

Intelligence Artificielle et Réchauffement climatique

De l'algorithme à la photosynthèse

Sebastien Loustau

Chercheur à l'Université de Pau
Président IAPAU

28 Mai 2021



1 Intelligence Artificielle : histoire et algorithmes

2 Réchauffement climatique

3 Projet GreenAI Pau

1 Intelligence Artificielle : histoire et algorithmes

2 Réchauffement climatique

3 Projet GreenAI Pau

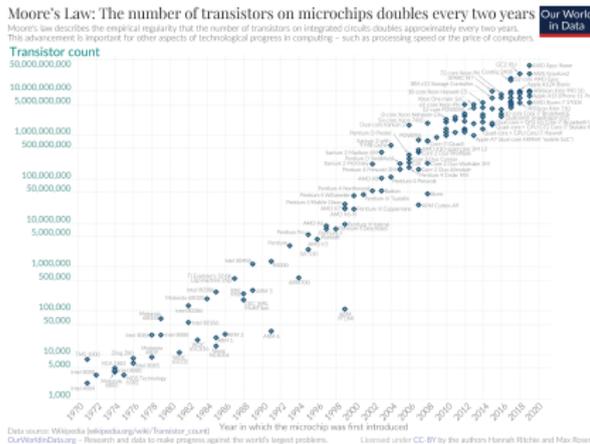
Un peu d'histoire : les pionniers

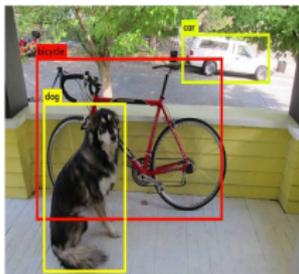


- **1948** *A Mathematical Theory of Communication*, C.E. Shannon.
- **1950** *Computing Machinery and Intelligence*, A. Turing.
- **1957** Darmouth "AI" conference

Un peu d'histoire : le calcul

- 1948 : apparition du premier transistor
- 1975 : **Gordon Moore** prédit que la complexité des micro-processeurs double tous les deux ans,
- 1995 : développement des **GPU** et des **réseaux de neurones convolutifs**





L'IA aujourd'hui : Principe général

$x \longrightarrow \boxed{\text{nature}} \longrightarrow y$

L'IA aujourd'hui : Principe général

$$x \longrightarrow \boxed{\text{nature}} \longrightarrow y$$

- prédire la réponse y d'un nouveau x ,
- décrire le lien entre x et y ,
- optimiser la réponse y à partir de x .

L'IA aujourd'hui : Principe général

$$x \longrightarrow \boxed{\text{nature}} \longrightarrow y$$

- prédire la réponse y d'un nouveau x ,
- décrire le lien entre x et y ,
- optimiser la réponse y à partir de x .

$$x \longrightarrow \boxed{\text{algorithm}} \longrightarrow \hat{y}$$

L'IA aujourd'hui : Principe général

$x \longrightarrow \boxed{\text{nature}} \longrightarrow y$

- prédire la réponse y d'un nouveau x ,
- décrire le lien entre x et y ,
- optimiser la réponse y à partir de x .

$x \longrightarrow \boxed{\text{algorithm}} \longrightarrow \hat{y}$



L'IA aujourd'hui : un peu de maths

Les ingrédients d'une IA :

- Une suite d'observations $\{(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n\}$, par exemple $n = 1.2M$ pour Imagenet (ILSVRC 2012),
- Un algorithme $f_W(\cdot)$ où $W \in \mathbb{R}^{60M}$ par exemple pour Alexnet:

L'IA aujourd'hui : un peu de maths

Les ingrédients d'une IA :

- Une suite d'observations $\{(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n\}$, par exemple $n = 1.2M$ pour Imagenet (ILSVRC 2012),
- Un algorithme $f_W(\cdot)$ où $W \in \mathbb{R}^{60M}$ par exemple pour Alexnet:

$$f_W(x) = \underbrace{\sigma \circ L_{W_8}}_{\text{couche 8}} \circ \underbrace{\sigma \circ L_{W_7}}_{\text{couche 7}} \circ \dots \circ \underbrace{\sigma \circ L_{W_1}(x)}_{\text{première couche}} .$$

L'IA aujourd'hui : un peu de maths

Les ingrédients d'une IA :

- Une suite d'observations $\{(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n\}$, par exemple $n = 1.2M$ pour Imagenet (ILSVRC 2012),
- Un algorithme $f_W(\cdot)$ où $W \in \mathbb{R}^{60M}$ par exemple pour Alexnet:

$$f_W(x) = \underbrace{\sigma \circ L_{W_8}}_{\text{couche 8}} \circ \underbrace{\sigma \circ L_{W_7}}_{\text{couche 7}} \circ \dots \circ \underbrace{\sigma \circ L_{W_1}}_{\text{première couche}}(x) .$$

L'apprentissage se résume au problème d'optimisation suivant:

$$\min_W \sum_{i=1}^n \ell(Y_i, f_W(X_i))$$

où par exemple $\ell(y, f(x))$ est l'entropie croisée (cross-entropy)

Gradient Descent

Rappelons le problème :

$$\min_{W=(W_1, \dots, W_8)} \sum_{i=1}^n \ell(g_W(X_i), Y_i),$$

où la taille de W est énorme et n est grand.

