

Les mathématiques appliquées ?

Présentation MAP
Septembre 2025

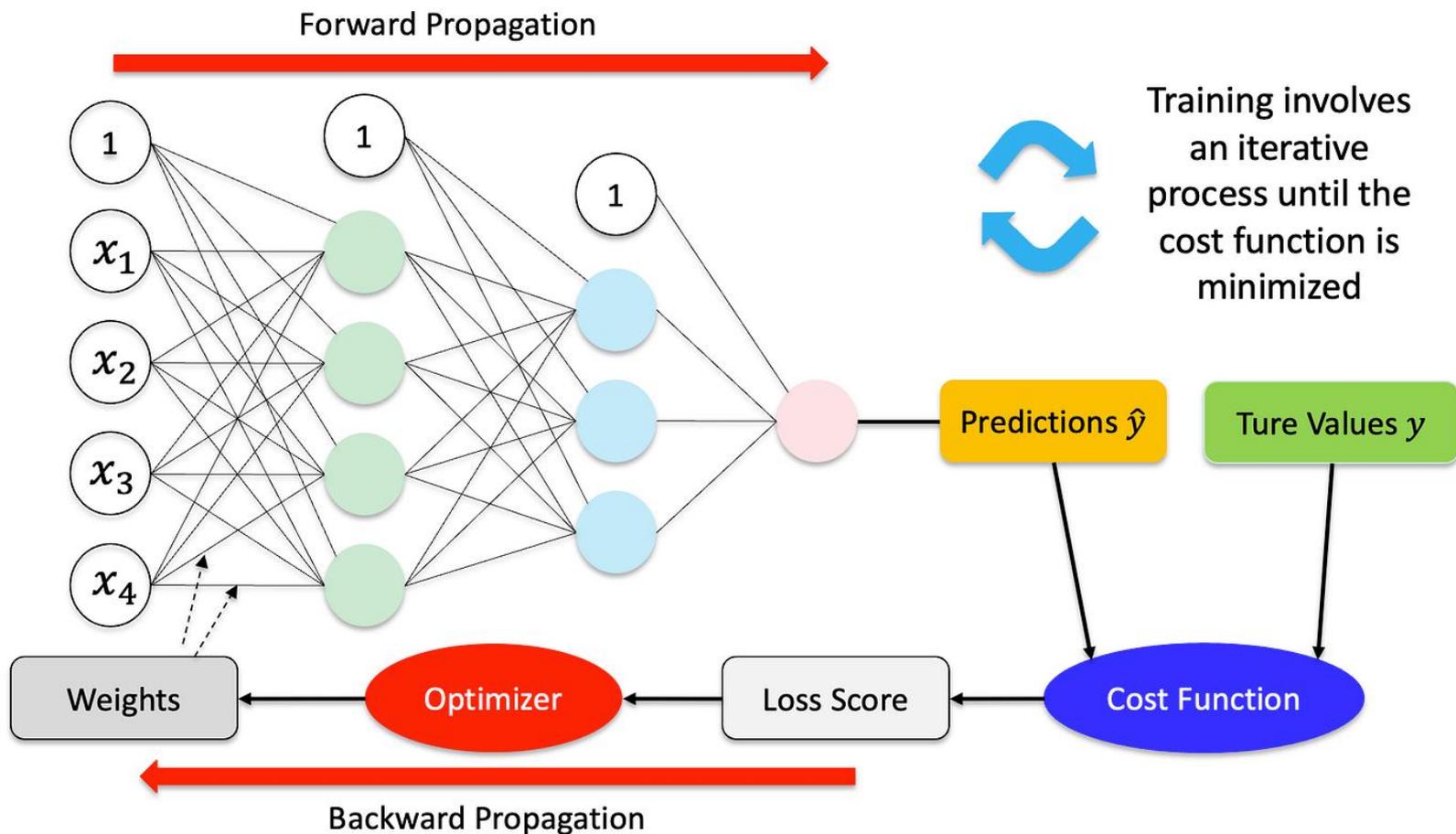


Prof. G. Bianchin
ICTEAM, INMA
UCLouvain

L'IA est
partout.



« Apprendre » = résoudre un problème d'optimisation



Beaucoup de mat se cachent derrière les Large Language Models (ChatGPT)



utilise un modèle “Transformer “

Les mat.s derrière un Transformer :

◆ 1. Linear Algebra

- **Vectors and matrices:** Represent words (embeddings), inputs, weights.
- **Matrix multiplication:** Core of neural network operations.
- **Singular value decomposition (SVD):** Used in model compression and understanding attention.

◆ 2. Probability & Statistics

- **Probability distributions:** Softmax, token prediction as next-token probabilities.
- **Bayesian thinking:** Priors and likelihoods in probabilistic models.
- **Expectation, variance, entropy:** Central in training objectives (e.g. cross-entropy loss).

◆ 3. Optimization

- **Gradient descent** and variants (e.g. Adam, AdaGrad, RMSProp): For training.
- **Backpropagation:** Computes gradients of the loss w.r.t. parameters.
- **Convex and non-convex optimization:** Theoretical backbone for training dynamics.

