



Développeur d'Intelligence Artificielle Appliquée

Cours #11

www.impactia.org

Structure de la formation

- **#1: Introduction**
- **#2: Vision**
- **#3: Vision**
- **#4: Vision**
- **#5: Renforcement**
- **#6: Renforcement**
- **#7: Renforcement**
- **#8: Langage**
- **#9: Langage**
- **#10: Projet**
- **#11: Langage**
- #12: IA génératif
- #13: IA génératif
- #14: Projet
- #15: Présentation projet

Semaines dernières (#9 et #10)

- Génération de texte
 - Avec Python et PyTorch
 - De zéro !
- Projets
 - Analyse d'opportunités IA
 - Brainstorming & sélection de vos projets

Aujourd'hui : Cours #11

- Pratique
 - Génération de texte
 - ...avec PyTorch (suite)
 - ...avec Mistral
 - ...avec GPT-4
- Théorie
 - Panoramas des modèles de langues actuels
 - Modèles multi-modaux
 - Comment sont entraînés les modèles modernes ?

Vos projets

Projet

- Présentation finale
 - En personne à l'IFAGE
 - Le 25 juin aux heures normales
 - Présentation (10min) + questions (5min)
- Le projet
 - But du projet à validé avant la fin du mois
 - Rendu soit le 25 juin, soit jusqu'au 25 juillet
 - 20 à 40h de travail
- Accepté/non accepté
 - La démarche est la partie importante !

Format de rendu

- Présentation (Slides)
 - 10 minutes de contenu
 - But du projet
 - Méthodes utilisées
 - Challenges/surprises
 - Résultats obtenus
- Code source
 - Notebook
 - Et/ou repository

Traitement du Langage Naturel (NLP)

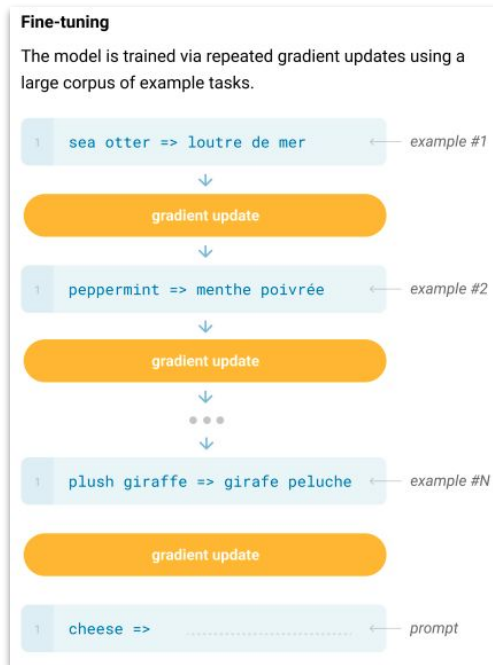
Comment entraîner un modèle ?

2010-2017: entraînement de zéro

Création d'un nouveau modèle pour chaque tâche

2018: modèles pré-entraînés

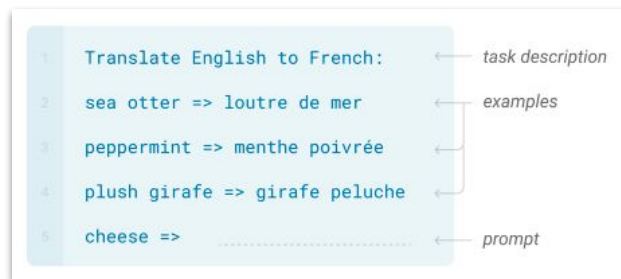
Réutilisation de modèles grâce à l'apprentissage par transfert



Comment entraîner un modèle ?

2019: apprentissage “few shots”

Création d'un nouveau modèle pour chaque tâche



2020: apprentissage “zero shot”

Réutilisation de modèles grâce à l'apprentissage par transfert

The model predicts the answer given only a natural language description of the task. No gradient updates are performed.



Comment entraîner un modèle ?

2021: interface conversationnel

Interaction avec le modèle sous forme d'une discussion

2021 : apprentissage "RLHF"

Amélioration du modèle en utilisant du renforcement de l'apprentissage par les retours humains



Mise en pratique

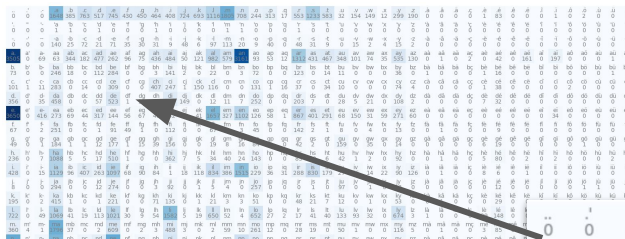
Génération de texte

<https://colab.research.google.com/drive/19ReGfGnk-ECxpEFDZC53IFVbrzFIDDni>



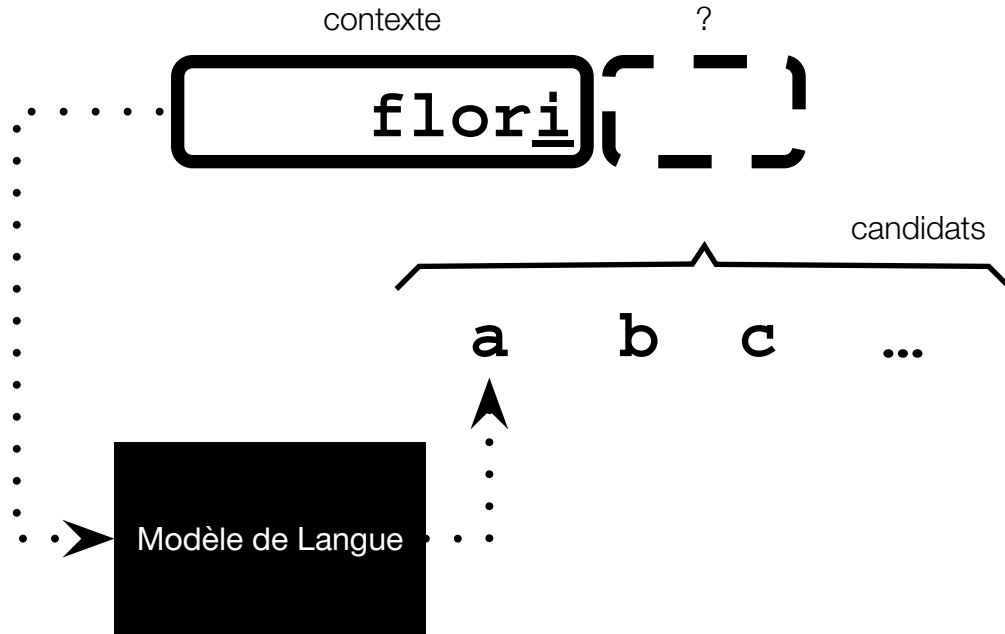
Modèle de langue

Etant donné le premier caractère, quelle est la probabilité de rencontrer le deuxième caractère ?



| | | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s |
|---|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| a | 0 | 1648 | 385 | 763 | 517 | 745 | 430 | 450 | 464 | 408 | 724 | 693 | 1116 | 1805 | 708 | 244 | 313 | 17 | 553 | 1233 |
| b | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| c | 0 | -a | -b | -c | -d | -e | -f | -g | -h | -i | -j | -k | -l | -m | -n | -o | -p | -q | -r | -s |
| d | 0 | 140 | 25 | 72 | 21 | 71 | 35 | 30 | 31 | 9 | 48 | 6 | 97 | 113 | 20 | 9 | 40 | 4 | 48 | 31 |
| e | 0 | aa | ab | ac | ad | ae | af | ag | ah | ai | aj | ak | al | am | an | ao | ap | aq | ar | as |
| f | 0 | 69 | 63 | 344 | 182 | 477 | 262 | 96 | 436 | 484 | 50 | 121 | 982 | 579 | 8161 | 93 | 53 | 12 | 1312 | 431 |
| g | 0 | ba | bb | bc | bd | be | bf | bg | bh | bi | bj | bk | bl | bm | bn | bo | bp | bq | br | bs |
| h | 0 | 0 | 246 | 18 | 0 | 112 | 284 | 0 | 3 | 141 | 2 | 0 | 22 | 0 | 3 | 72 | 0 | 0 | 123 | 0 |
| i | 0 | c | ca | cb | cc | cd | ce | cf | cg | ch | ci | cj | ck | cl | cm | cn | co | cq | cr | cs |
| j | 101 | 1 | 11 | 283 | 0 | 14 | 0 | 309 | 0 | 407 | 247 | 1 | 150 | 116 | 0 | 0 | 131 | 16 | 37 | 0 |
| k | 0 | d | da | db | dc | dd | de | df | dg | dh | di | dj | dk | dl | dm | dn | do | dq | dr | ds |
| l | 0 | 356 | 0 | 35 | 458 | 0 | 57 | 523 | 10 | 23 | 449 | 149 | 0 | 12 | 11 | 7 | 252 | 0 | 203 | 7 |
| m | 0 | ea | eb | ec | ed | ee | ef | eg | eh | ei | ej | ek | el | em | en | eo | ep | eq | er | es |
| n | 0 | 416 | 273 | 69 | 44 | 317 | 144 | 56 | 67 | 47 | 142 | 19 | 41 | 1657 | 327 | 1102 | 126 | 58 | 1 | 867 |
| o | 0 | f | fa | fb | fc | fd | fe | ff | fg | fh | fi | fj | fk | fl | fm | fn | fo | fq | fr | fs |
| p | 67 | 0 | 2 | 251 | 0 | 0 | 1 | 91 | 49 | 1 | 0 | 112 | 0 | 67 | 0 | 3 | 45 | 0 | 142 | 2 |
| q | 0 | g | ga | gb | gc | gd | ge | gf | gg | gh | gi | gj | gk | gl | gm | gn | go | gp | gq | gs |
| r | 49 | 0 | 1 | 184 | 1 | 12 | 177 | 15 | 39 | 156 | 0 | 0 | 0 | 8 | 16 | 84 | 0 | 0 | 42 | 0 |
| s | 0 | h | ha | hb | hc | hd | he | hf | hg | hh | hi | hj | hk | hl | hm | hn | ho | hq | hr | hs |
| t | 236 | 0 | 7 | 1088 | 5 | 5 | 17 | 510 | 1 | 0 | 362 | 7 | 5 | 34 | 40 | 24 | 143 | 0 | 85 | 10 |
| u | 0 | i | ia | ib | ic | id | ie | if | ig | ih | ii | ij | ik | il | im | in | io | ip | iq | is |
| v | 428 | 0 | 15 | 1129 | 96 | 407 | 263 | 1097 | 68 | 90 | 84 | 1 | 18 | 118 | 834 | 386 | 1515 | 229 | 36 | 288 |

Génération de texte



Evaluation du modèle

Log vraisemblance négative moyenne: 2.47

```
e.  
ma.  
catrin.  
nan.  
mallixiend.
```

```
marley  
.m : probabilité: 0.123  
ma : probabilité: 0.454  
ar : probabilité: 0.088  
rl : probabilité: 0.024  
le : probabilité: 0.139  
ey : probabilité: 0.025  
y. : probabilité: 0.240
```

Evaluation du modèle

 b ?

Evaluation du modèle

 b ?

*gab*rielle

barnabé

baptiste

Evaluation du modèle

Besoin de plus de *contexte* !

 b ?

*gab*rielle

barnabé

baptiste

Contexte plus long

[illegible]

1 caractère :

2 caractères :

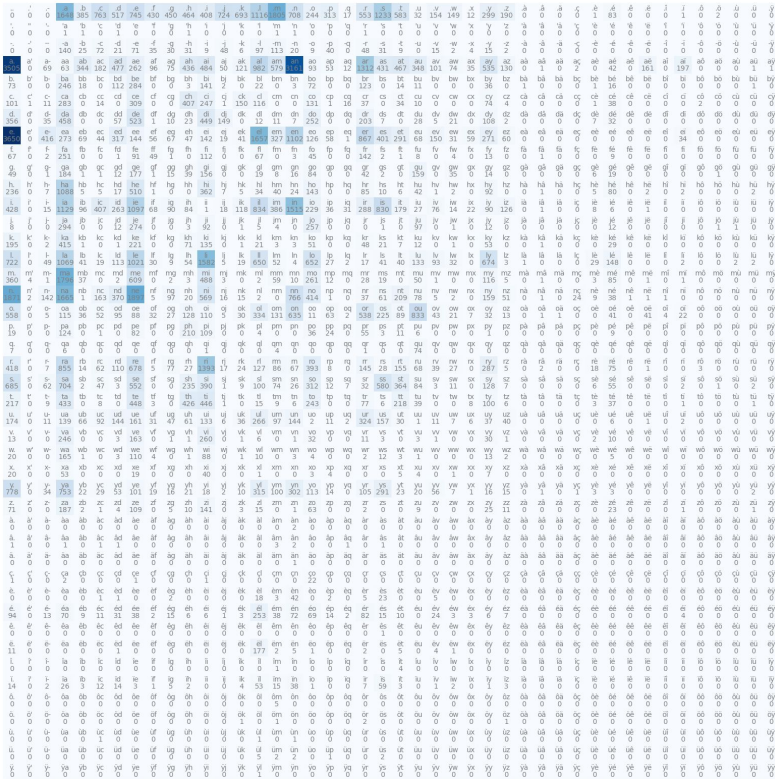
3 caractères :

40 x 40

1600 x 1600

64000 x 64000

Contexte plus long

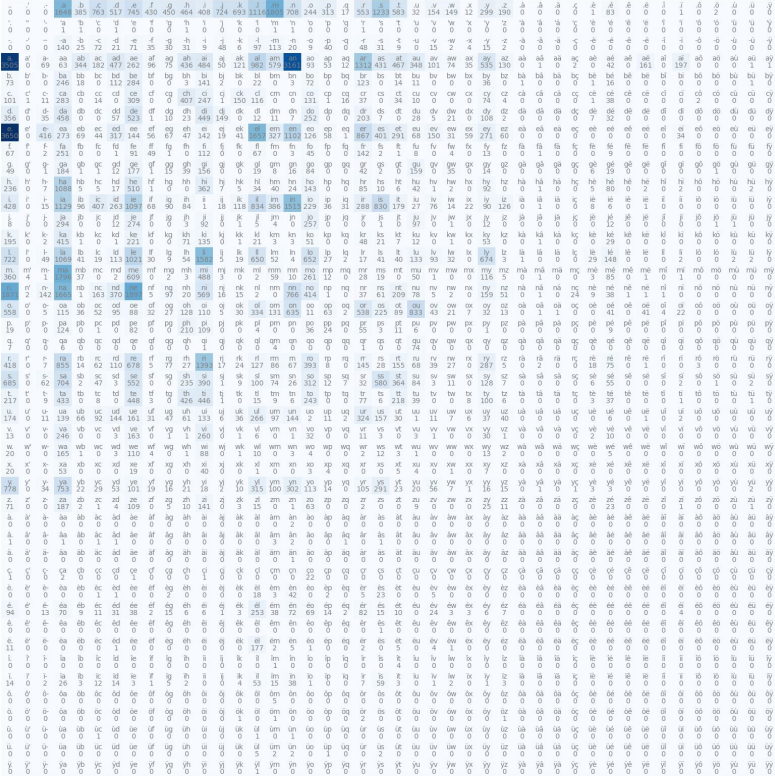


- 1 caractère : 40 x 40
- 2 caractères : 1600 x 1600
- 3 caractères : 64000 x 64000
- ...
- 10 caractères : 1.05e16 x 1.05e16



La “malédiction de la dimension”
–Richard Bellman

Contexte plus long



- 1 caractère : 40 x 40
- 2 caractères : 1600 x 1600
- 3 caractères : 64000 x 64000
- ...
- 10 caractères : 1.05e16 x 1.05e16



La “malédiction de la dimension”
–Richard Bellman

Solution : réseaux de neurones !

Mise en pratique

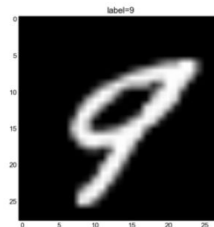
Génération de texte avec réseau de neurone

<https://colab.research.google.com/#create=true>



Encodage des labels

Image :