Gradient Descent

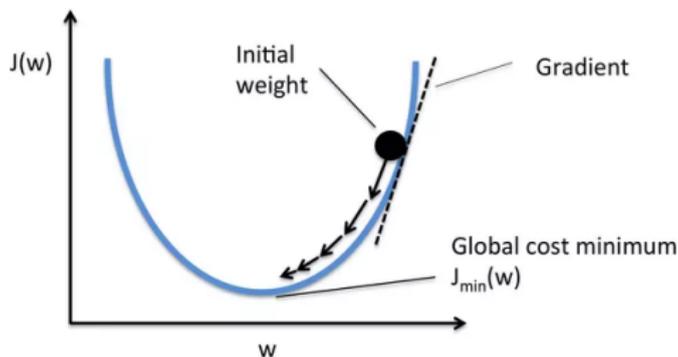
Rappelons le problème :

$$\min_{W=(W_1, \dots, W_8)} \sum_{i=1}^n \ell(g_W(X_i), Y_i),$$

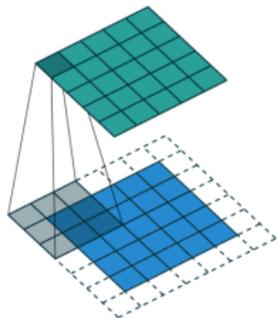
où la taille de W est énorme et n est grand.

- On va tout simplement dériver la fonction à optimiser !

$$W^{(t+1)} = W^{(t)} - \alpha \nabla_W \left(\sum_{i=1}^n \ell(g_W(X_i), Y_i) \right) [W^{(t)}]$$

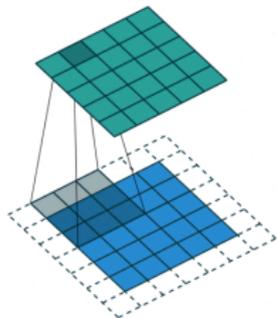


Zoom sur une couche de "convolution"



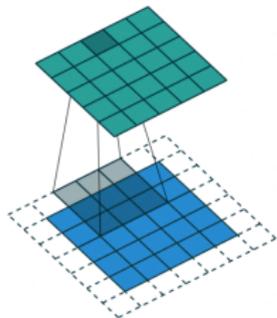
- petit filtre de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,

Zoom sur une couche de "convolution"



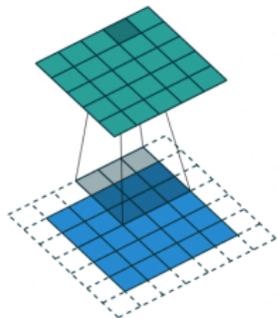
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,

Zoom sur une couche de "convolution"



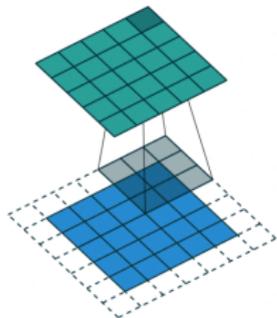
- petit filtre de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,

Zoom sur une couche de "convolution"



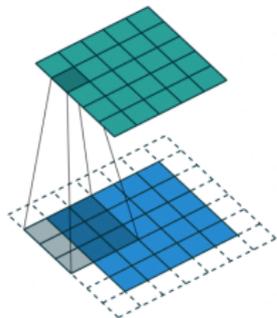
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,

Zoom sur une couche de "convolution"



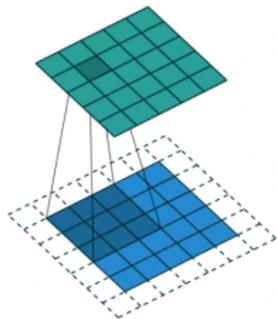
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,

Zoom sur une couche de "convolution"



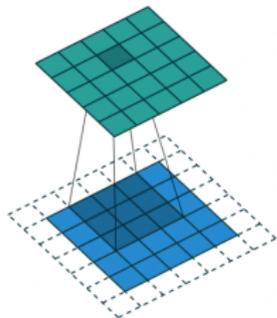
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,

Zoom sur une couche de "convolution"



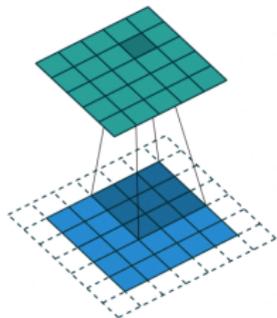
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,

Zoom sur une couche de "convolution"