◆ 4. Calculus

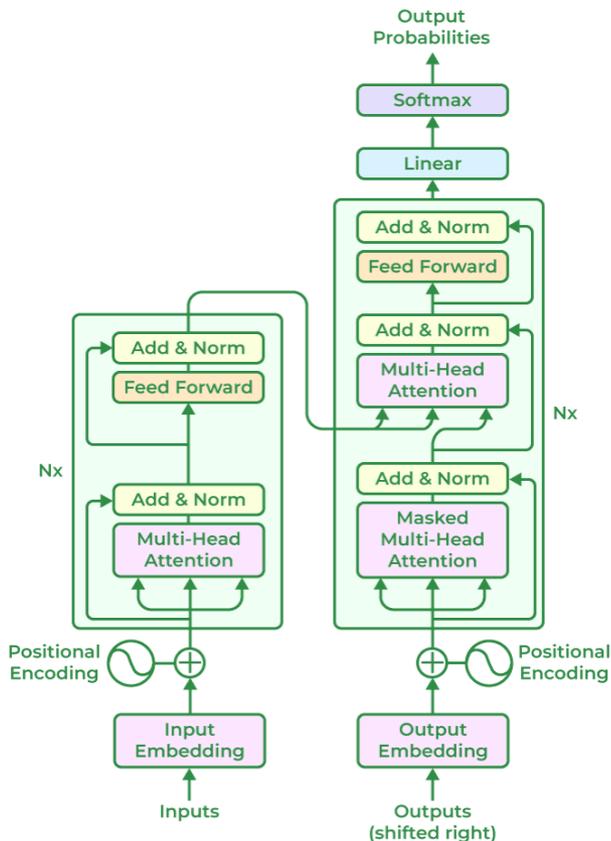
- **Differentiation:** Enables backpropagation and gradient-based learning.
- **Chain rule:** Essential for computing gradients through deep networks.
- **Partial derivatives:** Used when computing gradients across layers.

◆ 5. Information Theory

- **Cross-entropy:** Main loss function in classification/LLMs.
- **KL divergence:** Measures distribution shift in model outputs.
- **Entropy:** Used to measure uncertainty in predictions.

◆ 6. Numerical Methods

- **Efficient matrix operations:** GPU acceleration and precision control.
- **Stability and convergence:** Key in large-scale training regimes.





About 2,460,000 results (0.31 seconds)

Tip: [Search for English results only](#). You can specify your search language in [Preferences](#)

[UCL - Les Mathématiques Appliquées](#)

[www.uclouvain.be](#) > ... > [Commissions de programmes](#) ▾ [Translate this page](#)

by N Ponet - 2011

Mathématiques appliquées (MAP) ... Ce sont les mathématiques au service de l'ingénieur ! ... appliquées est assurée par la Commission de Programme MAP.

[UCL - Bacheliers ingénieurs civils : Q3](#)

[www.uclouvain.be/30830.html](#) ▾ [Translate this page](#)

by V Legat - 2012

12

CLEVE'S CORNER

THE WORLD'S LARGEST MATRIX COMPUTATION

Google's PageRank is an eigenvector of a matrix of order 2.7 billion.

BY CLEVE MOLER

One of the reasons why Google is such an effective search engine is the PageRank™ algorithm, developed by Google's founders, Larry Page and Sergey Brin, when they were graduate students at Stanford University. PageRank is determined entirely by the link structure of the Web. It is recomputed about once a month and does not involve any of the actual content of Web pages or of any individual query.

It tells us that the largest eigenvalue of A is equal to one and that the corresponding eigenvector, which satisfies the equation

$$x = Ax,$$

exists and is unique to within a scaling factor. When this scaling factor is chosen so that



Maureen Heymans · 2nd

VP Engineer at Google Inc.

Los Altos, California, United States · 357 connections ·

[Contact info](#)

Connect

Message

More..



UC Santa Barbara

Highlights



6 mutual connections

You and Maureen both know Laurent Demanet, Céline Schreiber, and 4 others



You both studied at UCLouvain - Université catholique de Louvain

You both studied at UCLouvain - Université catholique de Louvain from 1999 to 2001

Say hello



1 Mutual Group

You and Maureen are both in UCL MAP

BUSINESS INSIDER SAI

[Google AdWords](#)

Google AdWords: Gericht adverteren, www.Google.be/

Home Tech/Media Finance Markets Politics Strategy Entertainment Advertising Retail S

SAI Home Mobile Enterprise Tools Media Digital 100 Silicon Valley 100 Innovation Docu

Documents Jobs

10 Brilliant Google Engineers Facebook Needs To Poach Right Now

Nicholas Carlson | Aug. 2, 2011, 4:35 PM | 82,705 | 10

Recommend 83 | Share 42 | Tweet 210 | +1 2 | Email More

Facebook is rumored to be developing a search engine to compete with Google's.

If so, it's going to need some of Google's brains.

But which ones?

A business analytics firm called Seravia came up with a list of 10 Googlers it thinks Facebook should target.

How Seravia people came up with the list is pretty cool.