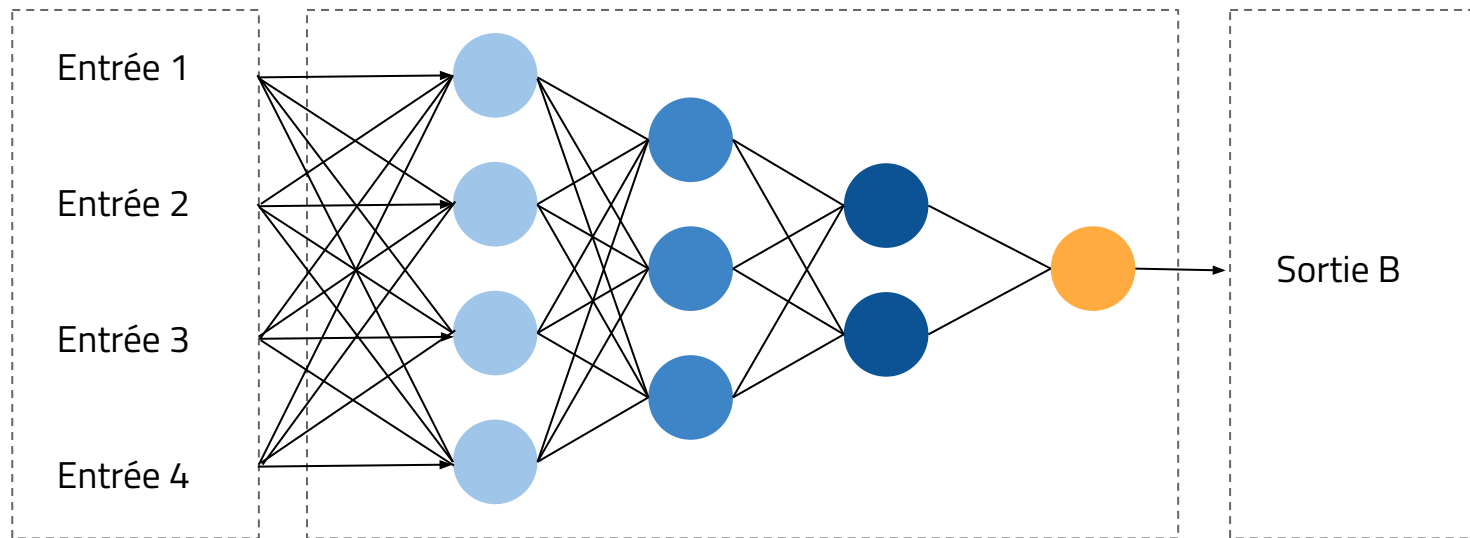
Label :

9

Label,
représenté en "one-hot" :

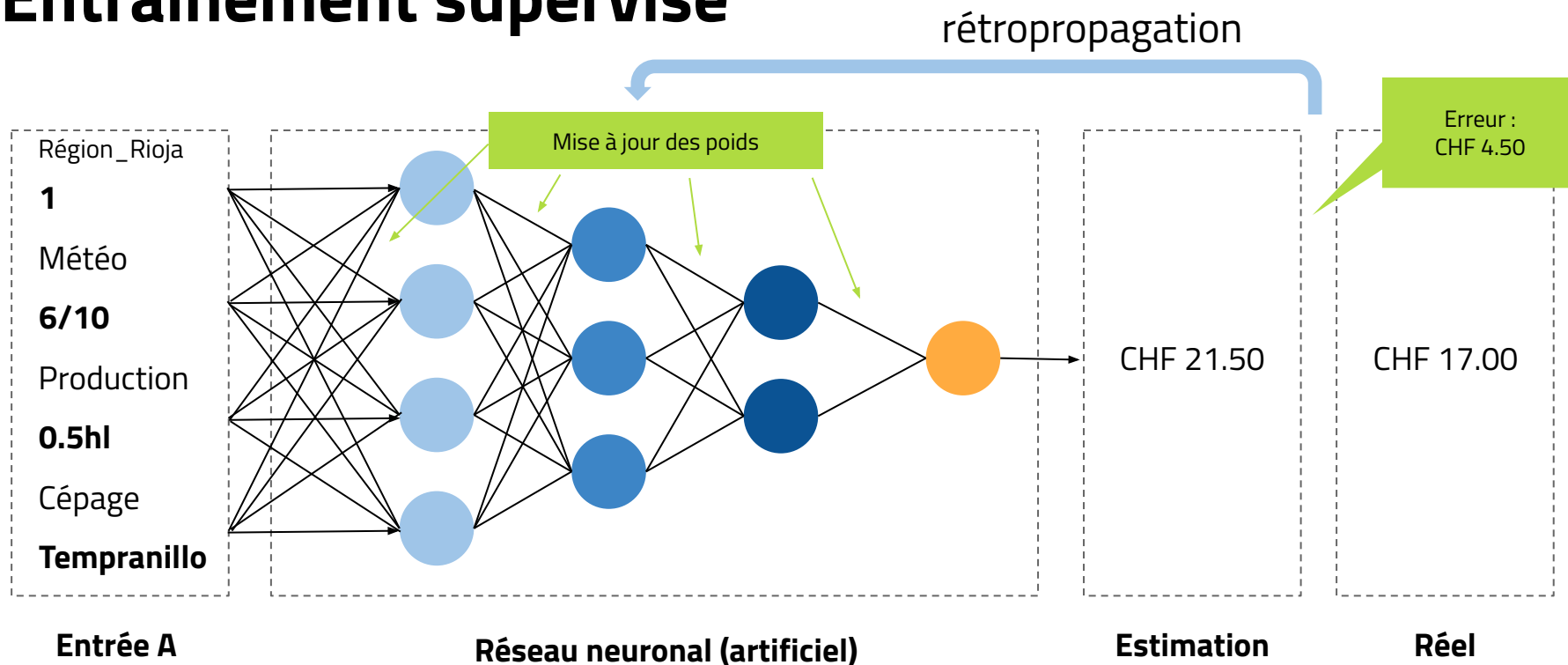
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1

