

D'où viennent les LLMs?

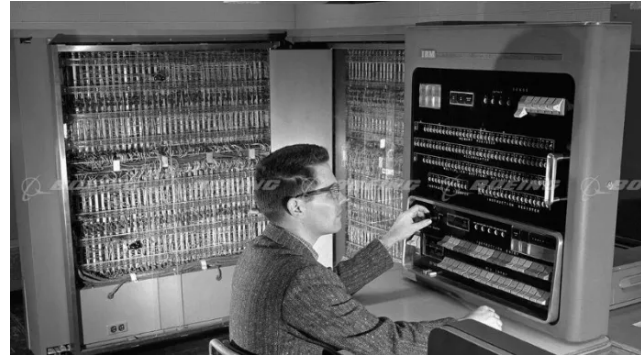
Claire Gardent

CNRS / LORIA, Nancy



1954 : Traduction automatique russe-français

L'ordinateur IBM 701 traduit automatiquement 60 phrases russes en anglais à un rythme de 2 lignes et demi par seconde.



“A girl who didn’t understand a word of the language of the Soviets punched out the Russian messages on IBM cards. The “brain” dashed off its English translations on an automatic printer at the breakneck speed of two and a half lines per second” — reported the IBM press release.

1966 : Le rapport ALPAC

*"The data we must examine in order to find out about language is **overwhelming both in quantity and in complexity**. Computers give promise of helping us control the problems relating to the tremendous volume of data, and to a lesser extent the problems of data complexity . **But we do not yet have good, easily used, commonly known methods for having computers deal with language data.**"*

"Nous ne disposons pas encore de méthodes efficaces, faciles à utiliser et connues de tous pour permettre aux ordinateurs de traiter les données linguistiques".

**LANGUAGE
AND
MACHINES**

COMPUTERS IN TRANSLATION AND LINGUISTICS

A Report by the
Automatic Language Processing Advisory Committee
Division of Behavioral Sciences
National Academy of Sciences
National Research Council

Publication 1416
National Academy of Sciences National Research Council
Washington, D. C. 1966

Une tâche complexe

Ambiguïté: Un mot a plusieurs sens possibles

- The glasses are on the table → Les *verres/lunettes* sont sur la table

Syntaxe: L'ordre des mots diffère d'une langue à l'autre

- "Excellent and constructive ideas" → "des idées excellentes et constructives"

Morphologie: Les règles d'accord doivent être respectées

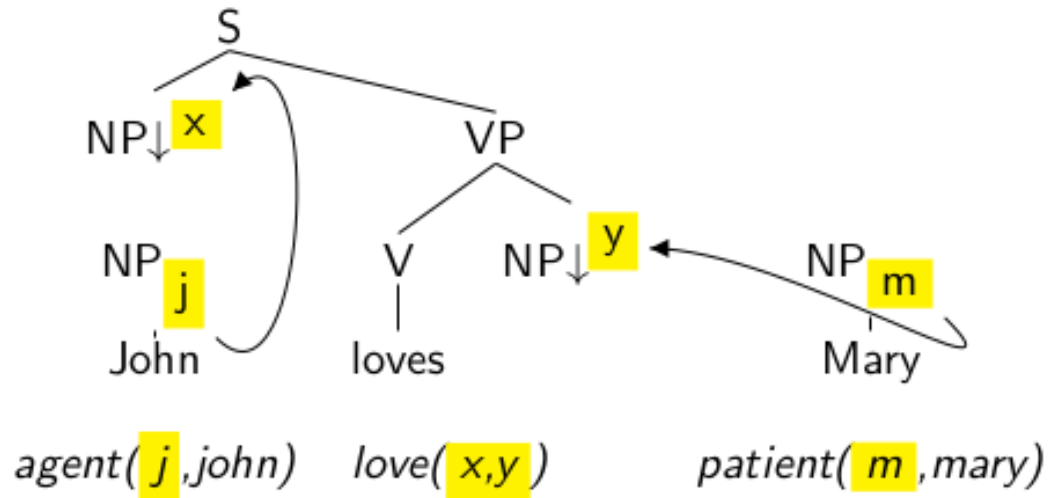
- "John read a novel" → "Jean a *lu* une nouvelle"
"The novels that John read " → "Les nouvelles que Jean a *lues* "