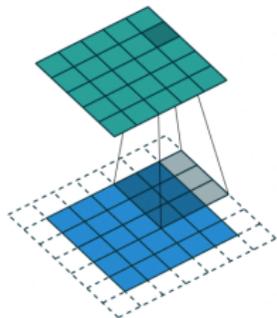
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,

Zoom sur une couche de "convolution"



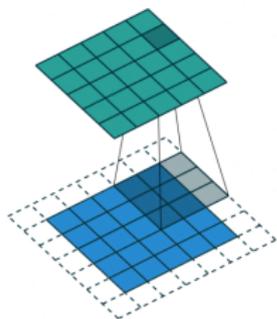
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,

Zoom sur une couche de "convolution"



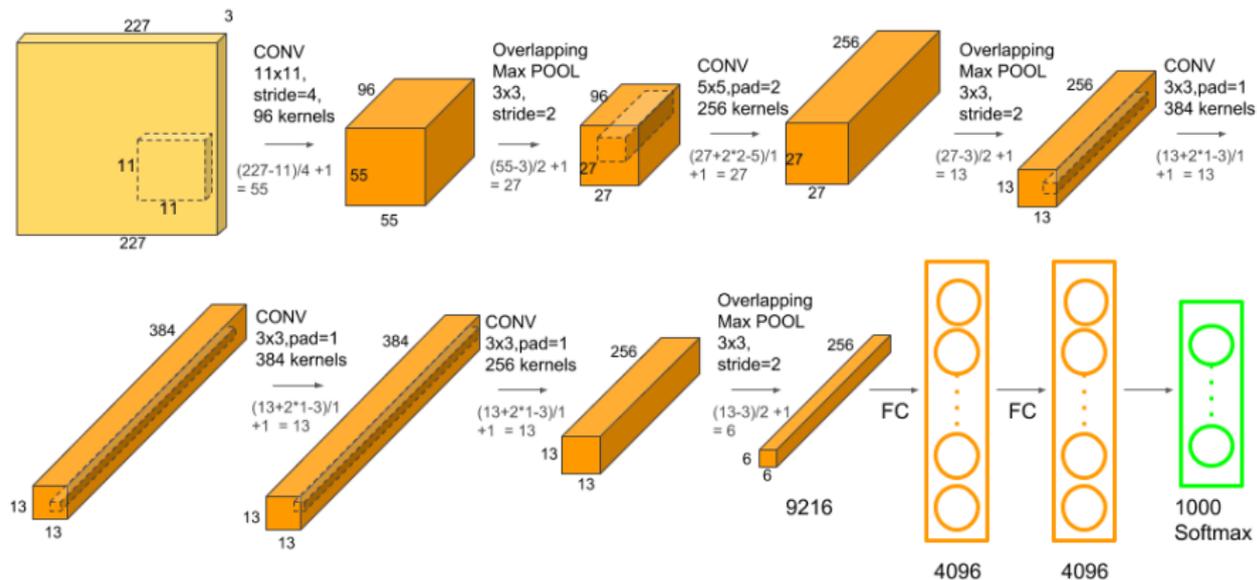
- petit filtres de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,
- ces filtres sont **appris**,

Zoom sur une couche de "convolution"



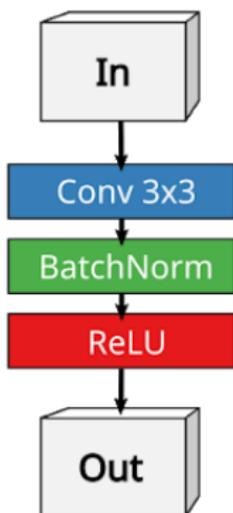
- petit filtre de taille $3 \times 3 \times \text{RGB}$,
- qui glisse sur chaque image de l'échantillon,
- ces filtres sont **appris**,
- on utilise la dépendance locale des pixels !

Ouvrons la boîte noire : Alexnet (2012)

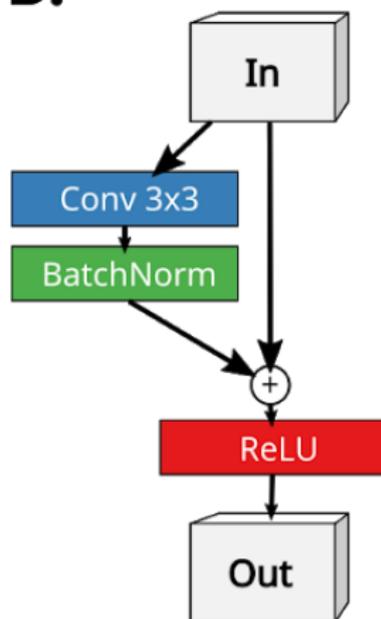


Ouvrons la boîte noire : ResNet

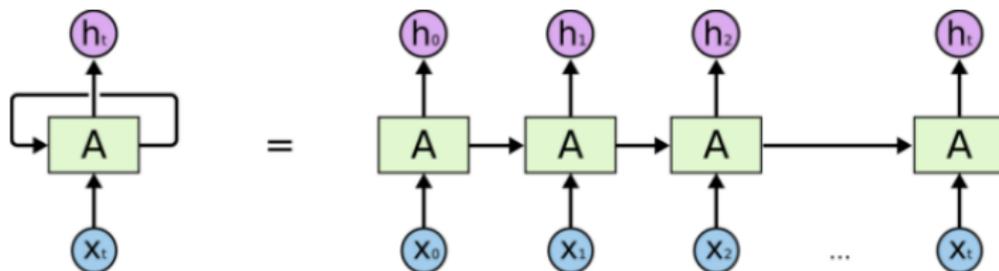
A.