Réseaux neuronaux

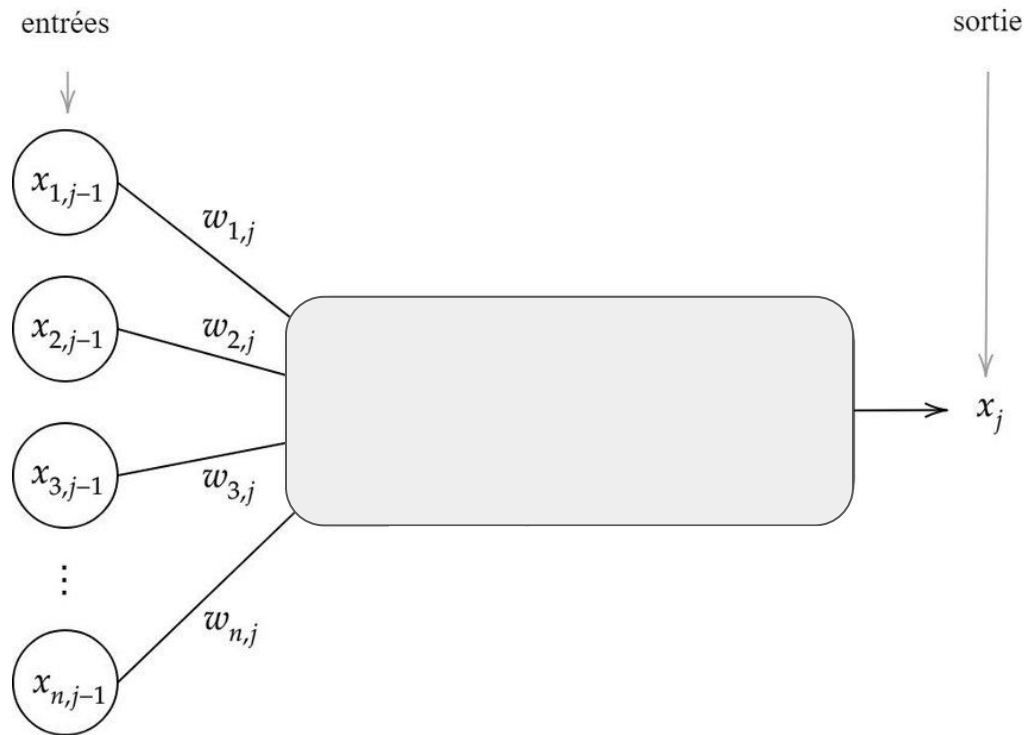


Modèle

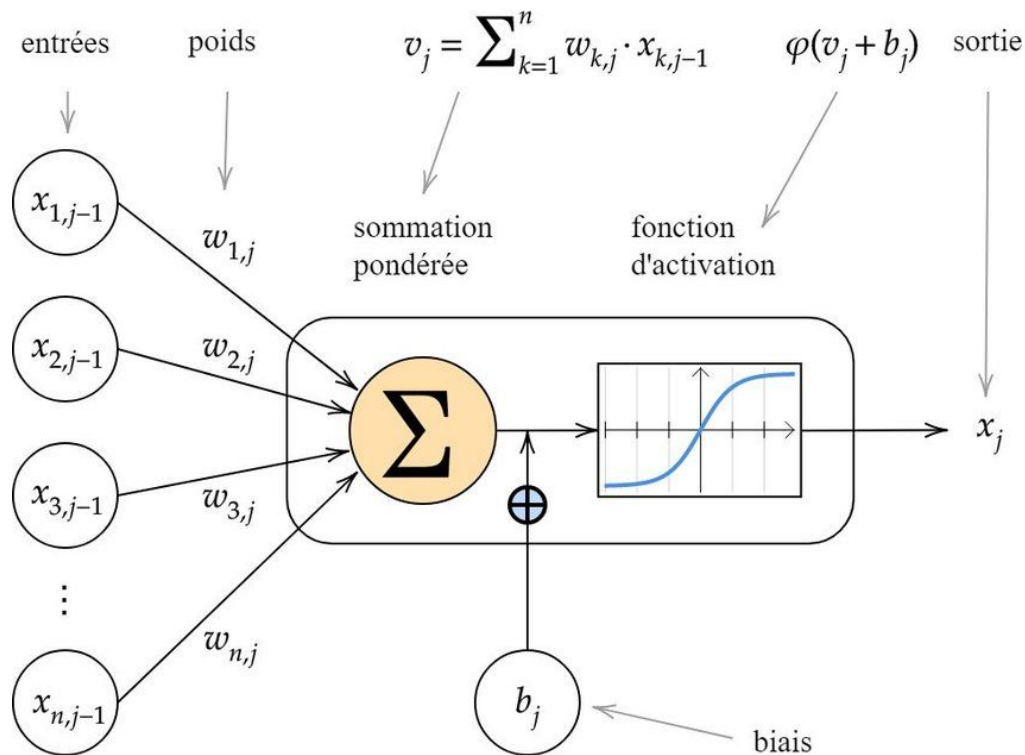
Entraînement supervisé



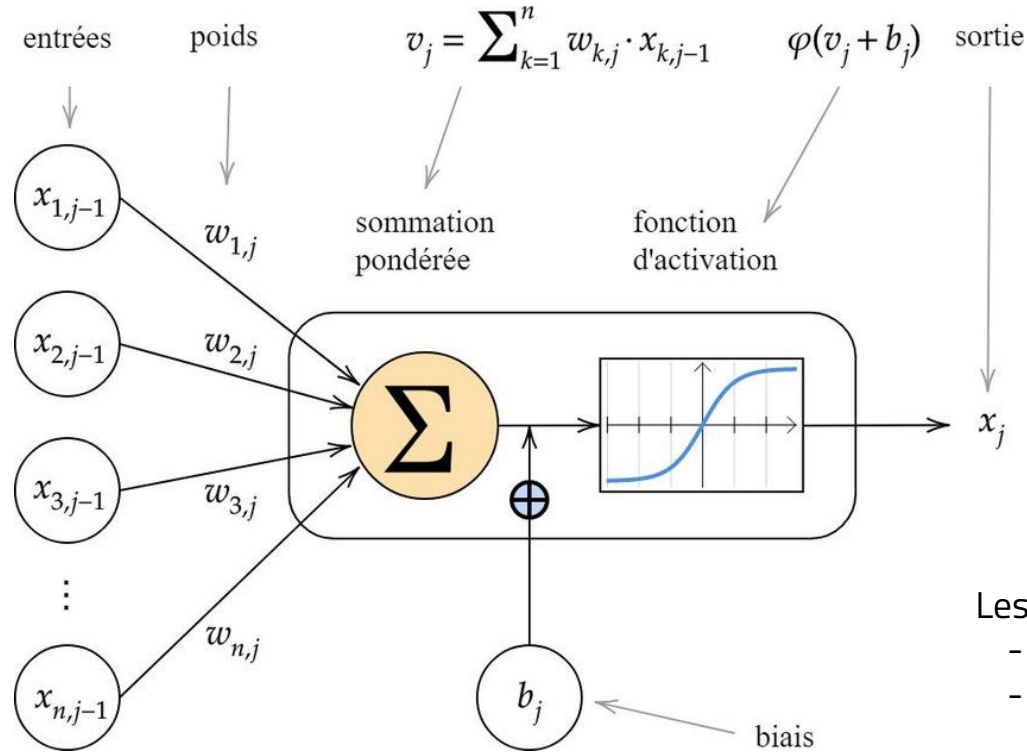
Regardons un seul neurone



Regardons un seul neurone



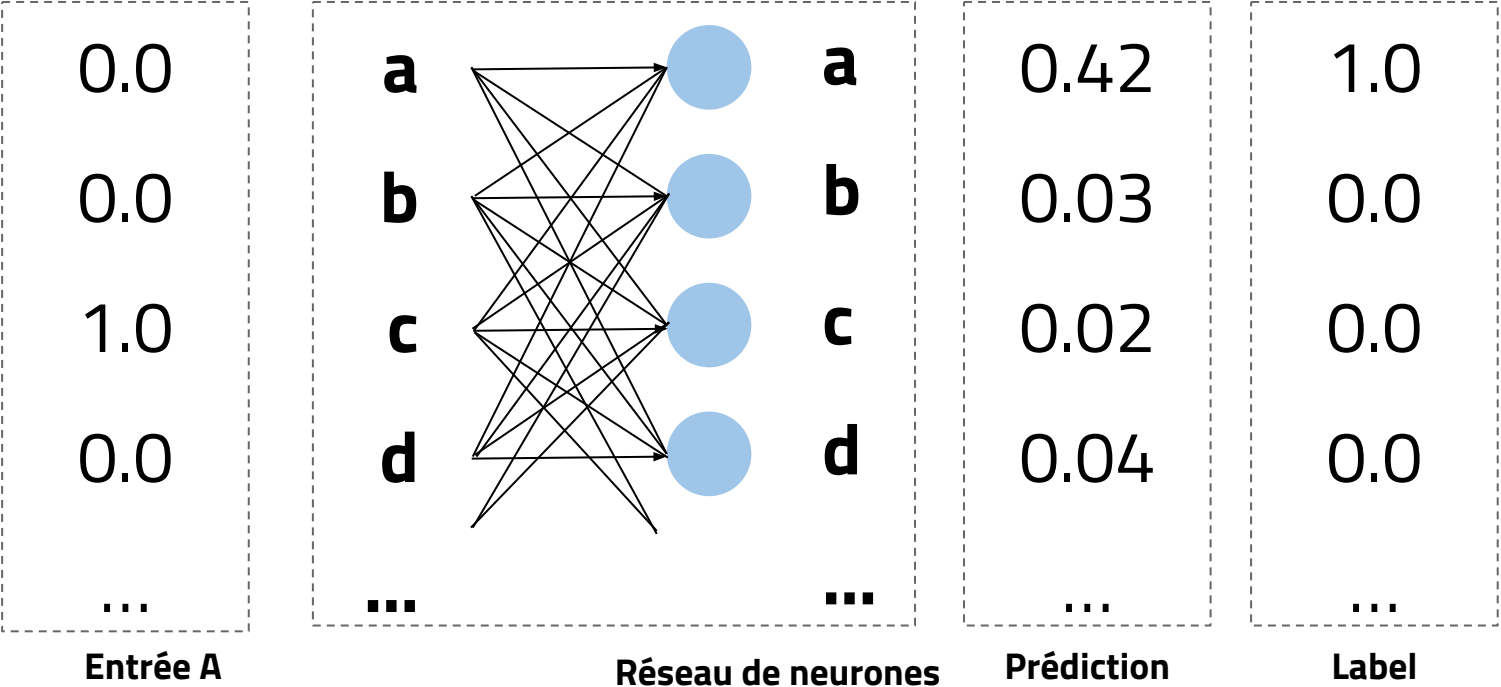
Regardons un seul neurone



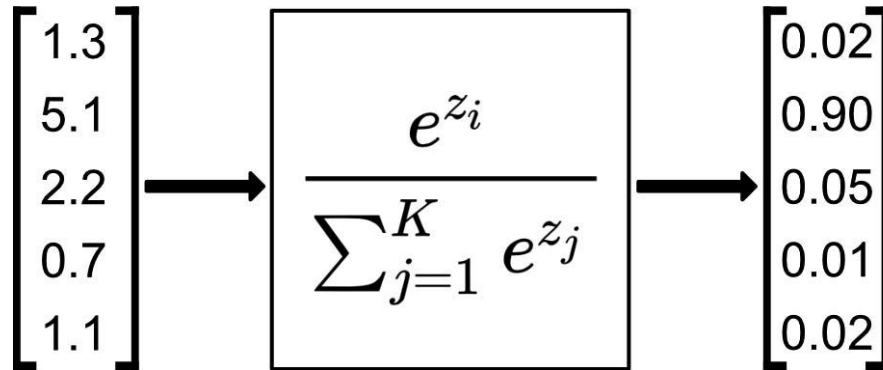
Les "paramètres" sont

- les poids
- les biais

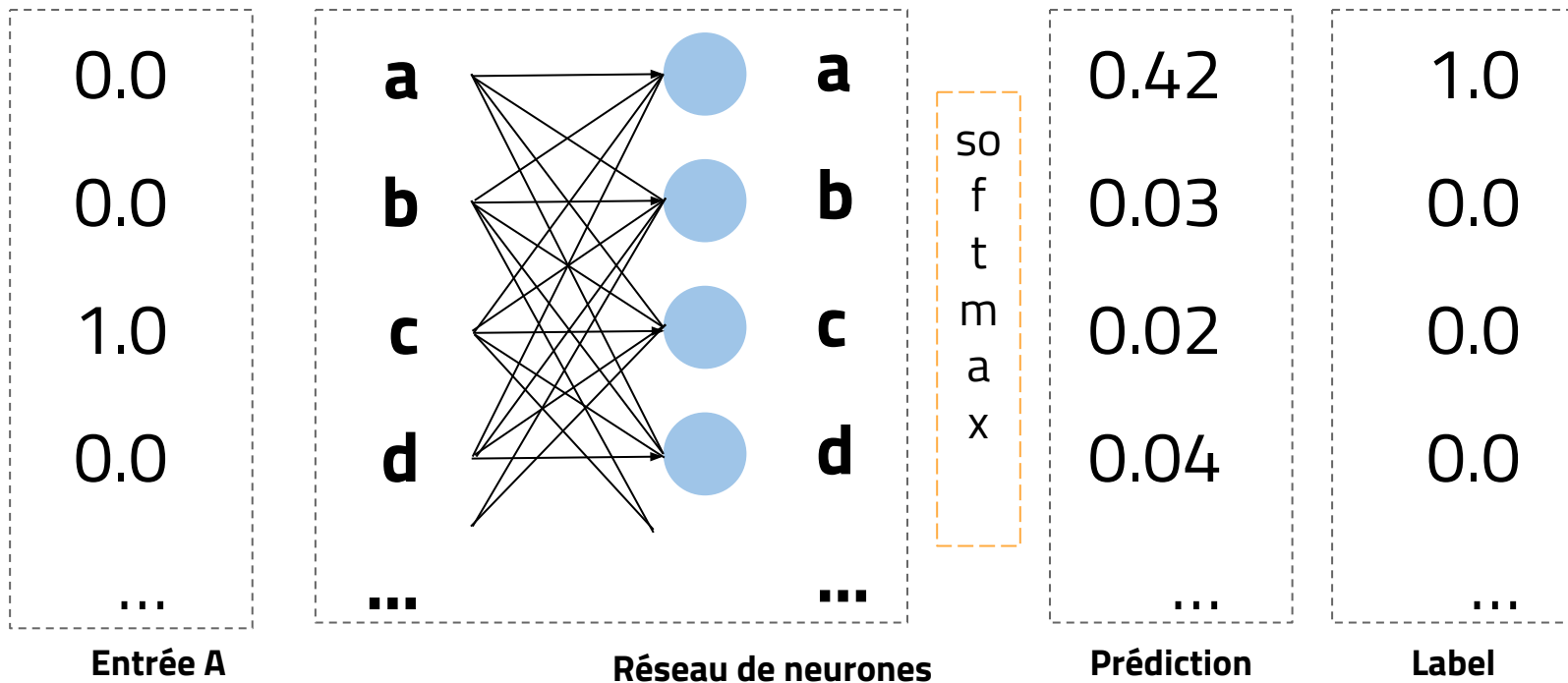