Les années 70-80

Deux grandes directions

- **Grammaires informatiques**
 - Modélisent la relation entre sens et texte
- **Traduction automatique**
 - à base de règles (direct ou par transfert)
 - statistiques

Grammaires d'unification



Analyse: Phrase \Rightarrow Sens

Génération: Sens \Rightarrow Texte

Ambiguïté, sous- et sur-génération

Ambiguïté

Les grammaires produisent des centaines/milliers d'analyse possibles pour une même phrase

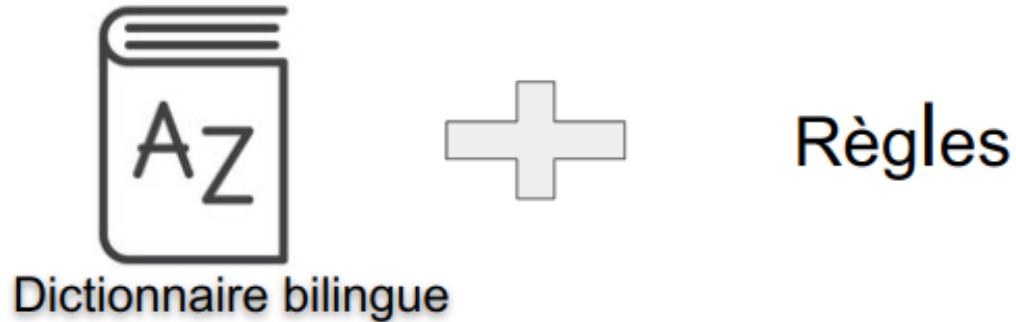
Sur-génération

Les grammaires acceptent des phrases non-grammaticales

Sous-génération

Les grammaires échouent à couvrir l'ensemble des constructions possibles

Traduction automatique à base de règles (RBMT)



Systèmes: Prompt, Systran

Un ensemble de règles linguistiques pour chaque langue

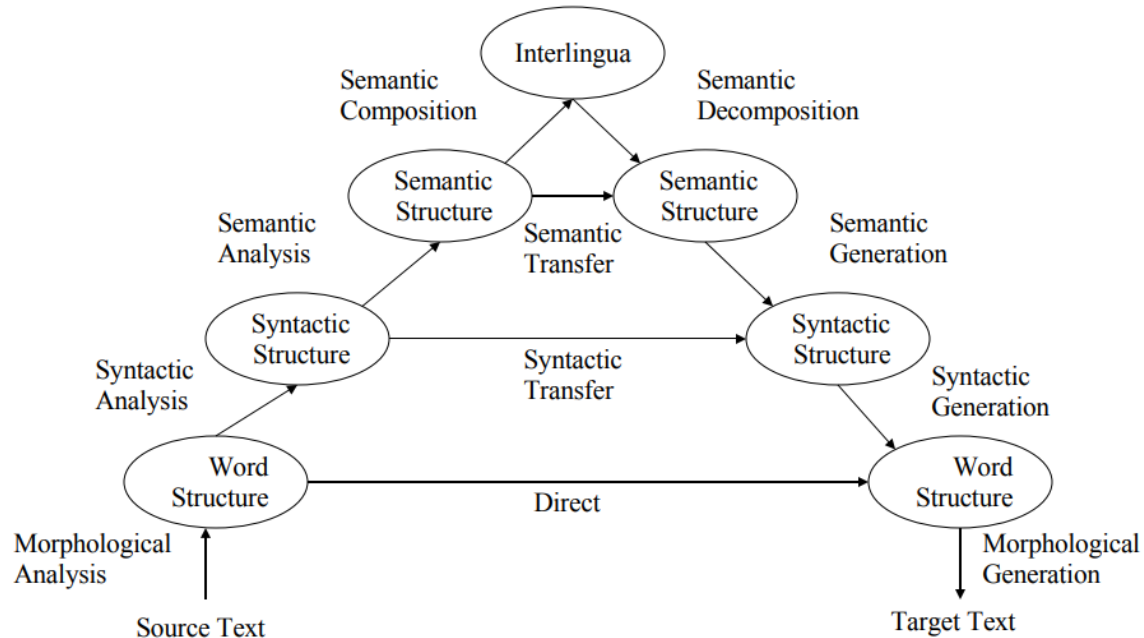
- Exemple: les noms terminés par certains suffixes tels que -heit, -keit, -ung sont féminins.