B.



Ouvrons la boîte noire : Recurrent Neural Network



An unrolled recurrent neural network.

Applications : transfert de style

Input
 Φx



Target style
 Φy



Output
 $\Phi \tilde{x}$



+



=



Applications : transfert de style

Input
 Φx



Target style
 Φy



Output
 $\Phi \tilde{x}$



+



=



$$\min_{\tilde{x}} \left\{ \underbrace{\|\Phi(x) - \Phi(\tilde{x})\|}_{\text{proche de } x} + \lambda \underbrace{\|\text{Cov}\Phi(y) - \text{Cov}\Phi(\tilde{x})\|}_{\text{avec le style de } y} \right\}$$

La nuit porte conseil.

La nuit porte conseil.



La rosée tombe sur l'herbe, quand la nuit est la plus
silencieuse.

Nietzsche, Ainsi parlait Zarathoustra - Deuxième Partie

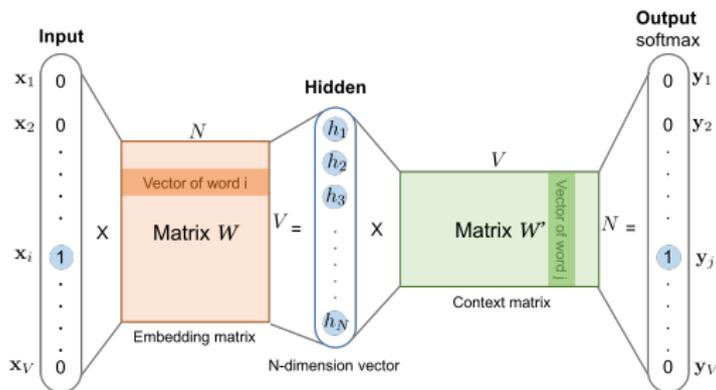
Marche aussi avec du texte !

La nuit porte conseil.

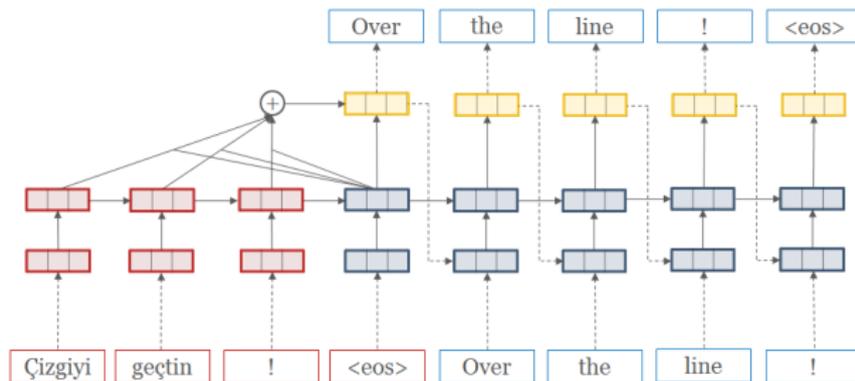


La rosée tombe sur l'herbe, quand la nuit est la plus silencieuse.

Nietzsche, Ainsi parlait Zarathoustra - Deuxième Partie



Neural Machine Translation



Transformers (2017)

