** (statistical learning, machine learning, deep learning).
- Approche interdisciplinaire, avec intervenants académiques et professionnels (médecins, chercheurs, juristes, industriels)

+ info



# LES APPRENTISSAGES

Des maths, des stats, du code, du droit et des expériences

# UNE DEFINITION

L'intelligence artificielle existe depuis longtemps...

La conférence de **Dartmouth** (Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence) est un atelier scientifique organisé durant l'été **1956**, qui est considéré comme l'acte de naissance de l'intelligence artificielle en tant que domaine de recherche autonome.

Deux approches se disputent :  
bottom-up et top-down

« Construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique »

- ☒ **Mimer** l'intelligence humaine à l'aide de programme informatique
- ☒ Ce n'est pas une science, mais un **domaine scientifique**
- ☒ Approche symbolique / connectiviste, la seconde prenant le pas sur la première

# DES METHODES D'APPRENTISSAGE

Prédire et tout sauf intelligent

	Supervisé		Non supervisé	
	Classification	Régression	Clustering	Réduction de dimensions
Statistical Learning	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ Régression Logistique</li><li>⊕ LDA : Analyse Discriminante Linéaire</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ Modèle Linéaire (Régression Linéaire)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ GMM : Modèle de Mélange Gaussien</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ PCA : Analyse en Composantes Principales</li></ul>
Machine Learning	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ Random Forest</li><li>⊕ k-NN</li><li>⊕ SVM : Machine à Vecteurs de Support</li><li>⊕ Réseau de neurones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ Random Forest</li><li>⊕ k-NN</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ k-means</li><li>⊕ Clustering Hiérarchique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>⊕ VAE : Auto-Encodeur Variationnel</li><li>⊕ t-SNE : t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding</li></ul>

↳ Savoir identifier les situations pour utiliser le bon modèle

- ⊕ **Dataset** = Sous-ensemble d'entraînement (train + validation) + Sous-ensemble de test → matrice de **n** observations et **p** variables
- ⊕ Validation croisée (**VC**) : méthode permettant de tester les performances d'un modèle prédictif
  - ↳ Exemples :  $\lambda$  (Ridge & Lasso),  $k$  (k-NN)
- ⊕ Descente de gradient (**DG**) :
  - ↳ Exemples : Minimisation MSE (Linéaire),
- ⊕ Codage Disjonctif = One-Hot Encoder (**OHE** : encodage à chaud)