First they searched for patents owned by Google and 199 or so subsidiaries. They came up with a list of 10 patents to search inventions; only 134 had 10 or more patents; 10 patents after 2008, and therefore finally, they ranked the remaining



Et LinkedIn utilise la méthode « Louvain », développée dans un TFE en MAP

Air Traffic Management



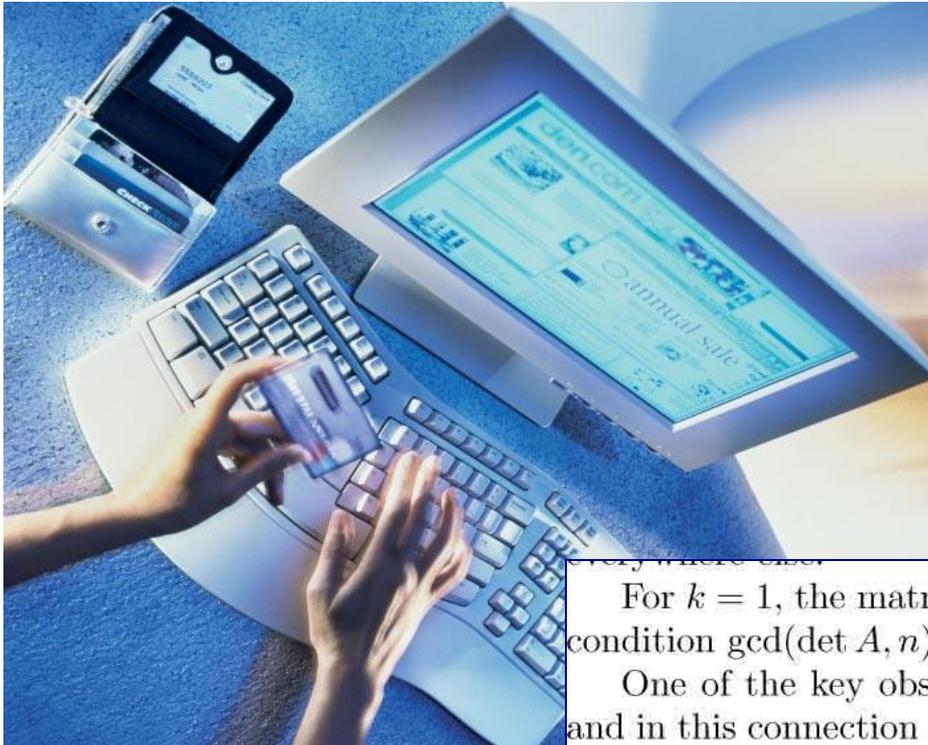
Le prix des options financières



La Bourse de New York, un jour faste. Les mathématiques ont fait une entrée en force dans le monde de la finance depuis plus d'une vingtaine d'années. Réciproquement, le monde de la finance fournit des problèmes qui stimulent la recherche dans certains domaines des mathématiques. (Cliché Gamma Liaison/Gifford)

Moyennant ces hypothèses, on trouve que le prix de l'option obéit à une certaine équation aux dérivées partielles (équation différentielle où la fonction inconnue dépend de plusieurs variables). Dans le cas le plus simple, étudié indépendamment par les Américains Fischer Black et Myron Scholes d'une part et Robert Merton d'autre part en 1973, cette équation est la même que l'équation de diffusion de la chaleur, bien connue des physiciens. Il est alors possible de la résoudre explicitement et de déterminer le prix de l'option en fonction de ses propres caractéristiques (échéance, prix d'exercice) ainsi que du cours de l'action et de sa volatilité : c'est la formule de Black-Scholes et Merton, qui a valu à Scholes et Merton le prix Nobel d'économie en 1997 (Black est décédé en 1995).

Cyber-sécurité



LMAT2450

For $k = 1$, the matrices are 1×1 -matrices, i.e., numbers $A = (a)$, and the condition $\gcd(\det A, n) = 1$ boils down to $\gcd(a, n) = 1$.

One of the key observations for RSA was the theorem of Euler-Fermat, and in this connection the fact that $\phi(n) = \phi(pq) = \phi(p)\phi(q) = (p-1)(q-1)$ played a central role. Note that $\phi(n)$ is the order of the group $\text{GL}(1, \mathbb{Z}/n\mathbb{Z}) = (\mathbb{Z}/n\mathbb{Z})^\times$.

What is the order of the group $\text{GL}(2, \mathbb{Z}/n\mathbb{Z})$ for $n = pq$? (This plays no role for describing the encoding and decoding process, but is important for studying the safety of the cryptosystem).

Lemma 6.1. *Let $n = pq$ be the product of two distinct primes. Then $\text{GL}(2, \mathbb{Z}/n\mathbb{Z})$ has exactly $n\phi(n)^2(p+1)(q+1)$ elements.*



Quand la « Baby Benz » fait des bonds...