Entraînement supervisé pour classification



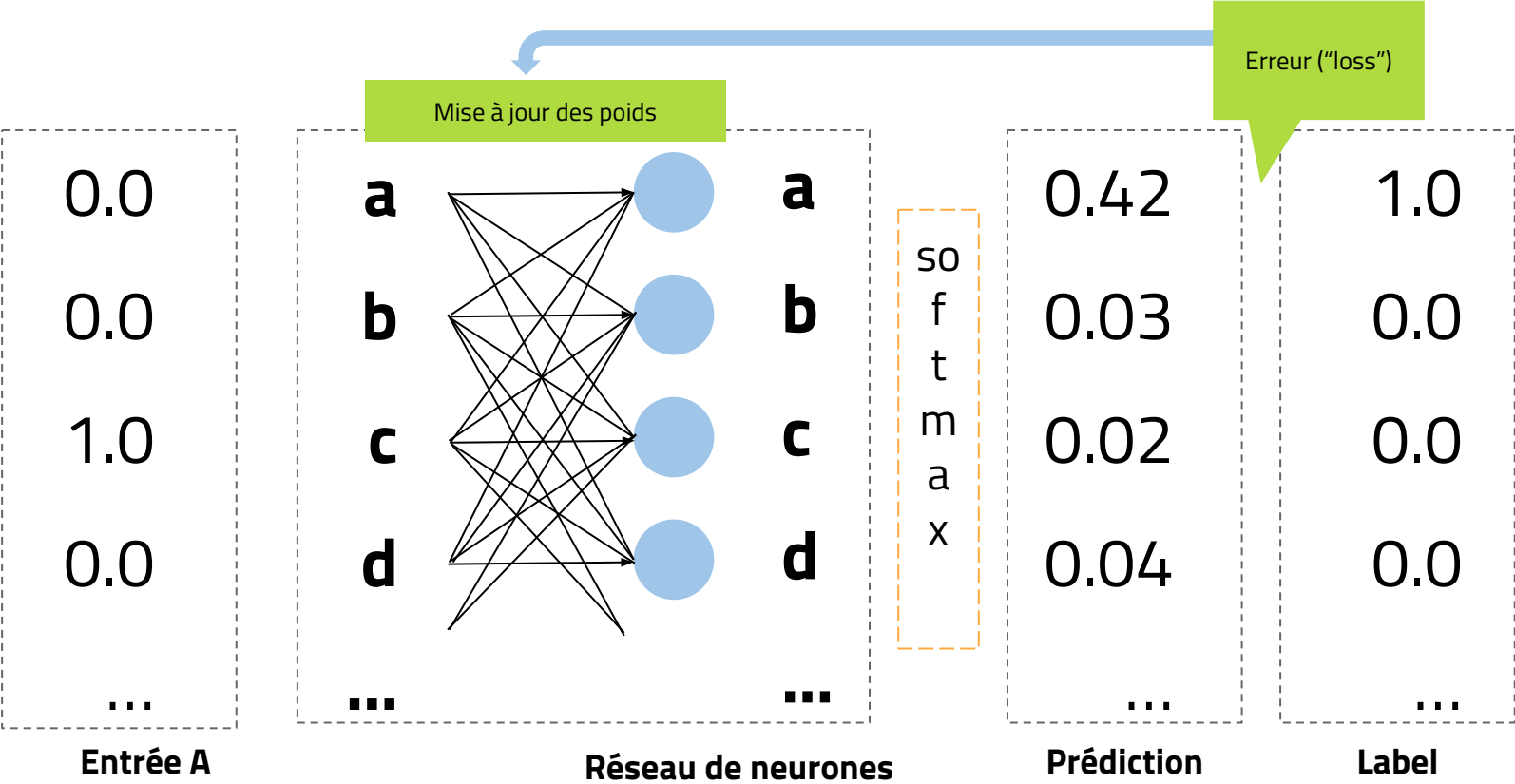
Fonction Softmax pour la Classification



Entraînement supervisé pour classification



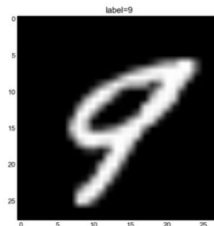
Entraînement supervisé pour classification



Plus de couches !

Plongements sémantiques ("word embeddings")

Image :



Label :

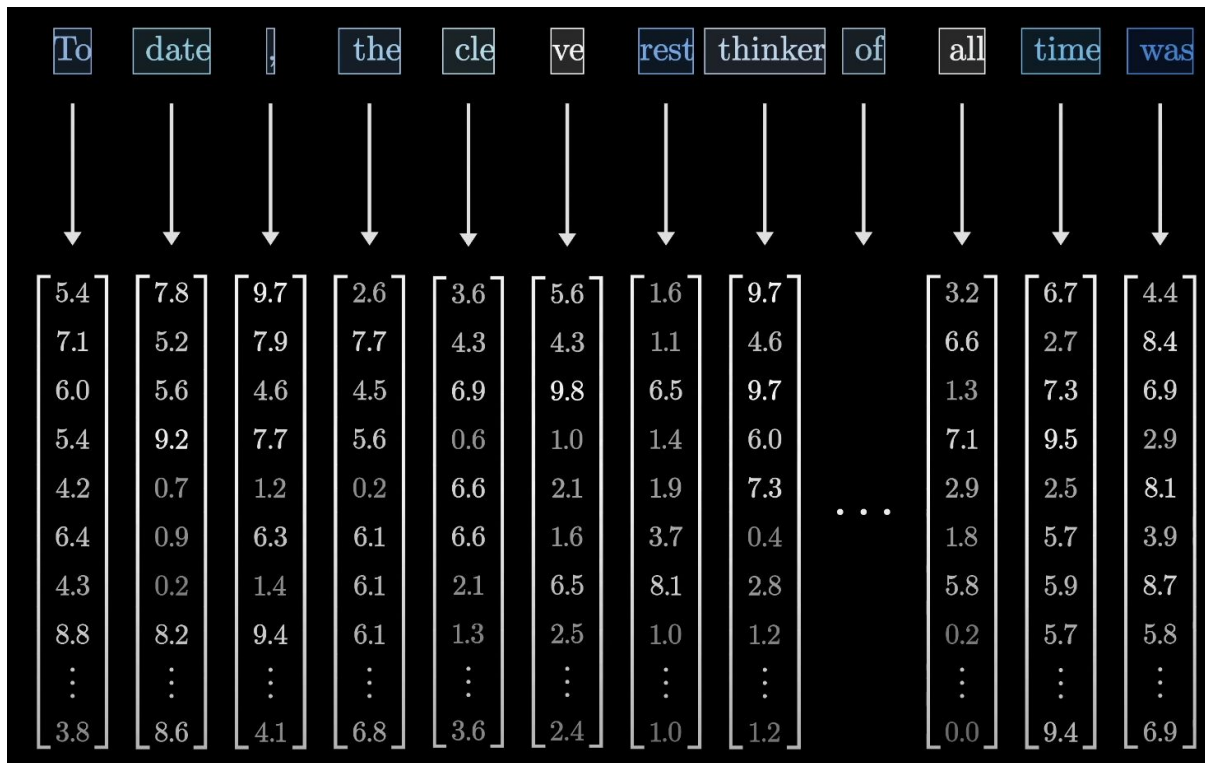
9

Label en "one-hot" :

