



MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

LA JOURNÉE DE LA DONNÉE

SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION

Mardi 03 juin 2025

Matinée **EN PRÉSENTIEL**

Après-midi **EN DISTANCIEL**

Cet événement est organisé par l'Administrateur Ministériel des Données, Algorithmes et Codes sources de la sphère ministérielle Solidarités - Santé avec l'appui de ses directions et opérateurs.



MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE**
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION

Mardi 03 juin 2025

L'IA en santé : promesses, réalités et vigilance

L'exemple du suivi de l'anesthésie augmenté

Thomas MOREAU, Inria

03/05/2025



MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

L'IA c'est quoi?

**LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE**
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION





MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

L'IA c'est quoi?

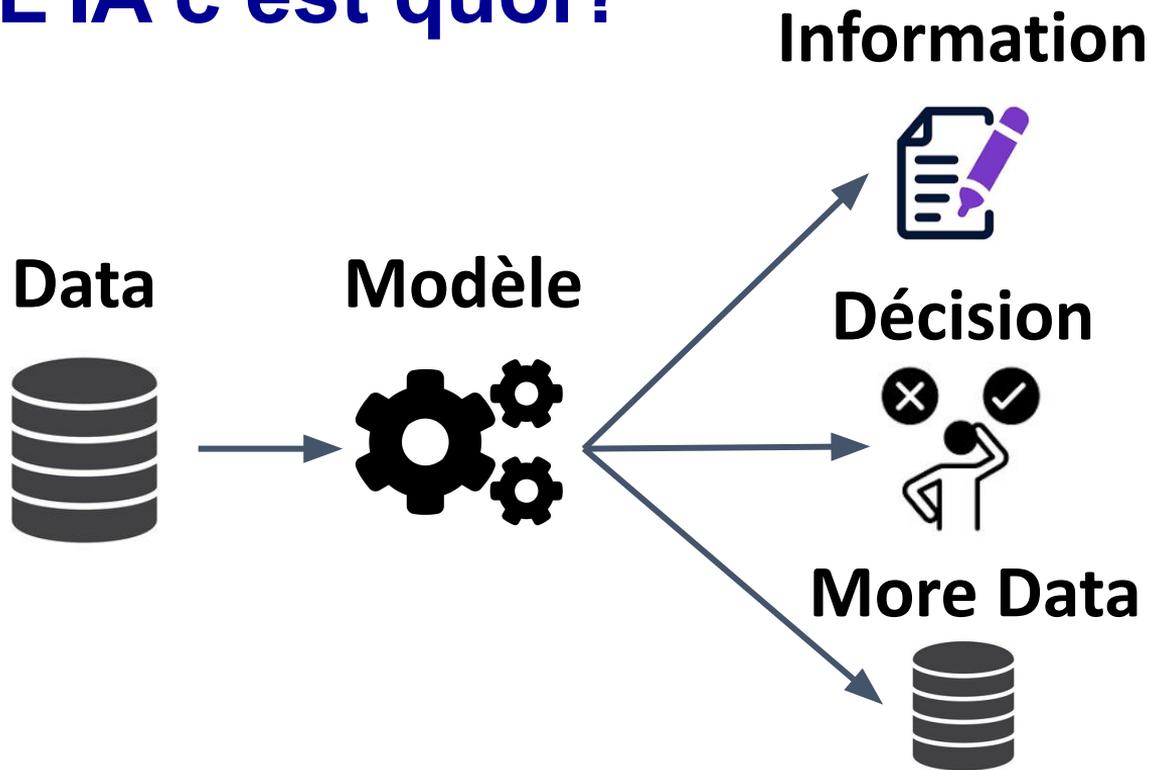
Automatiser des tâches
Organiser l'information
Créer de l'information?

Un système d'aide à la décision,
basé sur des données

**LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE**
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION



L'IA c'est quoi?





MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

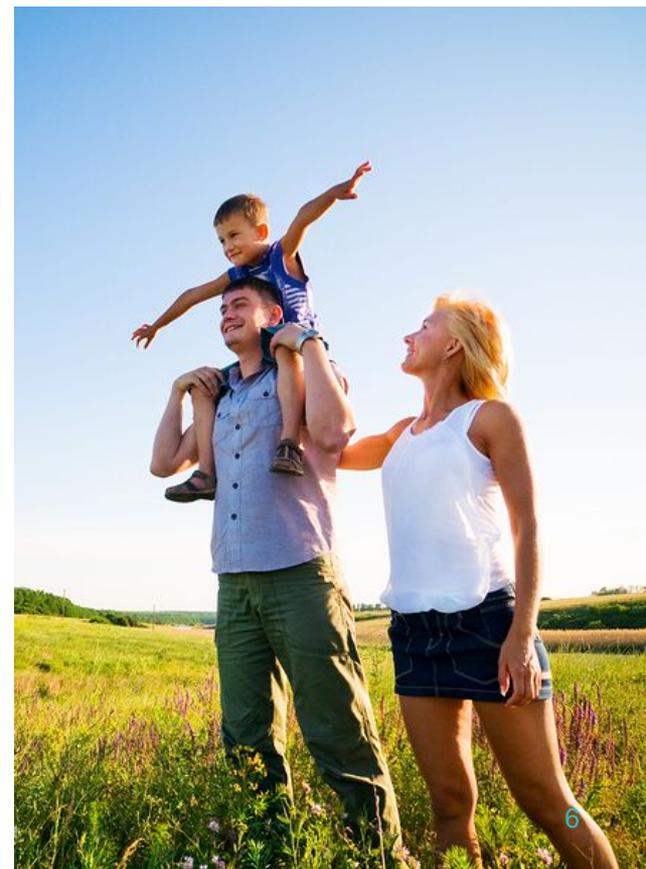
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Objectifs en santé?