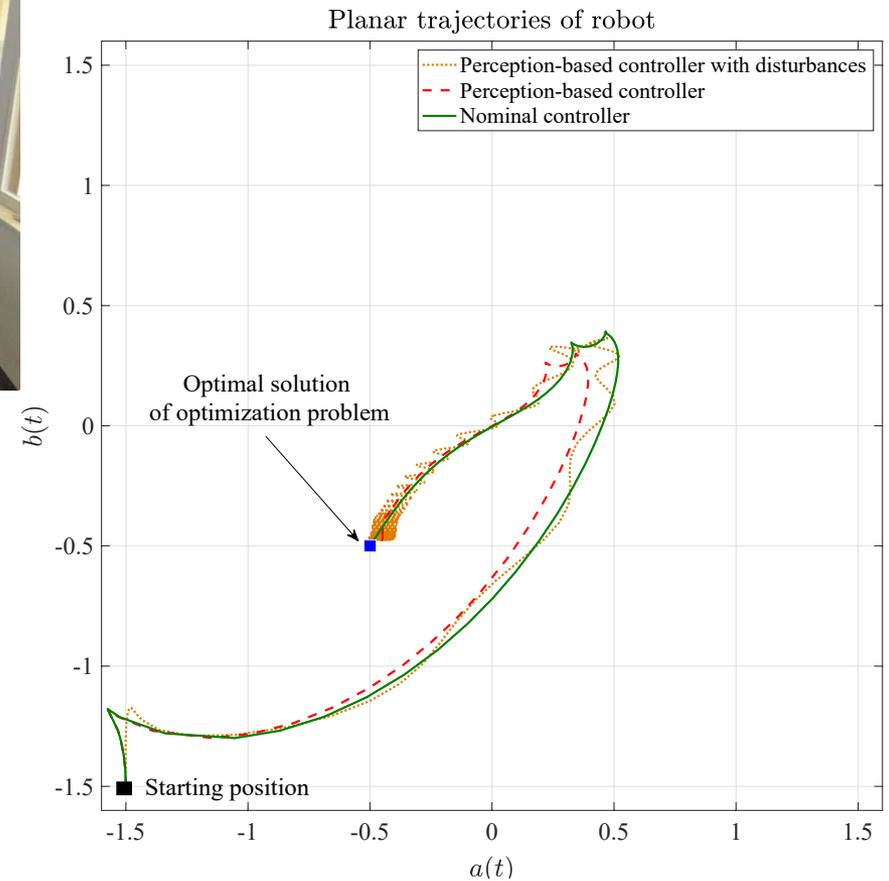
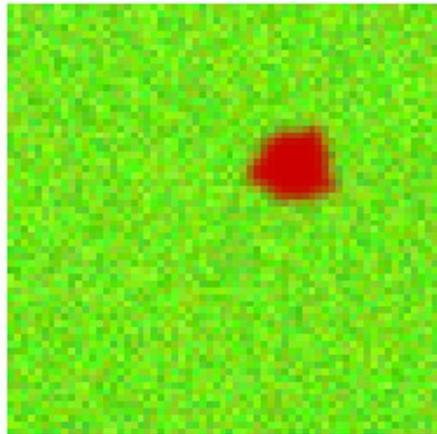
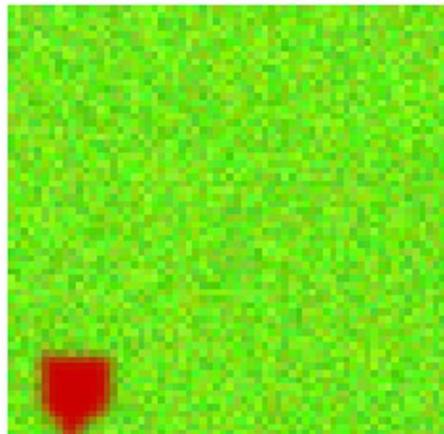
Pas si sûre, la nouvelle « Classe A » de Mercedes-Benz ? Il y a deux jours, le magazine allemand « Autobild » organisait un test de slalom près de Brême. D'où cette « Baby Benz » qui fait des bonds ! Depuis l'accident intervenu le 21 octobre dernier lors d'un test à Stockholm — un tonneau à 60 km/h —, on attendait la réaction officielle du

constructeur allemand. Daimler-Benz a ainsi annoncé qu'il allait équiper, à compter de février, toutes ses « Classe A » d'un système électronique de régulation du comportement dynamique, qui agit sur les freins, roue par roue, et sur le couple du moteur dès qu'un comportement routier anormal est détecté. Et ce, sans haus-