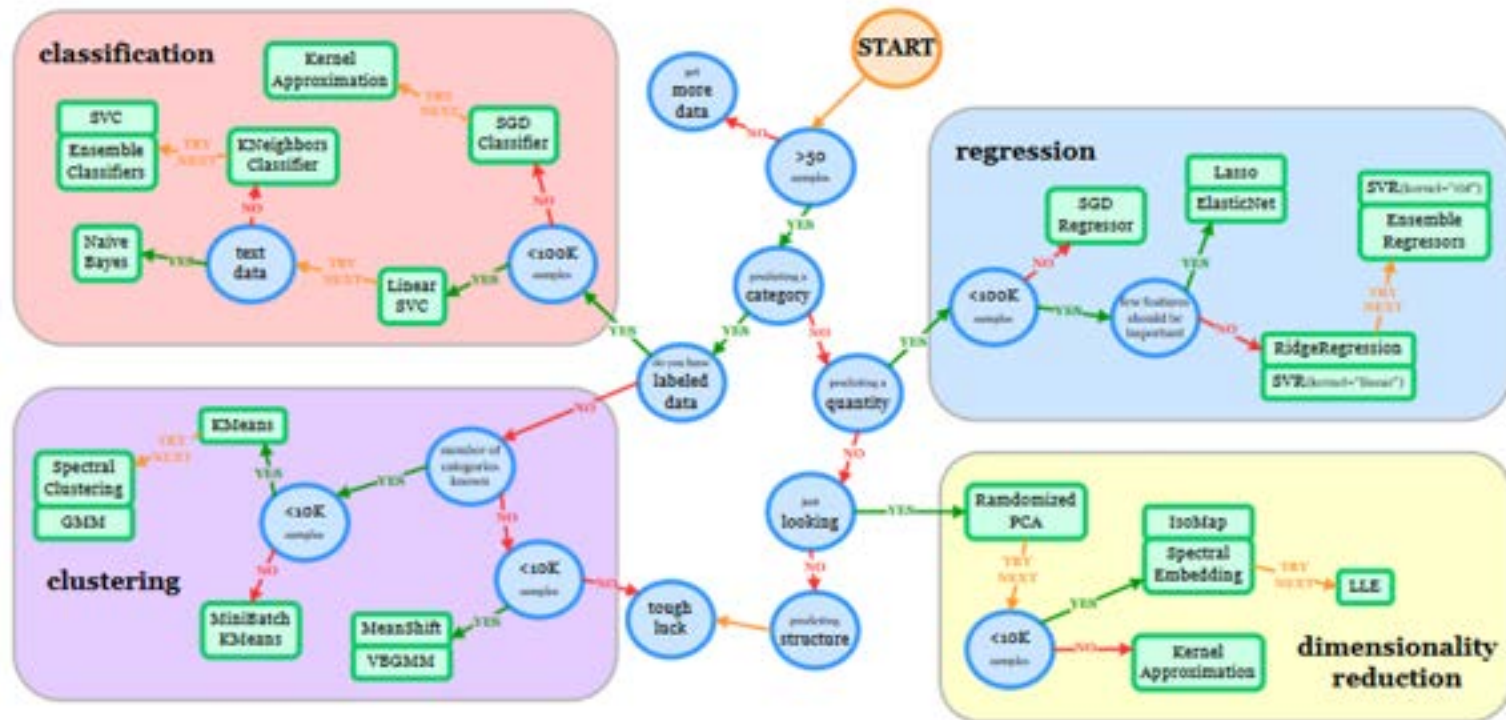
# DES METHODES STATISTIQUES

## Prédire et tout sauf intelligent

	Noms	Principes	(Hyper) Paramètres	Avantages	Inconvénients
Régression	<b>Modèle Linéaire</b> (peut être polynomiale)	Modèle simple et populaire / génératif Suppose une relation linéaire entre le label & les features (Minimisation des moindres carrés : MSE via DG)	$\beta$ et $\sigma^2$ estimable à partir des data	Rapide, sans hyper-paramètre Interprétable Si variable catégorielle → OHE	Trop simpliste Pas adapté si $p > n$ observations Sensible aux grandes dimensions
	L Ridge	Pénalise les grands coefficients de régression en fonction de leur norme L2 But : Stabilité face à la multicollinéarité	$\lambda$ (CV)	Augmente les performances Réduction du sur-apprentissage	Perte d'interprétabilité
	L Lasso (dispo NN + PCA)	Force certains coefficients à devenir = 0 en fonction de leur norme L1 But : Sélection de variables / Diminution des dimensions	$\lambda$ (CV) $\ \beta\ _1$ (LARS)	Augmentation stabilité Augmente l'interprétabilité Réduction du sur-apprentissage	Nécessite l'utilisation d'un algorithme itératif $\ \beta\ $ Peu performant pour données fortement corrélées
	L Elastic-net	Régression Ridge + Lasso	$\lambda$ Ridge + $\lambda$ Lasso + $\ \beta\ _1$ (CV indépendantes)	Évite sélectivité trop forte (Lasso) Conserve variables fortement corrélées	Plus de paramètres à ajuster
Supervisé	<b>Régression Logistique</b> (Ridge + Lasso)	Modélise la # entre les classes pour prédire la probabilité qu'une observation appartienne à une certaine classe Suppose que les variables explicatives ont une relation linéaire (Maximisation de la vraisemblance : mesure l'adéquation d'un modèle aux données)	$\beta$ (SGD : DG stochastique)	Méthode de référence Interprétable Fourni des probabilités Si variable catégorielle → OHE	Nécessite l'utilisation d'un algorithme itératif ( $\beta$ ) Classification binaire uniquement (One-vs-Rest, Softmax) Trop simpliste / sensible aux grandes dimensions Nécessite normalisation + équilibrage dataset
	<b>LDA</b> Analyse Discriminante Linéaire (Lasso)	Modélise la distribution de chacune des k classes L maximise la séparation entre plusieurs classes tout en minimisant la variance des classes. Suppose que chaque classe répond à une loi normale, centré sur une moyenne $\mu$ propre mais de covariance $\Sigma$ commune. Proportion de chaque classe : $\pi$ <b>Méthode de réduction de dimension / génératif</b> (Maximisation de la vraisemblance)	$\mu / \Sigma / \pi$ estimable à partir des data	Méthode de référence Rapide, sans hyper-paramètre Interprétable Fourni des probabilités Robuste (data non Gaussienne) Adapté $p > n$ observations	Données quantitatives uniquement Nécessite nbr dimensions $p < 25$ (HDDA, Lasso) Hypothèse de covariance identique (QDA) Sensible aux valeurs aberrantes Nécessite normalisation + équilibrage dataset Pas adapté si des classes ont des moyennes proches
	k-NN k plus proches voisins (Machine Learning)	Algorithme d'aide à la classification en fonction de la classe majoritaire parmi ses k plus proches voisins Distances : Euclidienne, Manhattan, Levenshtein (texte)... <b>Principalement utilisé pour remplacer les valeurs manquantes</b> L, k-NN imputer	k (itération / estimation)	Interprétable Pas sensible aux outliers Adapté à différents types de données L, Classification multiclass L, Texte, réseau L, Régression (moyenne)	Nécessite la conservation du dataset Lent à la prédiction (calcul de toutes les distances) Trop sensibles à la valeur de k Trop sensibles aux données (frontière décision) Nécessite normalisation + équilibrage dataset Nécessite une distance (catégories ?) Risque d'Over-fitting si k est petit (sensible bruit)

# CHOIX D'UN ALGORITHME

Avec les jeux de données, c'est LE sujet primordial pour tout projet



# MON RETOUR

Des découvertes, des constats, des compétences et des idées

A young girl with a joyful expression, wearing a school uniform and a backpack, stands in front of a chalkboard. The board is filled with mathematical content, including a diagram of a parallelogram with vertices labeled D, C, E, F, the formula  $A = b \cdot h$  circled, and the formula for the area of a trapezoid  $A = \frac{(B+b) \cdot h}{2}$ . Other faint formulas like  $P = DE$  and  $P = NI + IP + PR - 2M$  are also visible.