Prendre de meilleures décisions

- pour le patient, à court et long terme
- pour la population

LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION





MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Objectifs en santé?

Prendre de meilleures décisions

- pour le patient, à court et long terme
- pour la population

Difficile à mesurer/quantifier

LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION





Objectifs en santé?

Prendre de meilleures décisions

- pour le patient, à court et long terme
- pour la population

Difficile à mesurer/quantifier

L'IA apprend et s'évalue à partir de buts quantifiables

Choisir un objectif revient à choisir
un moyen d'évaluer le modèle





MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

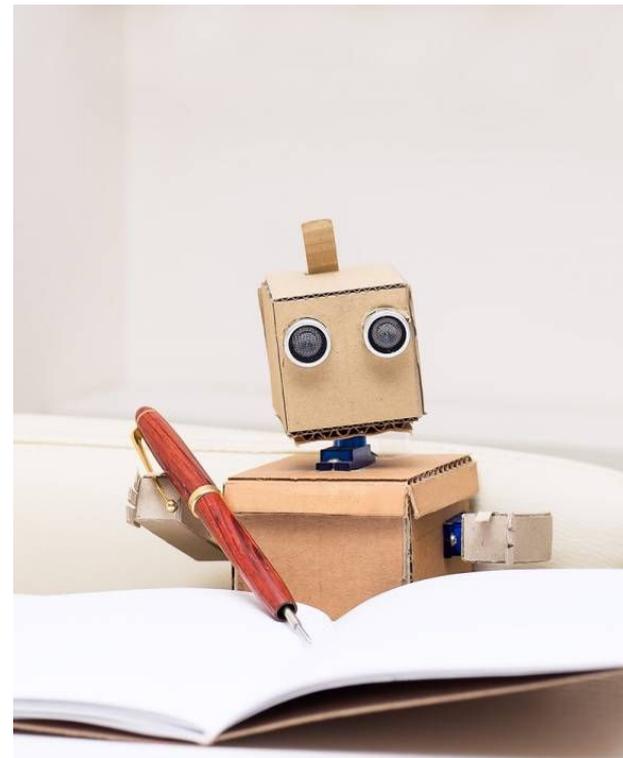
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Objectifs en santé?

- Automatiser des tâches connues/Planifier.

Assistance

LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION





Objectifs en santé?

- **Automatiser des tâches connues/Planifier.**
Assistance
- **Informer sur l'état de santé courant.**
Diagnostic





Objectifs en santé?

- **Automatiser des tâches connues/Planifier.**

Assistance

- **Informier sur l'état de santé courant.**

Diagnostique

- **Prédire l'état de santé future.**

Pronostic





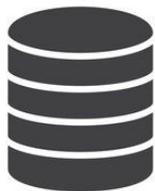
Objectifs en santé?

- **Automatiser des tâches connues/Planifier.**
Assistance
- **Informer sur l'état de santé courant.**
Diagnostic
- **Prédire l'état de santé future.**
Pronostic
- **Recommandation d'action.**
Prescription

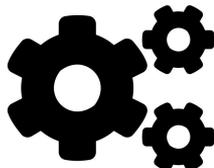


L'IA en santé

Data



Modèle



Description du patient
aujourd'hui et demain

Information



Décision



More Data



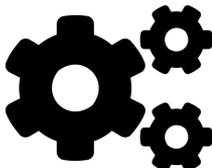
L'IA en santé

Quelles
données?

Data



Modèle



Description du patient
aujourd'hui et demain

Information



Décision

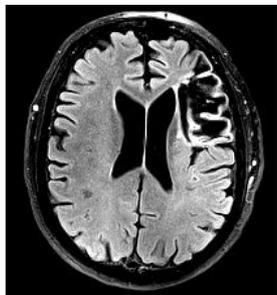


More Data





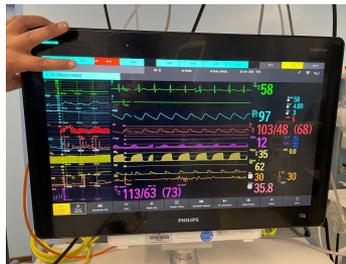
Les données d'examens



IRM



Séquençage



Sig. Physio.



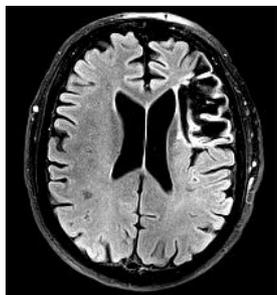
Biologie



Radio



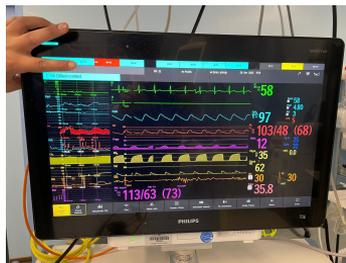
Les données d'examen



IRM



Séquençage



Sig. Physio.