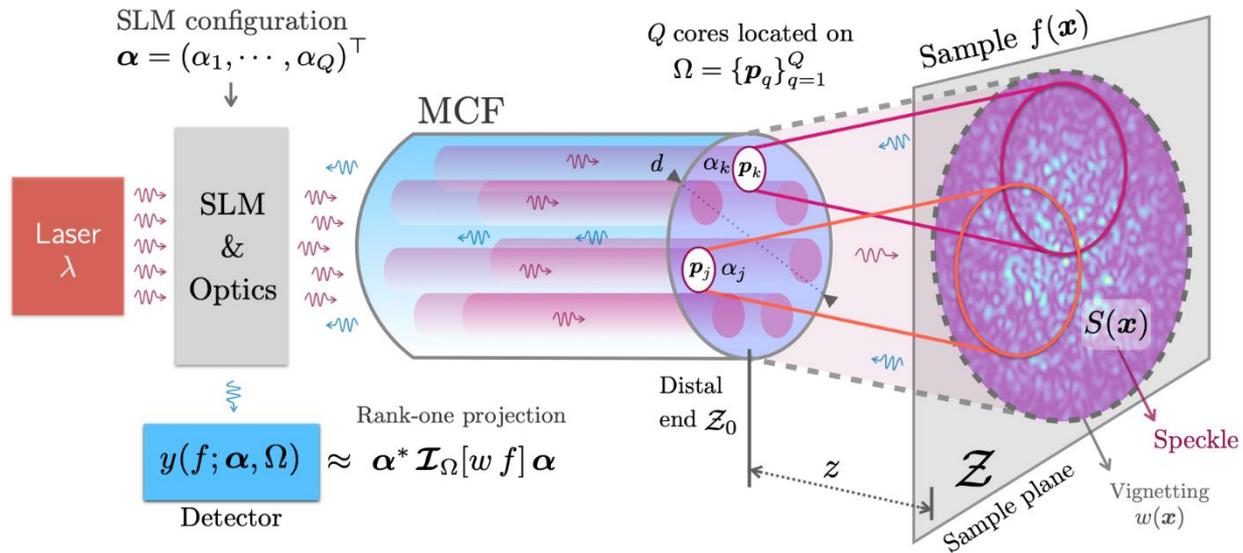
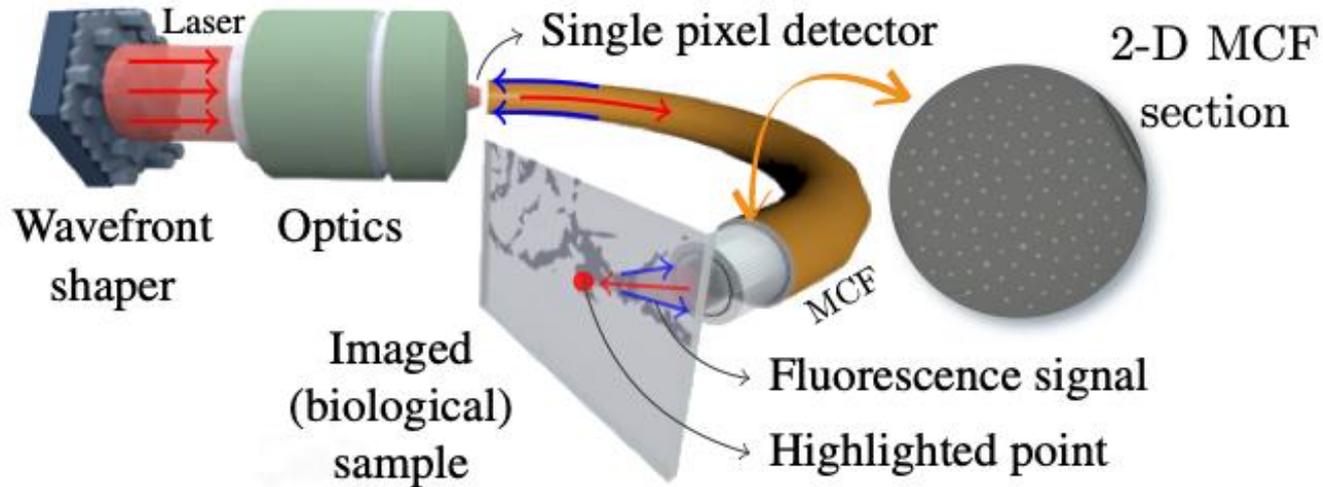
se de prix. Quant aux propriétaires des 3.000 véhicules déjà livrés en Europe ou à livrer jusqu'à février, ils pourront faire poser gracieusement le nouveau système. Au total, l'opération coûtera 100 millions de marks (2 milliards de F) chaque année au constructeur. S'y ajouteront 50 millions de marks pour le rappel de la moitié des véhicules