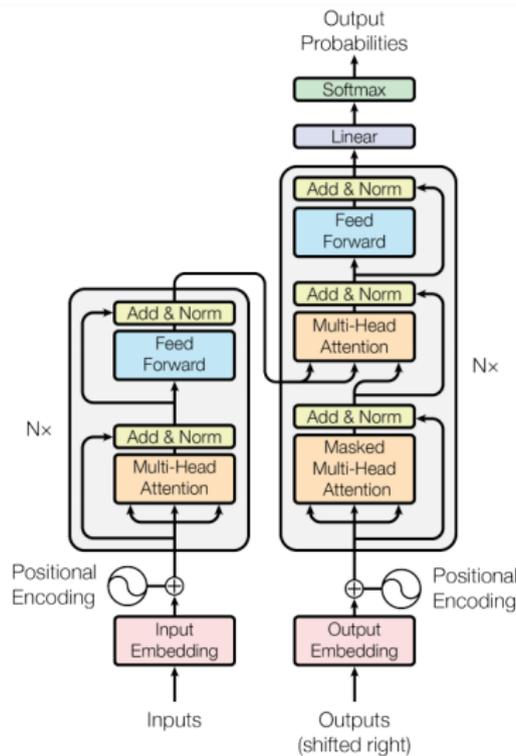
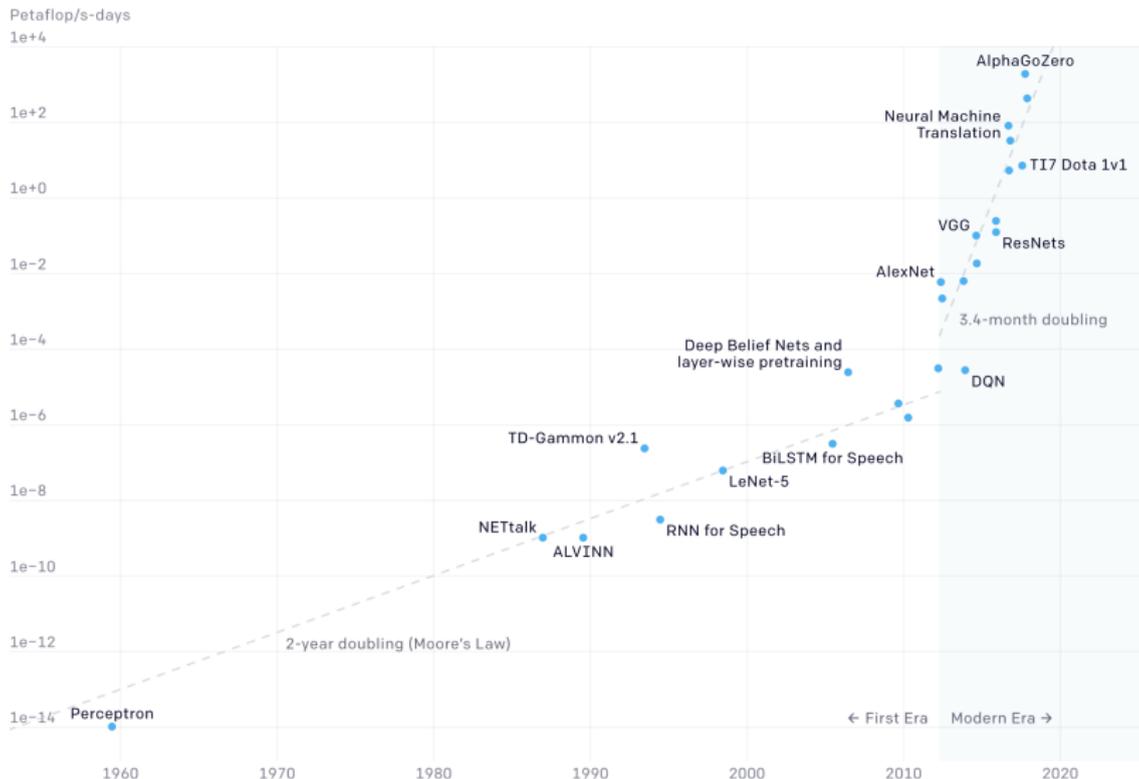


Figure 1: The Transformer - model architecture.

Two Distinct Eras of Compute Usage in Training AI Systems



IA à Pau : rejoignez-nous !



<http://iapau.org/>

1 Intelligence Artificielle : histoire et algorithmes

2 Réchauffement climatique

3 Projet GreenAI Pau

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW $1W = 1Js^{-1} = Nms^{-1} = 1kgm^2s^{-3}$

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW $1W = 1Js^{-1} = Nms^{-1} = 1kgm^2s^{-3}$

Exemple : $100W$ (les jambes) et $10W$ (les bras)

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW $1W = 1Js^{-1} = Nms^{-1} = 1kgm^2s^{-3}$

Exemple : $100W$ (les jambes) et $10W$ (les bras)

$1ch = 745W$ (le cheval-vapeur, 7 paires de jambes)

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW $1W = 1Js^{-1} = Nms^{-1} = 1kgm^2s^{-3}$

Exemple : $100W$ (les jambes) et $10W$ (les bras)

$1ch = 745W$ (le cheval-vapeur, 7 paires de jambes)

$60kW$: tracteur (600 paires de jambes)

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW $1W = 1Js^{-1} = Nms^{-1} = 1kgm^2s^{-3}$

Exemple : $100W$ (les jambes) et $10W$ (les bras)

$1ch = 745W$ (le cheval-vapeur, 7 paires de jambes)

$60kW$: tracteur (600 paires de jambes)

$400kW$: camion (4000 paires de jambes)

énergie : *n.f. grandeur physique exprimée en Joules.*

Unité internationale : le $kWh = 3600kJ$ puisque $1J = 1Ws$ est la quantité d'énergie consommée par une machine de puissance $1W$ pendant $1s$

Intuition : Un joule est l'énergie requise pour soulever de $1m$ un objet de $100g$ dans le champ de pesanteur terrestre ($\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_1 - z_0)$).