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1

Peut-on faire plus efficace ?

Embeddings



"But what is a GPT? Visual intro to transformers | Chapter 5, Deep Learning" <https://youtu.be/wjZofjX0v4M>

Modèle à 3 couches

“A Neural Probabilistic Language Model”, Bengio et al., 2003

<https://www.jmlr.org/papers/volume3/bengio03a/bengio03a.pdf>

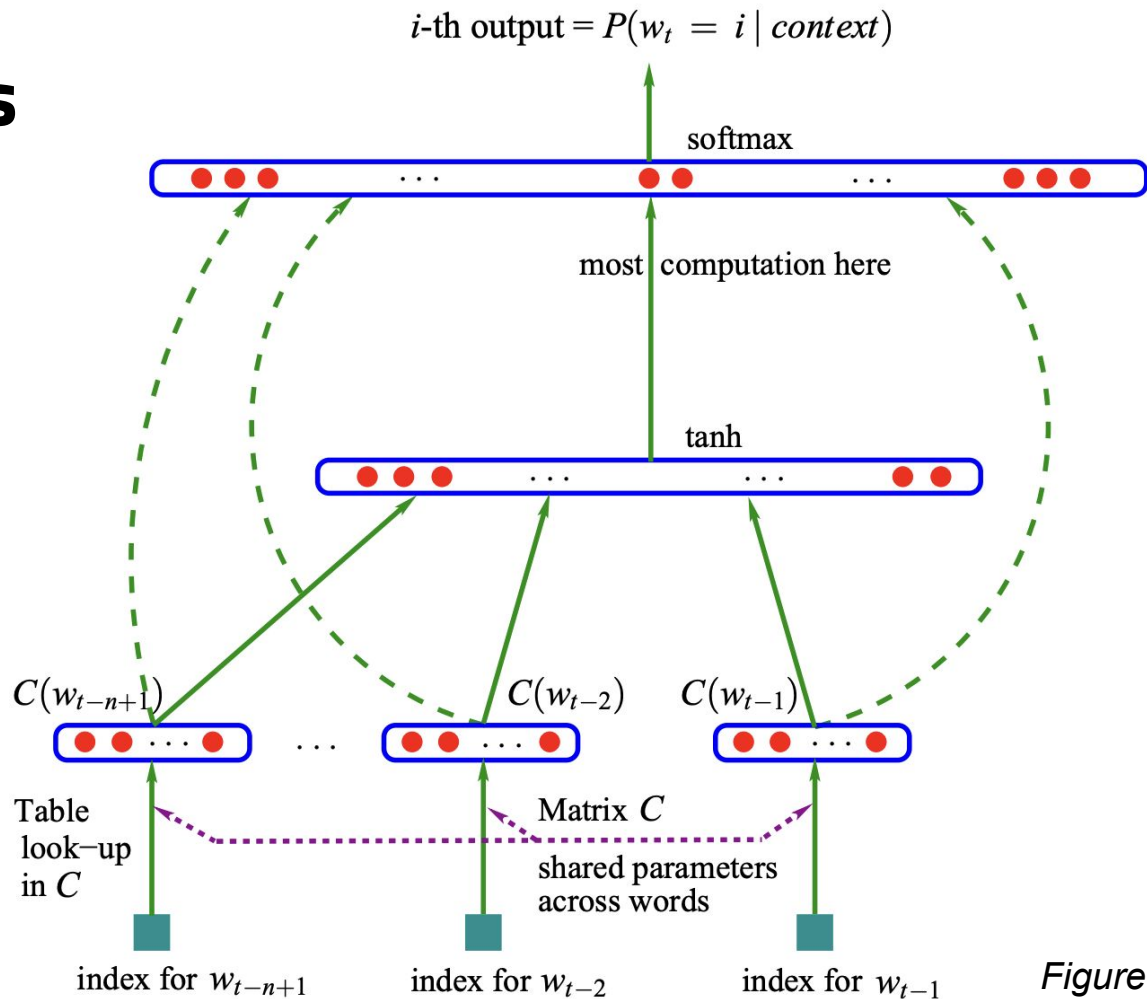
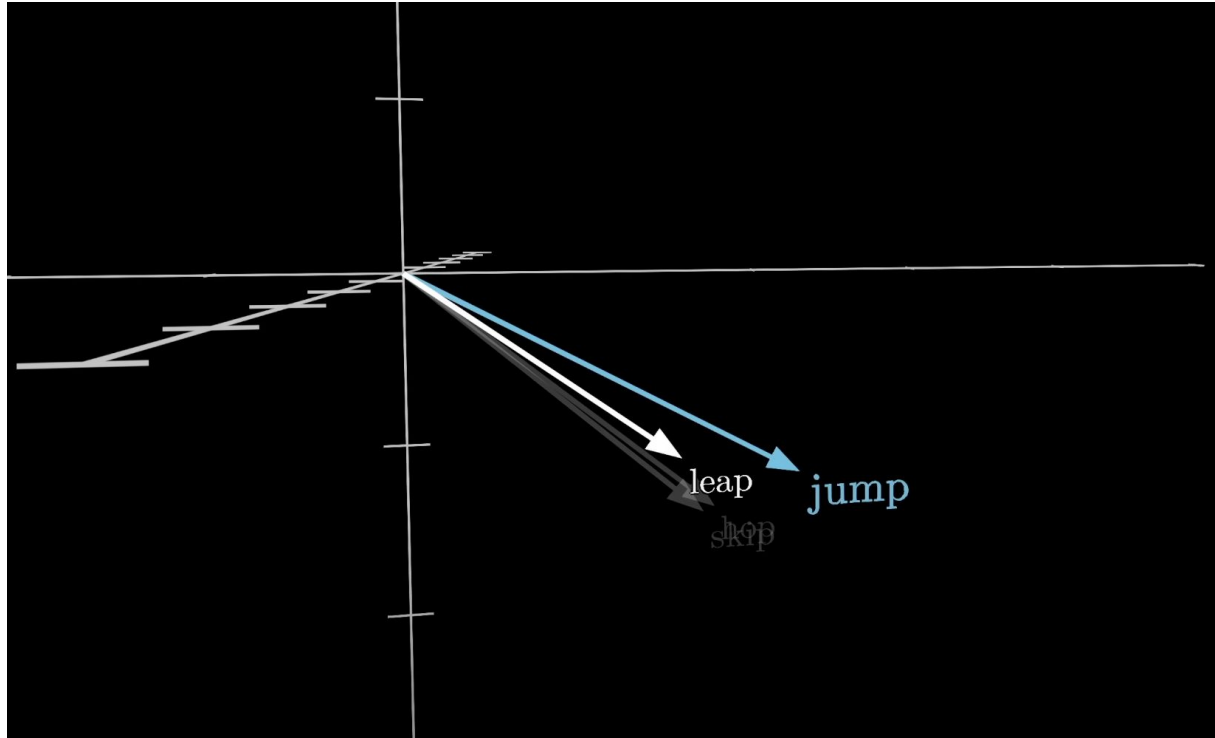