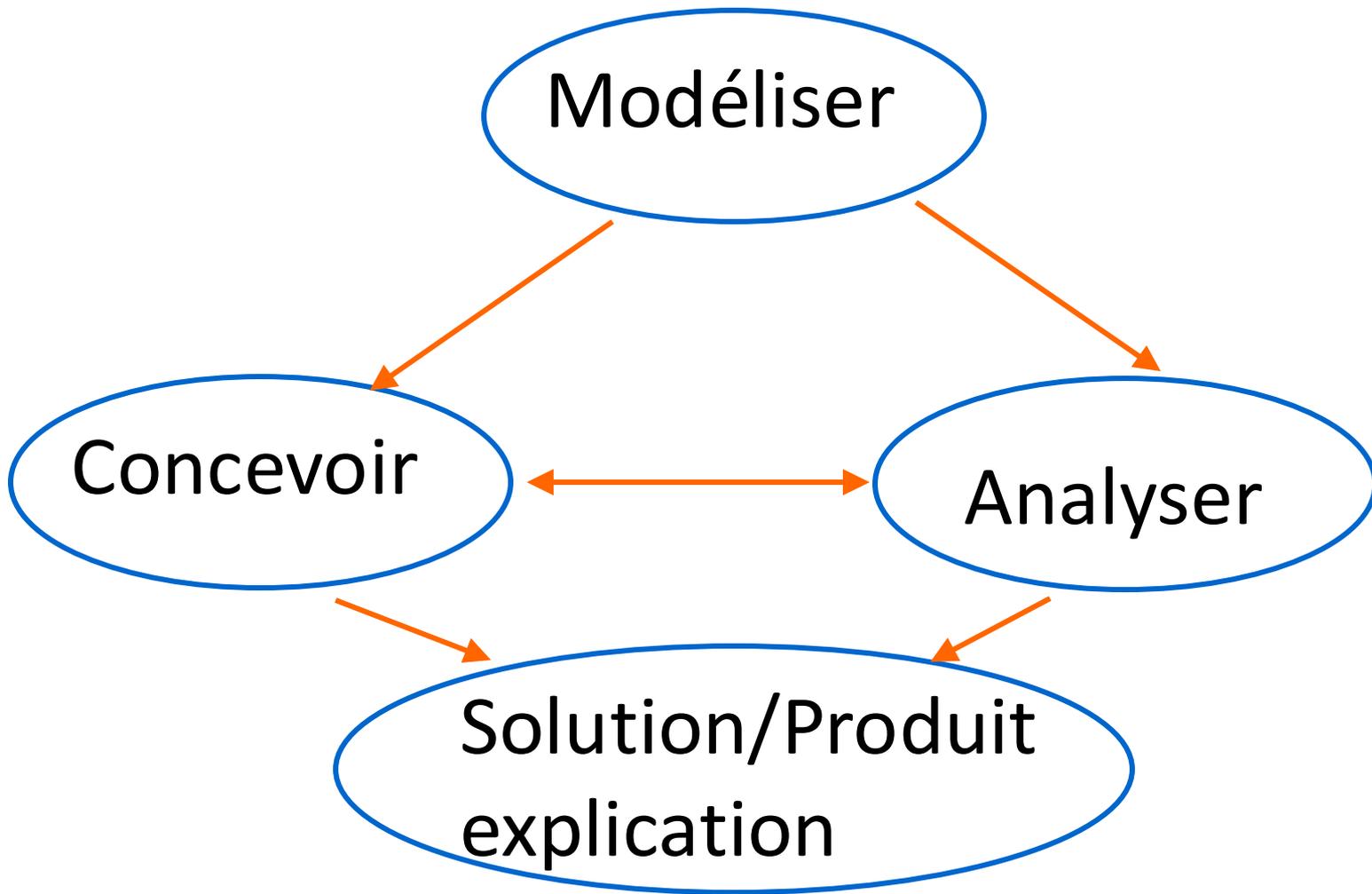
déjà livrés. Ceux-là sont équipées de pneus Good Year qui s'écrasent lorsqu'ils sont soumis à des contraintes exceptionnelles que la jante peut entrer au contact de la chaussée et provoquer une perte de contrôle du véhicule, voire un tonneau. Dorénavant, seuls des Michelin seront montés, a précisé le constructeur. Ph. EPA. (AFP.)

Control of robot teams



Lenseless endoscopy





dans des domaines variés

avec des outils mathématiques avancés
et transversaux!

La formation en
mathématiques appliquées à l'**UCL**

Filière Mathématiques Appliquées (MAP)

BAC1	Tronc commun ingénieur EPL		
BAC2	Fil. 1	Tronc commun ingénieur EPL	Fil. 2
BAC3	Filière 1	TC	Filière 2
M1	Cours obligatoires	Options + contacts professionnels (stage, projet, séminaire,...) + autres cours	
M2	Mémoire + intégration pro		

Filière Mathématiques Appliquées (MAP)

BAC1	Tronc commun ingénieur EPL		
BAC2	Fil. 1	Tronc commun ingénieur EPL	Fil. 2
BAC3	Filière 1	TC	Filière 2
M1	Cours obligatoires	Options + contacts professionnels (stage, projet, séminaire,...) + autres cours	
M2	Mémoire + intégration pro		

Programme d'études BAC MAP

BAC1	Tronc commun ingénieur EPL		
BAC2	Fil. 1 10 crédits	Tronc commun ingénieur EPL	Fil. 2 10 crédits
BAC3	Filière 1 20 crédits	TC 20 crédits	Filière 2 20 crédits

Cours BAC filière MAP

- LINMA1315 Complément d'analyse
- LINMA1702 Modèles et méthodes d'optimisation
- LINMA1170 Analyse numérique
- LINMA1691 Mathématiques discrètes I: Théorie et algorithmique des graphes
- LINMA1510 Linear Control
- LINMA1731 Stochastic Processes: Estimation and Prediction

Master MAP

BAC1	Tronc commun ingénieur EPL		
BAC2	Fil. 1 10	Tronc commun ingénieur EPL	Fil. 2 10
BAC3	Filière 1 20	TC 20	Filière 2 20
M1	Cours obligatoires	Options + contacts professionnels (stage, projet, séminaire,...) + autres cours	
M2	Mémoire + intégration pro		

Programme d'études du Master MAP

M1	Cours obligatoires MAP 30 crédits <i>(compléments dans les disciplines fondamentales)</i>	Cours des options 1 à 3: 20 crédits Contacts professionnels (stage, projet, séminaire, etc.): 6 crédits Cours au choix: 40 crédits (parmi les 9 options, ou autres cours moyennant approbation)
M2	Mémoire (Travail d'intégration pro. 2) 25 crédits	
Ainsi que : cours de langues, tutorat, BEST/ATHENS + <i>atelier de communication</i>		