Biologie



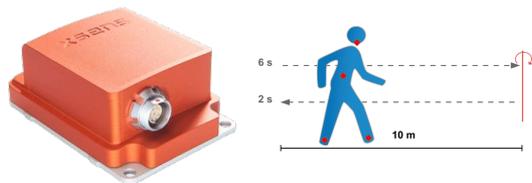
Radio

Données très précises

Coûteuses donc rares / peu liées à des infos long-termes



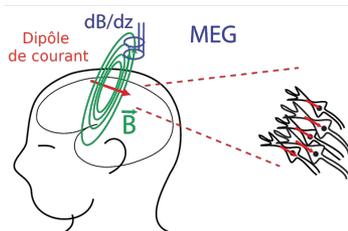
Focus: les données physiologiques



Analyse de la marche



Anesthésie



Neurosciences



Oculographie

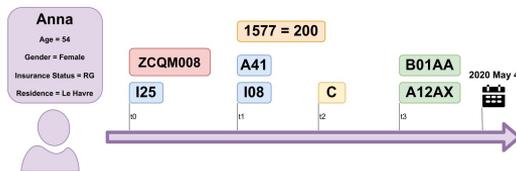


Montre connectée

Les données du dossier de santé

ATCD : BPCO post tabac, HTA , dysli
pidemie, polype colique(benin?) ttt chir
laparo mediane, ULCERE ESTOMAC
v TRALTEMENTS EN-COURS
Corgard
IEC. etc..
v HISTOIR3 DE LA MALADIE
Appar ition progressive de cephalée avec
cervlcalgie, sensations vertigineuses et
poussée tensionnelle. sueurs
v EXAMEN CLINIQUE INITIAL
HT A sym des 2 c0té.
non calmee par loxen 20.
BDC réguliers;pas de souffle;
pas de s d'IVG ni d'IVD.
MV bilat et sym. pas de bruits surajoutés;

Notes des médecins



Parcours patient

Données de facturation

Constante routinière

Remboursements

Données routinières / très bonne couverture

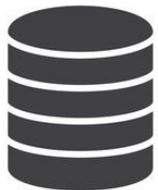
Données "sales" / pas formatées pour l'IA

L'IA en santé

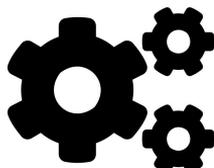
Dossier patient

Examen

Data



Modèle



Lien entre données
et objectifs

Description du patient
aujourd'hui et demain

Information



Décision



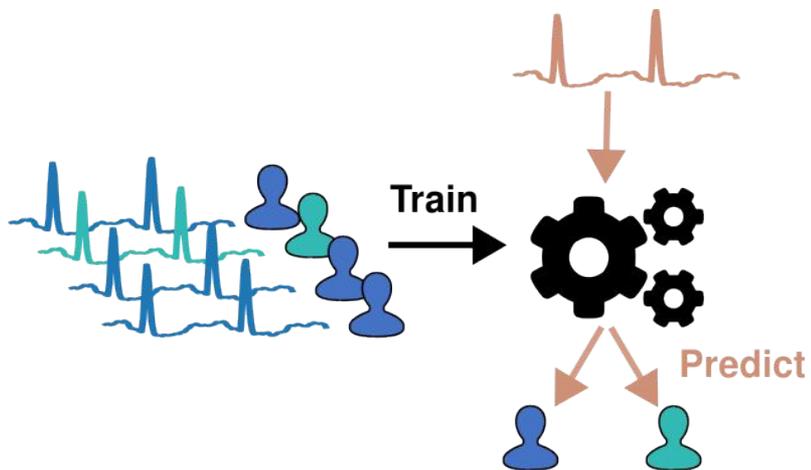
More Data



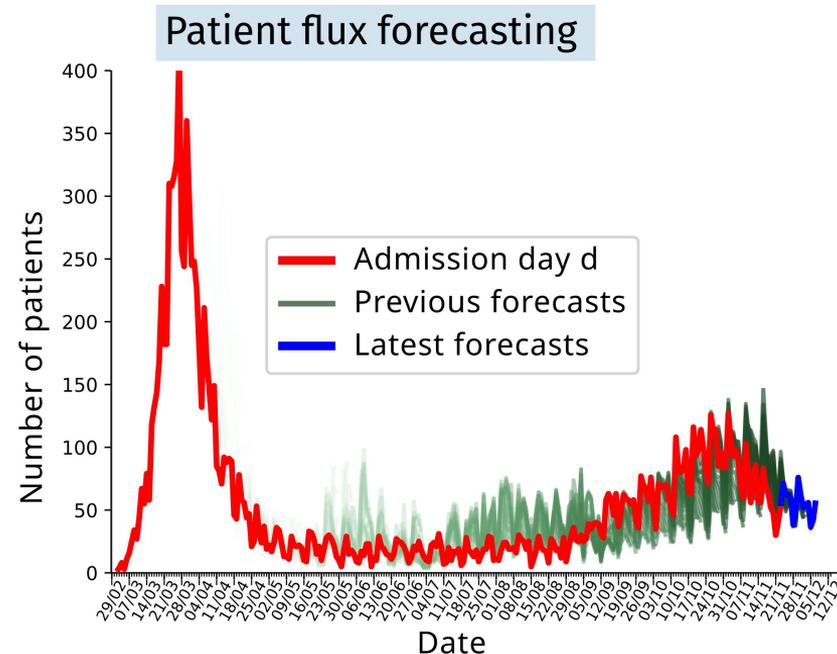
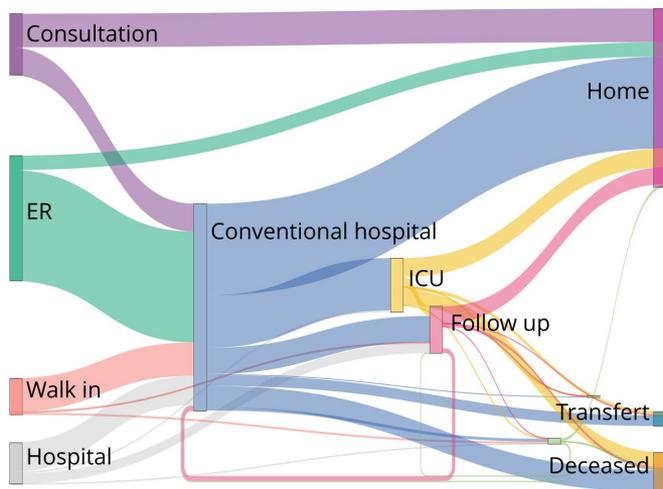


Apprentissage supervisé

- On apprend le lien avec des exemples.