puissance : *n.f. grandeur physique exprimée en Watts.*

Unité internationale : le kW $1W = 1Js^{-1} = Nms^{-1} = 1kgm^2s^{-3}$

Exemple : $100W$ (les jambes) et $10W$ (les bras)

$1ch = 745W$ (le cheval-vapeur, 7 paires de jambes)

$60kW$: tracteur (600 paires de jambes)

$400kW$: camion (4000 paires de jambes)

$100MW$: avion long courrier, soit 1 Millions de paires de jambes

- L'énergie mécanique (ou cinétique) :
 - un homme de 80kg avec un sac de 10kg qui monte 1000m fournit $E_{pp} = 90 * 9.81 * 1000 \approx 1\text{MJ} \approx 1/4\text{kWh}$.
 - 1 litre d'essence qu'on brûle fournit 10kWh d'énergie thermique soit $2 - 4\text{kWh}$ d'énergie mécanique ≈ 8 à 16 jours de travail.

Remarque : chaque français consomme en moyenne 4.3 litres de produits pétrolier par jour.

- Et son prix ?
 - Un SMIC chargé annuel $\approx 20\text{k}$ Euros $\Rightarrow 200$ Euros le kWh ,
 - 60 Euros le baril (159 litres) de pétrole $\Rightarrow 20$ centimes le kWh .

- L'énergie mécanique (ou cinétique) :
 - un homme de 80kg avec un sac de 10kg qui monte 1000m fournit $E_{pp} = 90 * 9.81 * 1000 \approx 1\text{MJ} \approx 1/4\text{kWh}$.
 - 1 litre d'essence qu'on brûle fournit 10kWh d'énergie thermique soit $2 - 4\text{kWh}$ d'énergie mécanique ≈ 8 à 16 jours de travail.

Remarque : chaque français consomme en moyenne 4.3 litres de produits pétrolier par jour.

- Et son prix ?
 - Un SMIC chargé annuel $\approx 20\text{k}$ Euros $\Rightarrow 200$ Euros le kWh ,
 - 60 Euros le baril (159 litres) de pétrole $\Rightarrow 20$ centimes le kWh .

L'énergie aujourd'hui est quasiment gratuite.

Conséquence : Gaz à Effet de Serre (GES)

CLIMAT

LE DIOXYDE DE CARBONE (CO₂) DANS L'ATMOSPHÈRE

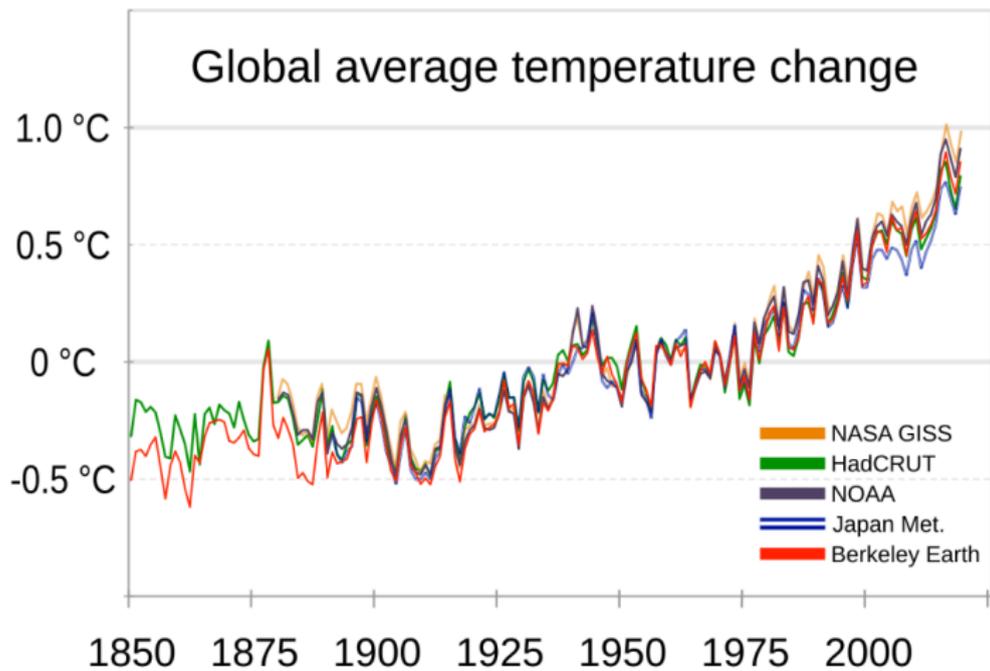
Pour la première fois, en avril 2018, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a été supérieure à 410 ppm pendant un mois entier.



*données recueillies à partir d'analyses de glace issue de forages aux pôles.

Sources : Rapport de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), NOAA, NASA et Mauna Loa Observatory (Hawaï).