Programme d'études du Master MAP

M1	Cours obligatoires MAP 30 crédits <i>(compléments dans les disciplines fondamentales)</i>	Cours des options 1 à 3: 20 crédits Contacts professionnels (stage, projet, séminaire, etc.): 6 crédits Cours au choix: 40 crédits (parmi les 9 options, ou autres cours moyennant approbation)
M2	Mémoire (Travail d'intégration pro. 2) 25 crédits	
Ainsi que : cours de langues, tutorat, BEST/ATHENS + <i>atelier de communication</i>		

Les cours obligatoires

- LINMA 2171: Numerical analysis: approximation...
- LINMA 2370: Modelling and analysis of dyn. Sys
- LINMA 2380: Matrix Computing
- LINMA 2470: Stochastic Modelling
- LINMA 2471: Optimization models and methods II
- LINMA 2710: Scientific computing

5 crédits par cours → 30 credits

Programme d'études du Master MAP

M1	Cours obligatoires MAP 30 crédits <i>(compléments dans les disciplines fondamentales)</i>	Cours des options 1 à 3: 20 crédits Contacts professionnels (stage, projet, séminaire, etc.): 6 crédits
M2	Mémoire (Travail d'intégration pro. 2) 25 crédits	Cours au choix: 40 crédits (parmi les 9 options, ou autres cours moyennant approbation)
Ainsi que : cours de langues, tutorat, BEST/ATHENS + <i>atelier de communication</i>		

Options du Master MAP

Disciplines fondamentales	<ol style="list-style-type: none">1. Optimization and operations research engineering2. Systems and control engineering3. Computational data engineering and machine learning
Domaines d'application	<ol style="list-style-type: none">4. Artificial Intelligence and its applications5. Financial mathematics6. Cryptography & information security (ELEC/INFO)7. Biomedical engineering
Economie et gestion	<ol style="list-style-type: none">8. Business risks and opportunities9. Interdisciplinary program in entrepreneurship (INEO)

Programme d'études du Master MAP

M1	Cours obligatoires MAP 30 crédits <i>(compléments dans les disciplines fondamentales)</i>	Cours des options 1 à 3: 20 crédits Contacts professionnels (stage, projet, séminaire, etc.): 6 crédits Cours au choix: 40 crédits (parmi les 9 options, ou autres cours moyennant approbation)
M2	Mémoire (Travail d'intégration pro. 2) 25 crédits	
Ainsi que : cours de langues, tutorat, BEST/ATHENS + <i>atelier de communication</i>		

Travaux de fin d'études (= TFE = mémoire)

Quelques exemples

- Brion, Elliott : "**Extracting patterns of deformations in patients treated for prostate cancer by protontherapy**", Promoteur : Macq, Benoît
- Chen, Xing. "**Design and Control of a Bipedal Robot**". Promoteur: Jungers, Raphael.
- Laterre, Alexandre : "**Distributed Algorithm for Optimal Power Flow on Multiphase Distribution Networks**", Promoteurs : Papavasiliou, Anthony & de Maere d'Aertrycke, Gauthier (ENGIE)
- Mosseray, Louis-Charles (mémoire CPME) : "**Projet de création d'une entreprise visant à rentabiliser l'opportunité créée par une rupture technologique dans le domaine du diagnostic de la tuberculose**", Promoteur : Delvenne, Jean-Charles (Carlos Desmet, Yves De Cordt)
- Rahir, Rémi : "**Statistical methods for exoplanet detection**", Promoteurs : Absil, Pierre-Antoine & Jacques, Laurent
- Schiltz, Félicien (MAP) - Gérardy, Julien (ELME) : "**Suivi d'une cible mobile par des drones autonomes**", Promoteur : Hendrickx, Julien

Travaux de fin d'études (= TFE = mémoire)

Quelques exemples

- Sedda, Mélanie : "***Etude des patterns de consommation dans les sites de la RTBF et premières modélisations d'un algorithme de recommandation***", Promoteur : Delvenne, Jean-Charles
- Plumacher Marc: "***Modeling of a binomial decision tree for real options***"
Promoteurs: Hendrickx Julien & Devolder, Pierre
- Muguerza Bengoechea Gauthier: "***Stochastic Gradient Methods for Matrix Completion***", Promoteur: Absil, Pierre-Antoine
- Bouchat Jean: "***Reinforcement learning for the optimal control of hybrid systems***",
promoteur: Jungers, Raphaël M
- Di Giovanni Julien: "***Diffusion and epidemics on networks***", Promoteur: Delvenne, Jean-Charles
- Berthe, Jonathan : "***Initialisation réaliste de la composante dynamique d'un modèle de glace de mer à partir d'observations satellitaires de la banquise arctique***", Promoteurs : Legat, Vincent & Fichet, Thierry
- De Poorter Alexia and Hartman Marie: « ***Automated estimation of performance of optimization methods*** » Promoteurs: Glineur Francois et Hendrickx, Julien

Master MAP : autres opportunités

Modules complémentaires du Master MAP

- Module en **mathématiques financières**
Accès direct au 2nd bloc annuel du Master en sciences actuarielles
- Module en **biostatistique et technométrie**
Accès direct au 2nd bloc annuel* du Master en statistique, orientation biostatistique
- **Module en statistique générale et mathématique**
Accès direct au 2nd bloc annuel du Master en statistique, orientation générale