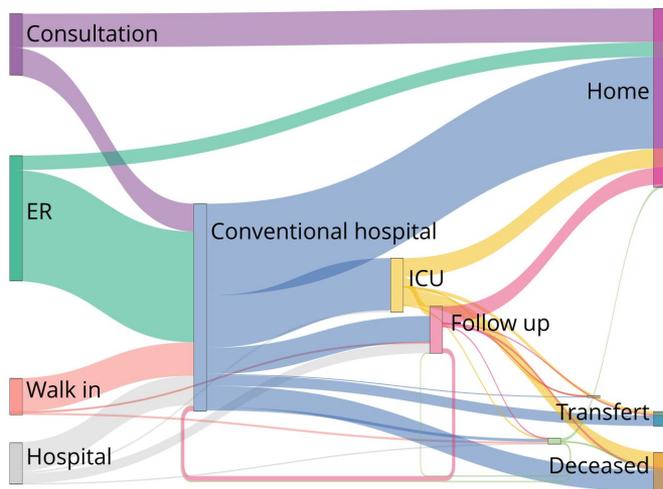


Apprentissage supervisé: Planification

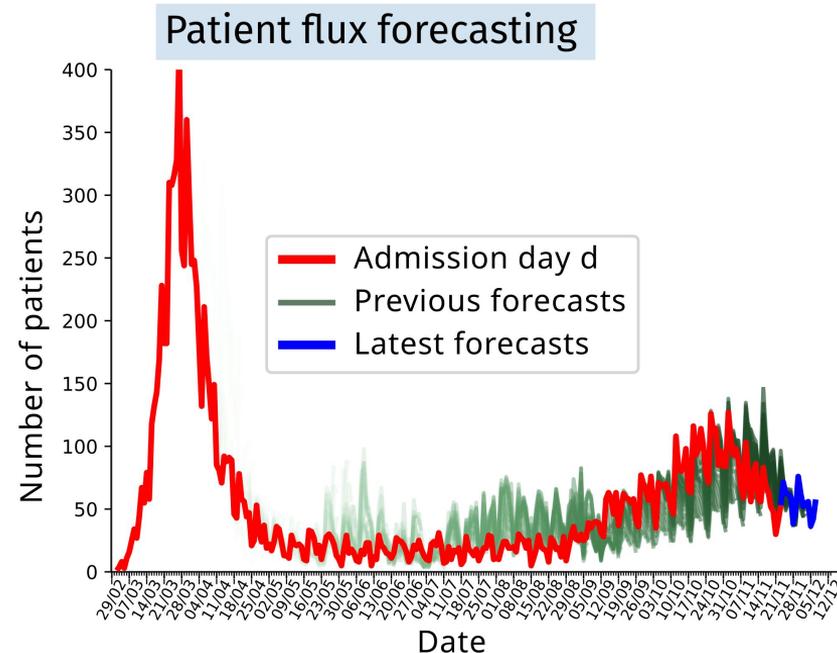




Apprentissage supervisé: Planification

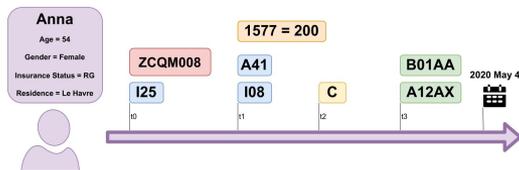


Un modèle fonctionne
principalement dans un
régime stationnaire



Apprentissage supervisé: Prévention

Donnée de l'assurance maladie

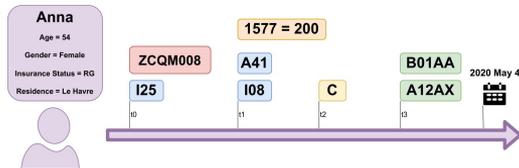


Prédire les conditions médicales futures

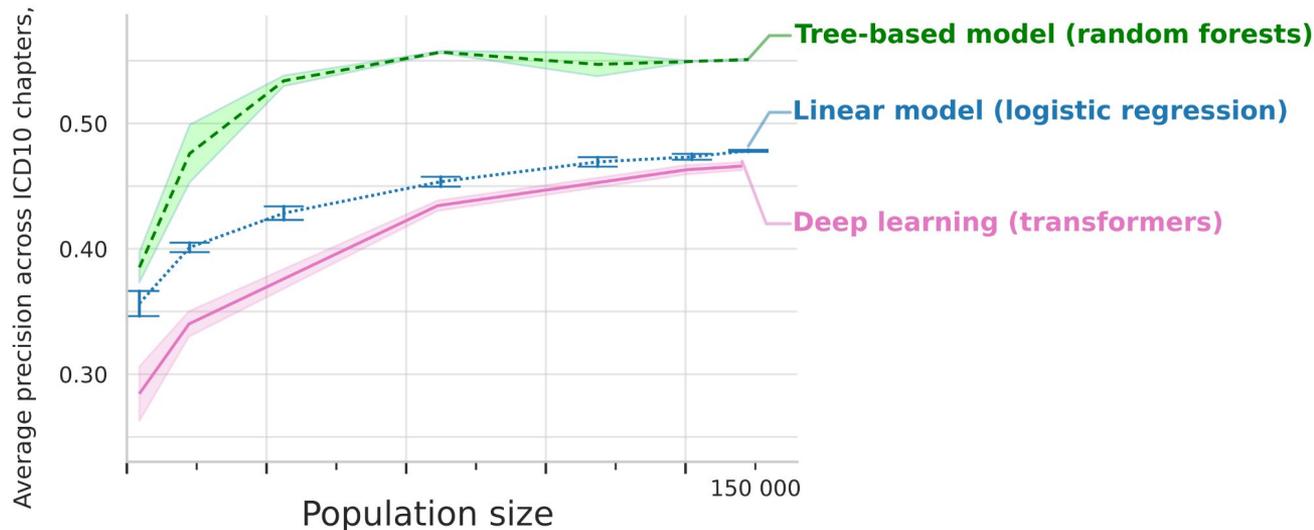


Apprentissage supervisé: Prévention

Donnée de l'assurance maladie



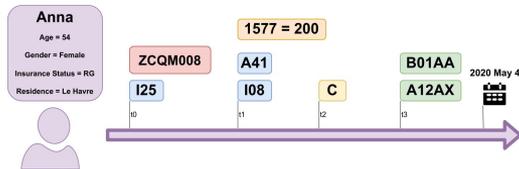
Prédire les conditions médicales futures