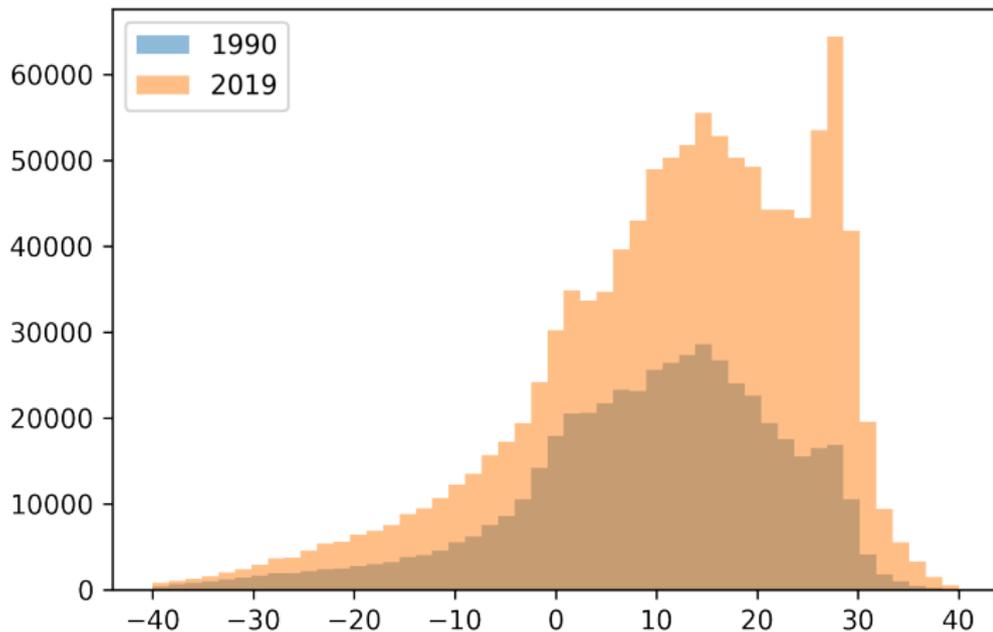




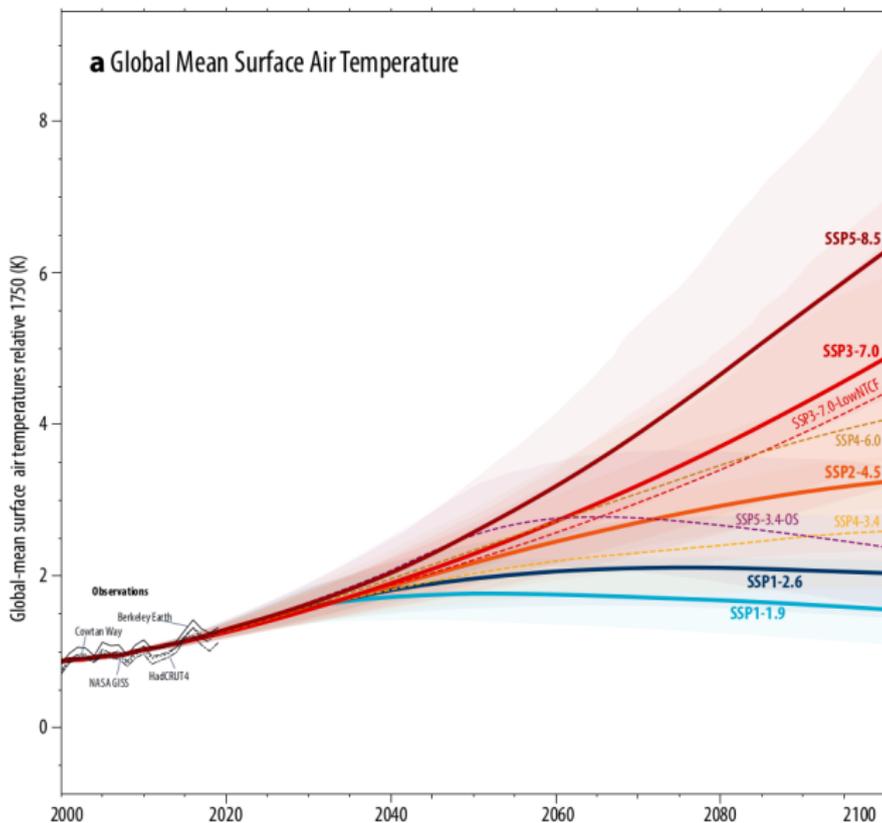
Source [here](#)

Mean shift VS Distribution shift (NOAA Dataset, homemade graphs with python)