Echanges récents en MAP

- Echanges ERASMUS/SOCRATES (Europe) : KTH Stockholm, Trondheim, UPC Barcelona, TU Delft, KU Leuven,...
- Echanges MERCATOR (USA, Amérique latine, Asie) : Ecole Polytechnique de Montréal, Valparaiso University (Chili)
- **Dual masters** (1 an UCL + 1 an ailleurs) en mathématiques appliquées
 - KTH Stockholm (MAP only)
 - KU Leuven : *Wiskundige Ingenieurstechnieken*
- Autres doubles diplômes (en 6 ans)
 - TIME (*Ecole centrale Paris, Politecnico di Torino, etc.*)
 - *Ecole Polytechnique de Montréal*

Exemples d'insertion professionnelle des diplômés du Master MAP

Métiers et débouchés

Quelques entreprises ayant récemment engagé nos diplômés

- **Énergie**

Electrabel, GDF-Suez, Tractebel
Engineering

- **Finances & assurances**

BNP Paribas Fortis, Aon Global Risk
Consulting, ING, Mercer, Secura-re,
Reacfin, régulateurs

- **Consultance**

Deloitte Consulting,
PriceWaterhouseCoopers, McKinsey,
Bain & Company

- **Industrie aéronautique et spatiale :**

CENAERO

- **Startups:** Cowboy, Riaktr

- **Industrie de production**

Procter & Gamble, Solvay S.A., GSK

- **Industrie pharmaceutique**

Baxter, Merck

- **Informatique**

Altran, Sopra, Amadeus, Axen,
Mainsys, SIM Corp., Google

- **Transports** Stratec

- **Consultance technologique**

N-Side, ARHS Developments, OM
Partners, Capgemini, Eura Nova,
HERMES Engineering

De MAP à Google et OpenAI



Source: https://www.youtube.com/watch?v=OXOypK7_90c&t=1s

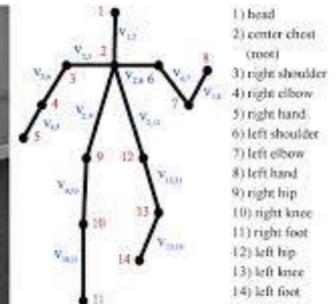
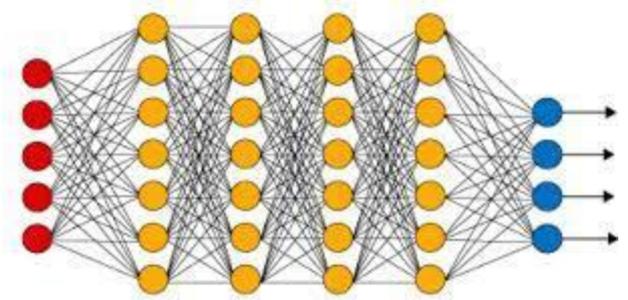
MAP 2014 -> 9 ans chez Google puis Deepmind -> engineering lead chez OpenAI

Exemples de sujets dans l'option

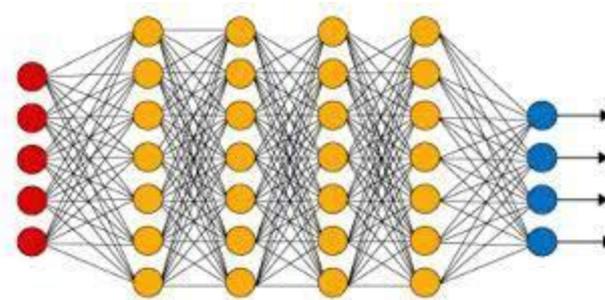
« 3. Computational data engineering and machine learning »

Research interests:

- Optimization
- Machine / deep learning
- Applications of mathematics in other sciences: biomedical signal processing, action recognition in videos, wind modeling, quantum tomography, ...



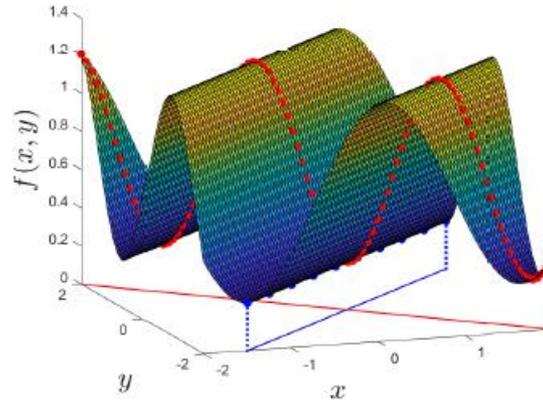
What is a deep neural network?



- **Outstanding results in many applications** such as image recognition, natural language processing, protein folding prediction
- Depends on a **huge number of parameters** (several billions – one trillion)
- **Many open questions on mathematics of deep learning!**

High dimensional optimization

Often many invariances..



How to exploit this algorithmically?

(Gilles Scouvard)

Pour plus d'informations

- N'hésitez pas à nous contacter

pascale.premereur@uclouvain.be

- Nombreuses informations sur notre Moodle:

<https://moodle.uclouvain.be/course/view.php?id=1223>



Questions?

Suite: visite des
laboratoires d'automatique