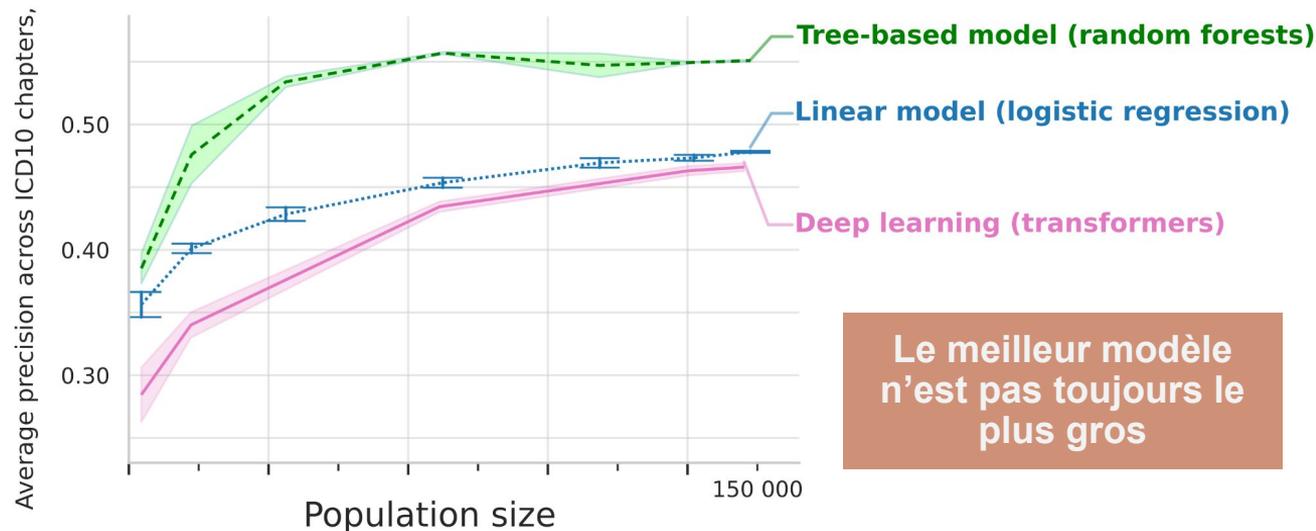


Apprentissage supervisé: Prévention

Donnée de l'assurance maladie



Prédire les conditions médicales futures



Le meilleur modèle
n'est pas toujours le
plus gros

Apprentissage supervisé: Diagnosis

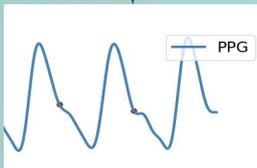


Discontinue (toutes les 5 min)

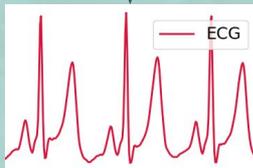
Obligatoire pour toute GA

Constantes Vitales
non invasives

PPG



ECG



Mesure continue

Invasive, risque d'infection
Cher en terme de ressources
durant l'opération
Optionnel

Utilisé comme la mesure
de référence





Apprentissage supervisé: Diagnosis

LaribDB

- Base de données constituée à Lariboisière
- 50k chirurgies (25Tb)
- Accès à un large contexte

- Accès restreint -> peu de ressource de calcul



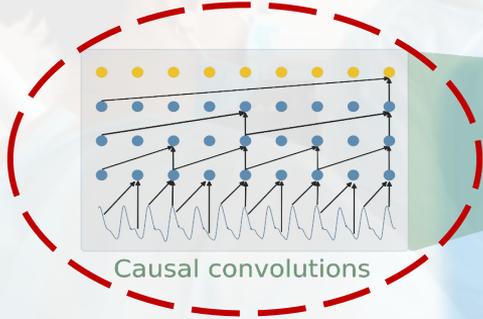
VitalDB

- Base de données Coréenne
- 5k chirurgies
- Contexte limité

- Accès ouvert et documenté

Apprentissage supervisé: Diagnosis

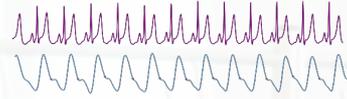
Convolutions causales



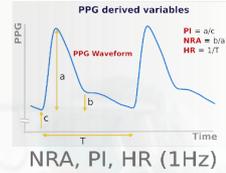
Causal convolutions



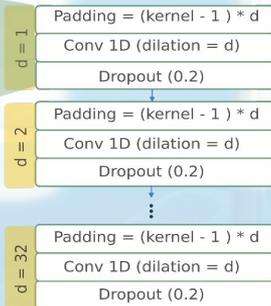
Cuff



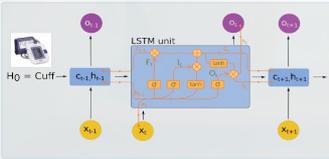
PPG, ECG (125 Hz)



NRA, PI, HR (1Hz)



AnesthNet



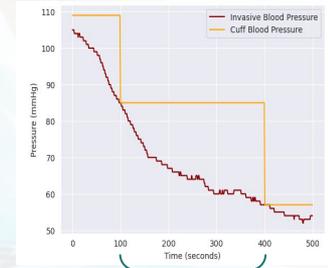
H₀ Initialization



Predicted MAP

Features:

La performance est évaluée entre deux mesures au brassard



Séquences de durée 300



Apprentissage supervisé: Diagnosis

Valide les **standards internationaux (BHS, AAMI)** et **surperforme** par rapport aux approches existantes

Le temps de calcul reste raisonnable pour un usage en temps réel dans la salle d'opération (~200ms sur 1 CPU).