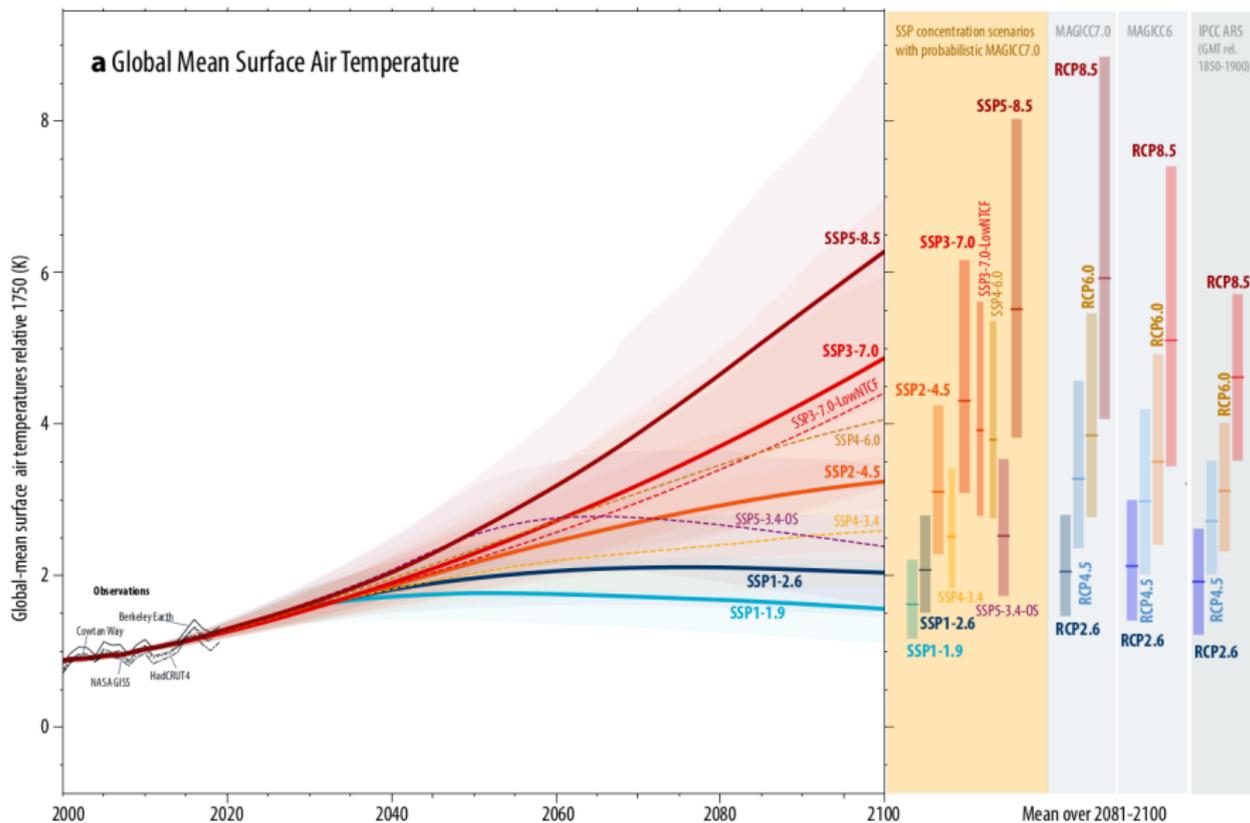
Shift from 1990 to 2019. Mean shift is 2.16



data



Source [here](#)



Source [here](#)

1 Intelligence Artificielle : histoire et algorithmes

2 Réchauffement climatique

3 **Projet GreenAI Pau**

Présentation de l'équipe



Julien

- Contexte : Chaire partenariale à l'université
- Equipe : ingénieurs et chercheurs
- Thème : Green AI

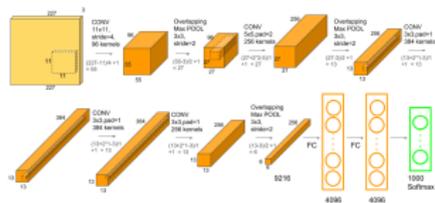
IA pour l'environnement

Contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique grâce à la recherche et aux technologies de l'intelligence artificielle

IA frugale

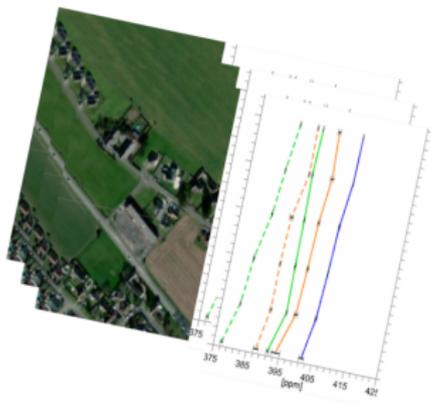
Concevoir grâce aux mathématiques des algorithmes moins consommateurs en ressources

Zoom : Algorithme basse-consommation



- Mesurer la consommation des algorithmes et des centres de calculs,
- Proposer des architectures à basse consommation,
- Décentraliser et revisiter les méthodes d'optimisation par descente de gradient,

Zoom : Agriculture et neutralité carbone



- Analyser des images aériennes,
- Corréler les pratiques agricoles et les mesures de carbone,
- Aider à valoriser les pratiques agricoles de séquestration.

Zoom : gestion de crises environnementales



- Prédire les départs de feu,
- Sélectionner les flux de données à afficher,
- Détecter les messages actionnables.

Merci !

Questions ?