## CONCERNANT LE CONTROLE DE GESTION

**Indigence** de nos pratiques en contrôle de gestion hospitalier quant à l'utilisation des fonctions statistiques et de notre niveau en mathématique

Nous utilisons les chiffres, mais **nous ne faisons pas de mathématiques** ni de statistiques.

Ceci représente un **risque métier majeur** pour la formulation de nos avis, dans nos études et nos préconisations.

A young girl with a joyful expression is the central focus, wearing a school uniform and a backpack. Behind her is a chalkboard filled with mathematical diagrams and formulas, including a parallelogram with area  $A = b \cdot h$  and a trapezoid with area  $A = \frac{(B+b) \times h}{2}$ . The background is overlaid with a glowing blue circuit board pattern.

## CONCERNANT LE SUJET IA

L'intelligence artificielle, ce n'est pas de la **magie**, c'est de la **statistique** et un mécanisme de **prédiction**

Le vrai pouvoir, ce n'est pas l'IA, ce sont les mathématiques dans leur capacité à aider et prédire.

Question : faut-il chercher à tout prédire ?

Plus de ponts que de cloisons...

## LES POINTS COMMUNS AVEC LE CONTROLE DE GESTION

1) Le **démarrage** (d'une étude, d'une application) repose sur les mêmes enjeux et des approches similaires : quel besoin ? quelle méthode choisir ? quelle modalité pour y parvenir

2) Les **données** sont LE point commun entre des projets IA et le coeur de métier du contrôle de gestion : recueil, contrôle, qualité, mise en forme, restitution, évaluation...

3) Les **logiques** et les approches sont proches : exhaustivité, qualité, structuration, modèle mathématique...

Question : est-il normal que les contrôleurs de gestion ne soient pas dans les projets IA, ne serait-ce que pour la partie structure et expertise sur les données ?

En toute connaissance de cause...

## L'IA EST GENREE ET AUTRES BIAIS

Peu de femmes participantes : 4 /16

Les données d'apprentissage et de test sont le reflet de la société et des bases de données existantes.

Les biais représentent un **enjeu fondamental** pour la pérennité d'une application IA.

Un biais en IA santé est une **erreur systématique de mesure** dans les données d'entraînement qui conduit à une représentation inexacte de la population cible. Les conséquences d'un biais non corrigé peuvent inclure des décisions médicales erronées, des diagnostics incorrects et une discrimination contre certaines catégories de patients, entraînant une prise en charge inéquitable et potentiellement préjudiciable.

Poussé.e à être plus intelligent.e

## LES CONSTATS

L'**annotation** est très présente et majeure.

Cette pratique consiste à émettre un avis humain sur le jeu de données d'apprentissage (par exemple en imagerie)

L'intervention humaine reste indispensable et le concept de **garantie humaine** est acté pour les applications IA.



S'enthousiasmer

# CES DECOUVERTES SUPPLEMENTAIRES

Que de **couleurs** !

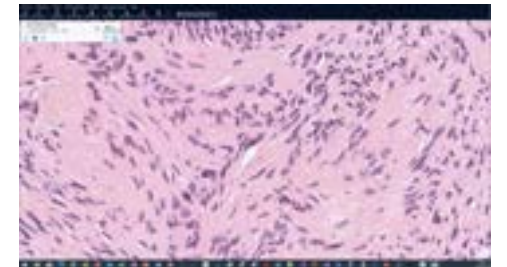
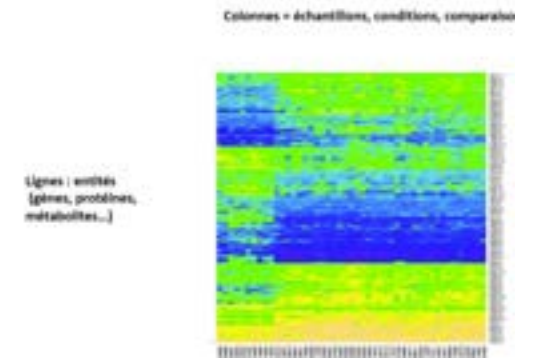
La **visualisation** et les représentations graphiques sont omniprésentes

Un univers d'outils et de bases **gratuites**, accessibles, codifiés (ex. outil DICOM avec orthanc, bibliothèques de calculs sur avec SckitLearn pour Python, jeux de données sur Kaggle, biobanques etc.).

Un sentiment de partage, de **co-construction** fondée sur la recherche, des équipes en réseau, des allers/retours université-entreprises

Les applications IA, notamment médicales, doivent faire l'objet d'un **marquage CE**.

Visualisation par heatmap



# MERCI !



[www.pilar-institute.com](http://www.pilar-institute.com)



33 (0)1 73 02 34 30



[contact@pilar-institute.com](mailto:contact@pilar-institute.com)