Database	Models	Error Metrics		BHS Error Metrics		
		ME (mmHg)	MAE (mmHg)	$e \leq 15$ mmHg (%)	$e \leq 10$ mmHg (%)	$e \leq 5$ mmHg (%)
VitalDB	Mechanistic	-	-	-	-	-
	PulseNet	-1.1 (\pm 14.8)	11.6 (\pm 9.3)	33.1	60.1	78.7
	Wave-U-Net	-2.8 (\pm 12.8)	10.2 (\pm 8.7)	30.2	57.0	76.5
	PPG2BP-Net	-1.0 (\pm 8.2)	5.5 (\pm 5.1)	57.7	84.2	94.1
	AnesthNet (Proposed)	0.3 (\pm 6.3)	4.6 (\pm 4.7)	65.7	88.3	96.1
LaribDB	Mechanistic	-0.8 (\pm 14.2)	7.9 (\pm 11.9)	60.1	77.2	84.1
	PulseNet	3.7 (\pm 15.4)	11.7 (\pm 11.1)	31.8	59.2	79.4
	Wave-U-Net	-3.6 (\pm 14.3)	11.5 (\pm 9.2)	29.4	55.1	73.9
	PPG2BP-Net	6.9 (\pm 12.8)	10.7 (\pm 10.1)	35.1	62.1	78.7
	AnesthNet (Proposed)	0.2 (\pm 6.8)	3.8 (\pm 5.7)	72.1	91.2	95.3

Apprentissage supervisé: Diagnosis

Valide les **standards internationaux (BHS, AAMI)** et **surperforme** par rapport aux approches existantes

Le temps de calcul reste raisonnable pour un usage en temps réel dans la salle d'opération (~200ms sur 1 CPU).

Database	Models	Error Metrics		BHS Error Metrics		
		ME (mmHg)	MAE (mmHg)	$e \leq 15$ mmHg (%)	$e \leq 10$ mmHg (%)	$e \leq 5$ mmHg (%)
VitalDB	Mechanistic	-	-	-	-	-
	PulseNet	-1.1 (\pm 14.8)	11.6 (\pm 9.3)	33.1	60.1	78.7
	Wave-U-Net	-2.8 (\pm 12.8)	10.2 (\pm 8.7)	30.2	57.0	76.5
	PPG2BP-Net	-1.0 (\pm 8.2)	5.5 (\pm 5.1)	57.7	84.2	94.1
	AnesthNet (Proposed)	0.3 (\pm 6.3)	4.6 (\pm 4.7)	65.7	88.3	96.1
LaribDB	Mechanistic	-0.8 (\pm 14.2)	7.9 (\pm 11.9)	60.1	77.2	84.1
	PulseNet	3.7 (\pm 15.4)	11.7 (\pm 11.1)	31.8	59.2	79.4
	Wave-U-Net	-3.6 (\pm 14.3)	11.5 (\pm 9.2)	29.4	55.1	73.9
	PPG2BP-Net	6.9 (\pm 12.8)	10.7 (\pm 10.1)	35.1	62.1	78.7
	AnesthNet (Proposed)	0.2 (\pm 6.8)	3.8 (\pm 5.7)	72.1	91.2	95.3

Est-ce suffisant pour un usage clinique?



Apprentissage supervisé: Diagnosis

- **Le modèle est bon la plupart du temps.**
On résout donc la tâche supervisée initiale
- **Cependant, l'importance de la MAP est pour détecter l'hypotension.**
Il est important que le modèle suive les grosses variations!