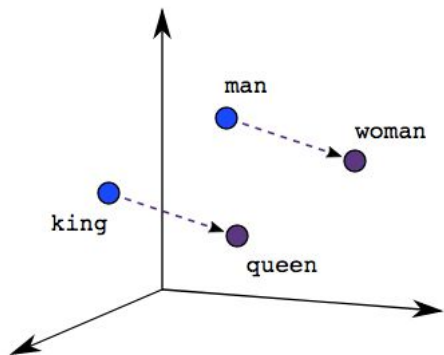
Figure 1

Embeddings

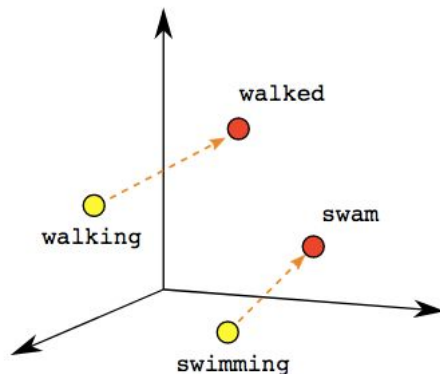


"But what is a GPT? Visual intro to transformers | Chapter 5, Deep Learning" <https://youtu.be/wjZoflX0v4M>

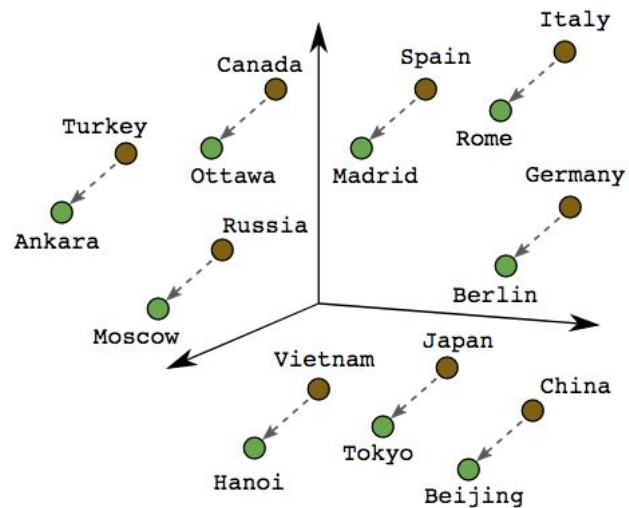
Embeddings



Male-Female

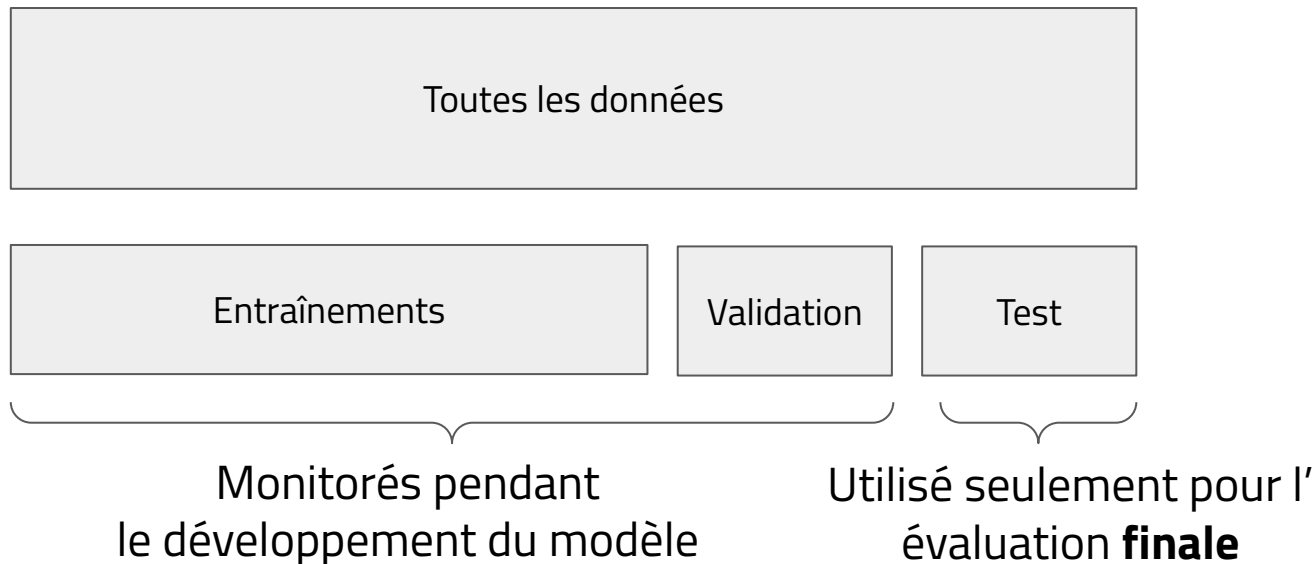


Verb Tense



Country-Capital

Jeux de données : “train”, “validate”, “test”



Pour aller plus loin...



Let's build the GPT Tokenizer

490K views • 3 months ago



[1hr Talk] Intro to Large Language Models

1.8M views • 6 months ago



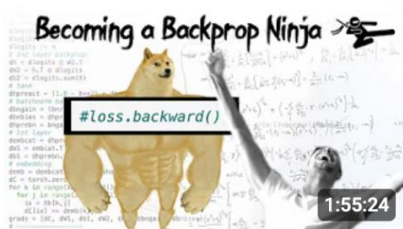
Let's build GPT: from scratch, in code, spelled out.

4.3M views • 1 year ago



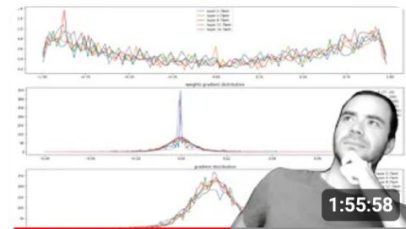
Building makemore Part 5: Building a WaveNet

158K views • 1 year ago



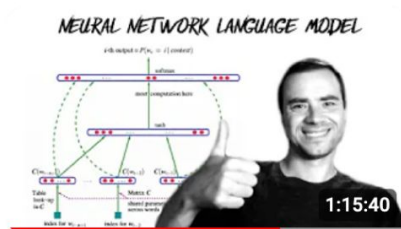
Building makemore Part 4: Becoming a Backprop Ninja

174K views • 1 year ago



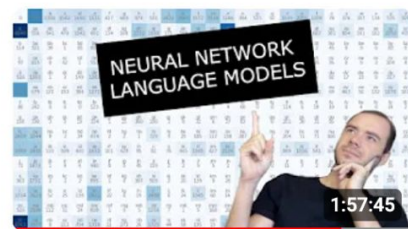
Building makemore Part 3: Activations & Gradients, BatchNorm

249K views • 1 year ago



Building makemore Part 2: MLP

280K views • 1 year ago



The spelled-out intro to language modeling: building makemore

598K views • 1 year ago

<https://www.youtube.com/@AndrejKarpathy>

Encore plus de couches !

```
nb_params = sum(p.nelement() for p in parameters)
print(f"Notre modèle à {nb_params} paramètres")
```