**Il ne faut pas perdre de vue l'usage clinique!
L'évaluation doit être adaptée à l'usage**



MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

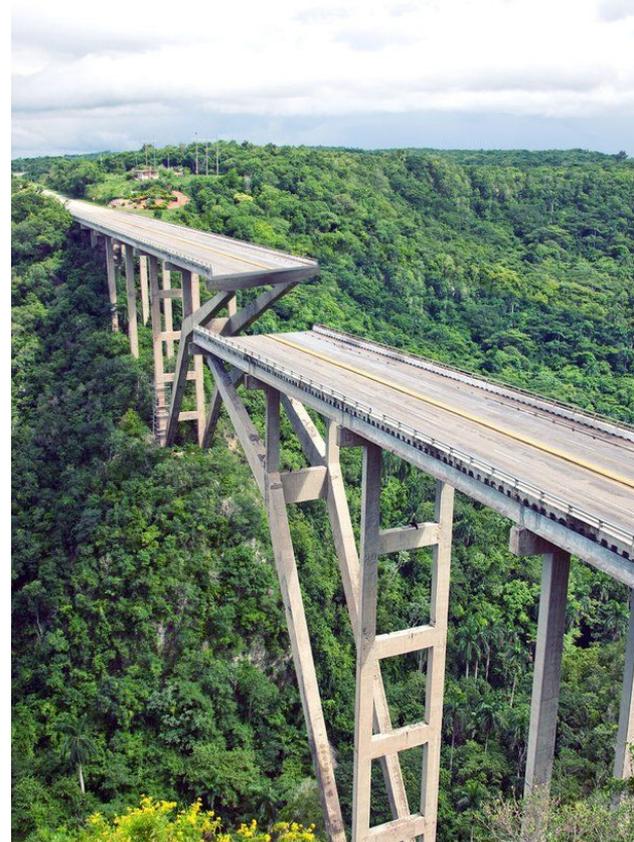
*Liberté
Égalité
Fraternité*

L'évaluation est clé

Les modèles ont souvent du mal à apporter
des solutions cliniques

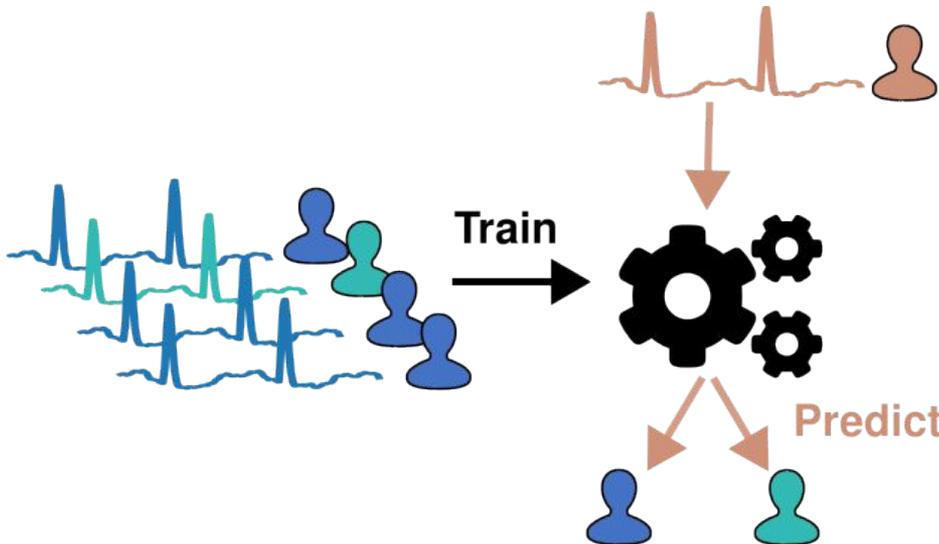
[Roberts... 2021] avec 62 publications sur le machine-learning
pour la détection du Covid sur des radio du thorax:
aucune n'a d'usage clinique potentiel.

LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION



Apprentissage supervisé

- On apprend un lien avec des exemples donnés.



Très efficace en général

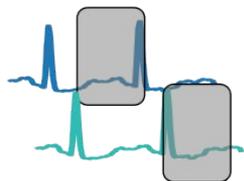
Pas toujours évident en santé:

- **Souvent peu de labels disponibles:**
 - Peu de personnes malades
 - Les annotations coûtent chères
- **Les données peuvent être hétérogènes**
- **Nécessite de connaître les labels pour avoir un impact clinique**

Apprentissage auto-supervisé

- On apprend une représentation des données à partir de tâches prétextes.

Grandes bases
non-annotées

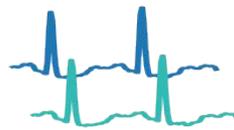


Train

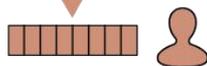


Predict

Petite Base
annotées



Represent

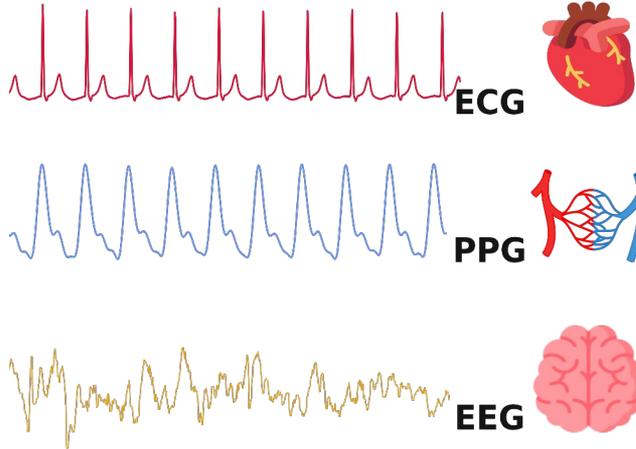


Apprentissage simplifié
par la représentation
informative



Apprentissage auto-supervisé

Pré entraînement



Tâches avales

- ★ Caractérisation de l'état du Patient
- ★ Monitoring
 - BIS / Médicaments injectés / ...
- ★ Diagnosis
 - Hypertension / Diabète / ...

Utilisé les données non-annotées
abondantes générées pendant la GA ...

... pour apprendre des représentations
informatives du système

Apprentissage auto-supervisé

Paradigme existant pour l'EEG (données de sommeil)

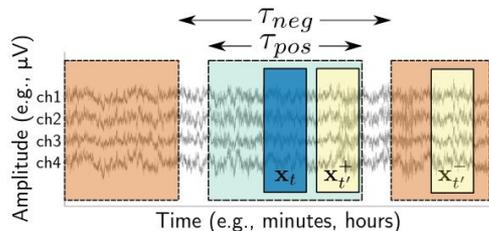


Pour une paire de fenêtres d'EEG, laquelle vient avant ? → L'auto-annotation est possible car l'ordre est connu

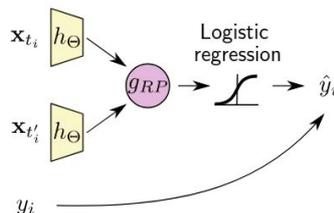
1 Sampling

2 Training

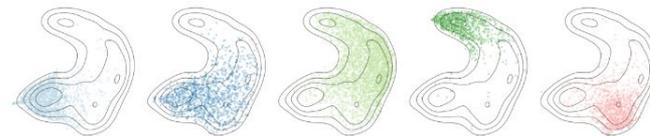
Relative positioning (RP)



$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{if } |t_i - t'_i| \leq \tau_{pos} \\ -1, & \text{if } |t_i - t'_i| > \tau_{neg} \end{cases}$$

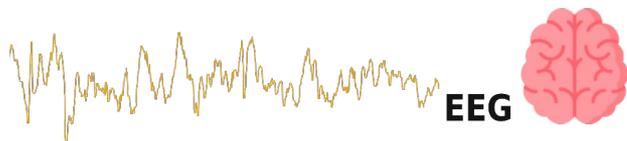


Uncovering the structure of clinical EEG signals with self-supervised learning. Banville et al, Journal of Neural Engineering, 2021



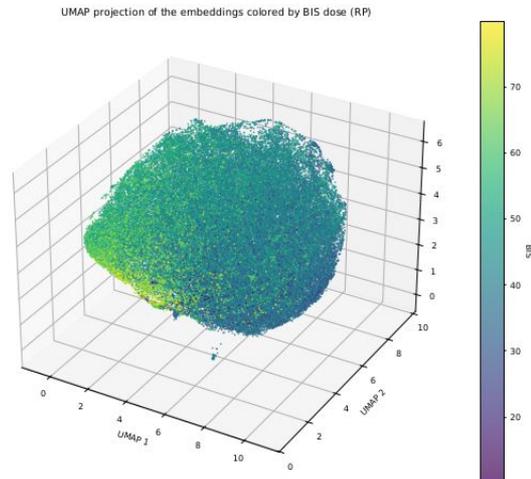
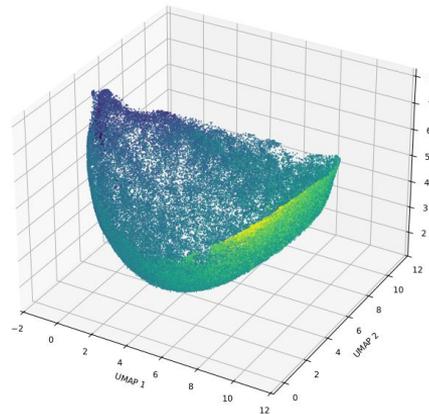
Représentations apprises colorées par l'état de sommeil

Apprentissage auto-supervisé



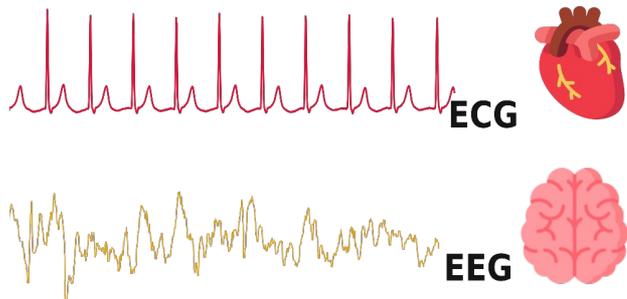
Positionnement relatif pour une cohorte de
861 patients de VitalDB

Tâche aval : Bispectral index (BIS),
caractérise la profondeur d'anesthésie
Avec un classifieur linéaire
MAE \sim 3, r2 score 0.8

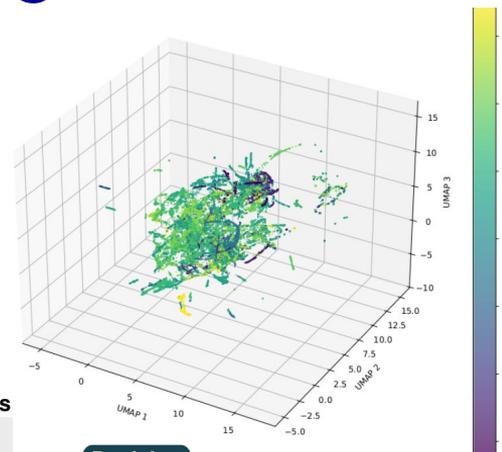




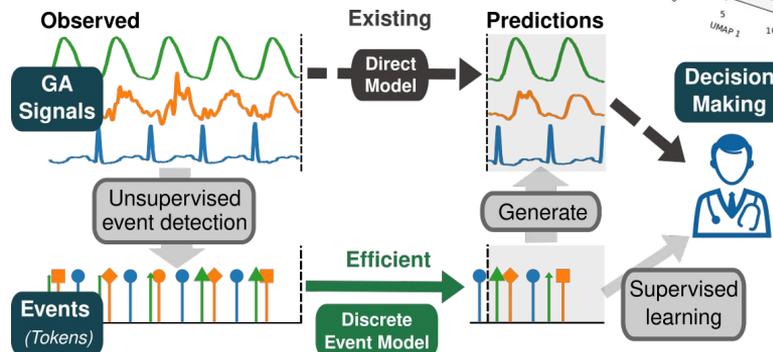
Apprentissage auto-supervisé



La fusion de données est encore mal comprise



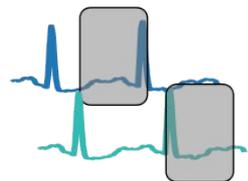
Mon projet de recherche:
apprentissage basé sur les
événements



Apprentissage auto-supervisé

- On apprend une représentation des données à partir de tâches prétextes.

Grandes bases
non-annotées

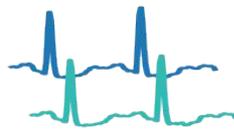


Train

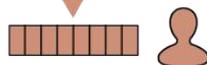


Predict

Petite Base
annotées



Represent



Apprentissage simplifié
par la représentation
informative

Technologie derrière les récentes
avancées en GenAI

Encore peu utiliser pour les
données de santé:

- Moins de données accessibles?
- Données plus complexes?

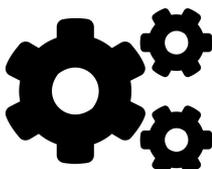
L'IA c'est quoi?

Systeme
complet

Data



Modèle



Partie technique

Information



Décision



More Data





MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ,
DES SOLIDARITÉS
ET DES FAMILLES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

LA JOURNÉE
DE LA DONNÉE
SANTÉ ET SOLIDARITÉS — 3^{ÈME} ÉDITION

Merci de votre attention!

Questions?

  @tommoral