Notre modèle à 14007 paramètres

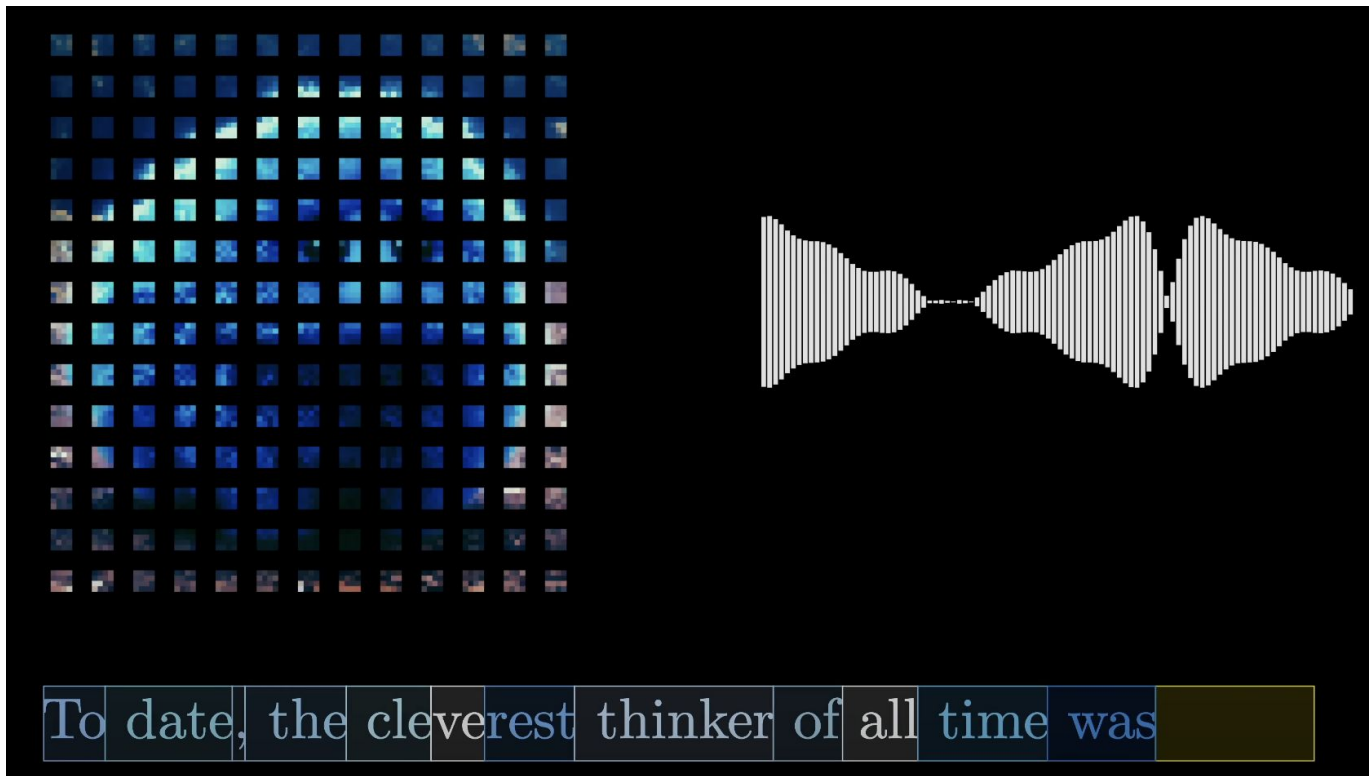


LMSYS Chatbot Arena Leaderboard

| Rank* (UB) | Model | Arena Elo | 95% CI | Votes | Organization | License | Knowledge Cutoff |
|---------------|---|--------------|--------|--------|--------------|-------------------|---------------------|
| 1 | GPT-4o-2024-05-13 | 1290 | +5/-4 | 22784 | OpenAI | Proprietary | 2023/10 |
| 2 | Gemini 1.5 Pro API-0409-Preview | 1258 | +3/-3 | 55731 | Google | Proprietary | 2023/11 |
| 2 | GPT-4-Turbo-2024-04-09 | 1257 | +3/-3 | 55236 | OpenAI | Proprietary | 2023/12 |
| 4 | GPT-4-1106-preview | 1252 | +2/-3 | 77548 | OpenAI | Proprietary | 2023/4 |
| 4 | Claude 3 Opus | 1249 | +3/-2 | 114090 | Anthropic | Proprietary | 2023/8 |
| 4 | GPT-4-0125-preview | 1246 | +3/-2 | 70790 | OpenAI | Proprietary | 2023/12 |
| 6 | Yi-Large-preview | 1241 | +4/-4 | 23822 | 01 AI | Proprietary | Unknown |
| 8 | Bard (Gemini Pro) | 1208 | +7/-5 | 11853 | Google | Proprietary | Online |
| 8 | Llama-3-70B-Instruct | 1208 | +3/-2 | 114054 | Meta | Llama 3 Community | 2023/12 |
| 9 | Claude 3 Sonnet | 1202 | +3/-2 | 90578 | Anthropic | Proprietary | 2023/8 |
| 9 | Reka-Core-20240501 | 1201 | +3/-3 | 34432 | Reka AI | Proprietary | Unknown |
| 12 | Command R+ | 1189 | +2/-2 | 57513 | Cohere | CC-BY-NC-4.0 | 2024/3 |
| 12 | GPT-4-0314 | 1186 | +3/-3 | 52808 | OpenAI | Proprietary | 2021/9 |
| 12 | GLM-4-0116 | 1184 | +6/-6 | 6990 | Zhipu AI | Proprietary | Unknown |
| 12 | Qwen-Max-0428 | 1184 | +5/-4 | 21027 | Alibaba | Proprietary | Unknown |
| 14 | Claude 3 Haiku | 1178 | +3/-2 | 80807 | Anthropic | Proprietary | 2023/8 |
| 17 | Qwen1.5-110B-Chat | 1164 | +4/-4 | 17836 | Alibaba | Qianwen LICENSE | 2024/4 |
| 17 | GPT-4-0613 | 1161 | +3/-3 | 74440 | OpenAI | Proprietary | 2021/9 |

<https://chat.lmsys.org/?leaderboard>

Tokens



“But what is a GPT? Visual intro to transformers | Chapter 5, Deep Learning” <https://youtu.be/wjZofjX0v4M>

Tokens

OpenAI's large language models (sometimes referred to as GPT's) process text using tokens, which are common sequences of characters found in a set of text. The models learn to understand the statistical relationships between these tokens, and excel at producing the next token in a sequence of tokens.

Clear

Show example

Tokens

58

Characters

301

OpenAI's large language models (sometimes referred to as GPT's) process text using tokens, which are common sequences of characters found in a set of text. The models learn to understand the statistical relationships between these tokens, and excel at producing the next token in a sequence of tokens.

<https://platform.openai.com/tokenizer>

Entrainement en 3 phases

1

Pretraining

Dataset:

100B to >5T tokens

Task: Next-token
prediction on
unlabeled texts

Output: base model /
“foundation model”

Project Gutenberg (PG) is a volunteer effort to digitize and archive cultural works, as well as to "encourage the creation and distribution of eBooks." It was founded in 1971 by American writer Michael S. Hart and is the oldest digital **library**. Most of the items in its collection are the full texts of books or individual stories in the public domain. All files can be accessed for free under an open format layout, available on almost any computer. As of 3 October 2015, Project Gutenberg had reached 50,000 items in its collection of free eBooks.

<https://magazine.sebastianraschka.com/p/llm-training-rlhf-and-its-alternatives>

Entrainement en 3 phases

2

Supervised finetuning

More **next-token prediction**

Usually 1k-50k instruction-response pairs

```
{  
  "instruction": "Write a limerick about a  
    pelican.",  
  "input": "",  
  "output": "There once was a pelican so fine,  
    \nHis beak was as colorful as  
    sunshine,\nHe would fish all day,\nIn  
a very unique way,\nThis pelican was  
truly divine!\n\n\n",  
},  
  
{  
  "instruction": "Identify the odd one out from  
    the group.",  
  "input": "Carrot, Apple, Banana, Grape",  
  "output": "Carrot\n\n",  
},
```

<https://magazine.sebastianraschka.com/p/llm-training-rlhf-and-its-alternatives>

Entrainement en 3 phases

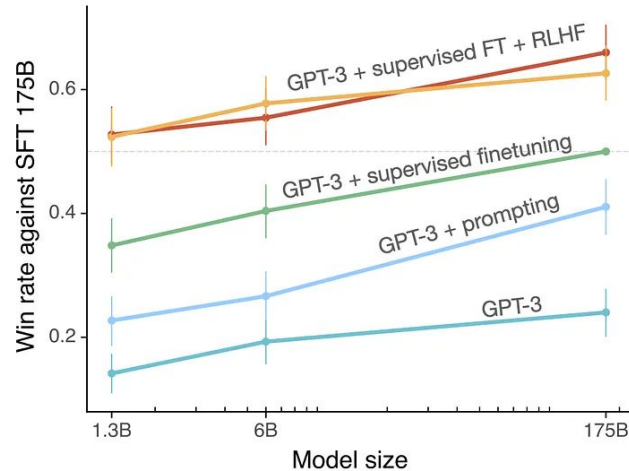
3

Alignment

Align with **human preferences**

Usually reinforcement learning with human feedback (**RLHF**)

>50k examples



<https://magazine.sebastianraschka.com/p/llm-training-rlhf-and-its-alternatives>

GPT-4

Les possibilités de GPT-4

- Résumer
- Traduire
- Expliquer des concepts, enseigner un sujet
- Créer une présentation, un blog post, un tweet
- Critiquer votre document
- Générer des idées
- Expliquer, Générer et déboguer du code
- Coacher
- Classifier
- Convertir non-structuré vers structuré
- Planifier, décider

Des limitations qui disparaissent

- Maintenir la cohérence sur de longs textes (fenêtre de contexte)
- Se souvenir des faits réels / hallucinations
- Tenir compte de l'actualité, accéder au web
- Accéder à vos documents
- Se souvenir des autres conversations
- Utiliser des outils logiciels
- Exécuter du code
- Avoir une personnalité
- Être formé sur nos documents
- Appeler des APIs externes

Des limitations qui disparaissent

- Maintenir la cohérence sur de longs textes (fenêtre de contexte)
- Se souvenir des faits réels / hallucinations
- ~~— Tenir compte de l'actualité, accéder au web~~
- ~~— Accéder à vos documents~~
- ~~— Se souvenir des autres conversations~~
- Utiliser des outils logiciels
- ~~— Exécuter du code~~
- ~~— Avoir une personnalité~~
- ~~— Être formé sur nos documents~~
- Appeler des APIs externes

GPT4 dans vos projets

Une bonne façon d'accomplir des tâches complexes ! Mais...

- Questions de confidentialité des données
- Questions de coût
- Pas vraiment du *machine learning*!

Un projet ne peut pas être un simple "wrapper" autour de GPT4