Traduction automatique directe

LE GARÇON MANGE DES POMMES
| | | |
THE BOY EATS APPLES

- des linguistes qualifiés écrivent les règles pour chaque mot.
- le texte est traduit mot à mot
- les règles corrigent la morphologie et la syntaxe de la phrase cible

Traduction automatique basée sur le transfert



Méthodes statistiques

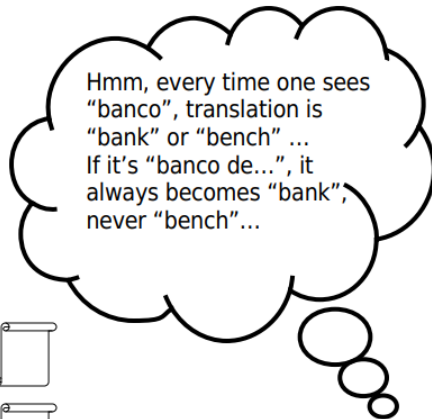
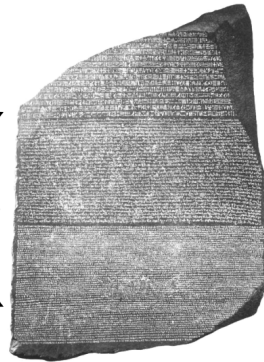
Parallel Texts

– Rosetta Stone (Egypt, 196 BCE)

Hieroglyphs

Enchorial Egyptian

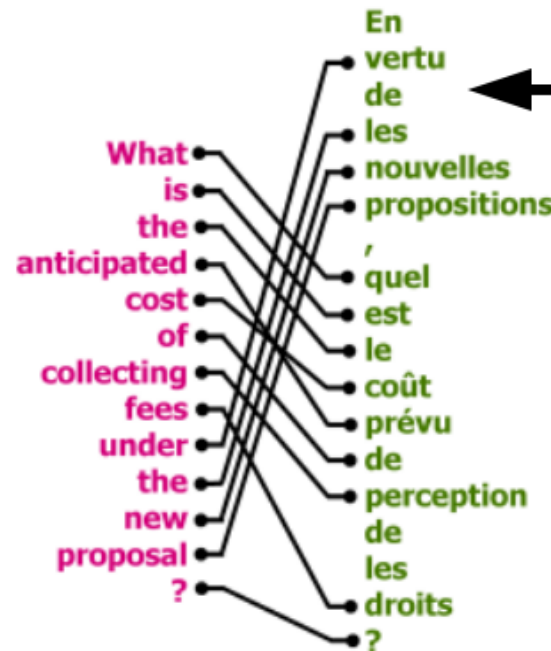
Greek



Corpus parallèle (anglais-français)



Dictionnaire bilingue probabiliste



Dictionnaire bilingue probabiliste

Corpus parallèle

ma femme a sauté sur un cheval — my wife jumped on a horse
 la femme a sauté un repas — the woman skipped a meal
 une femme de ménage a fait grève — a maid went on strike

désespéré de conserver le pouvoir , Pervez Moucharaf a tourné le dos au cadre constitutionnel du Pakistan et déclaré l'état d'urgence . dans quel but ?
 desperate to hold on to power , Pervez Musharraf has discarded Pakistan's constitutional framework and declared a state of emergency . his goal ?

pour étouffer un système judiciaire indépendant et des médias libres . il a tenté de faire passer cette action — ingénieusement , quoique sans vergogne — pour une mesure visant à amener la stabilité et à renforcer la guerre contre la terreur .
 to stifle the independent judiciary and free media . artfully , though shamelessly , he has tried to sell this action as an effort to bring about stability and help fight the war on terror more effectively .

on ne saurait être plus loin de la vérité . si l'on se fie à l'histoire du Pakistan , la décision d'imposer la loi martiale risque d'être la goutte d'eau qui fait déborder le vase . le Général Moucharaf est apparu sur la scène nationale le 12 octobre 1999 , lorsqu'il a forcé le gouvernement élu à démissionner et annoncé son projet ambitieux de " construction d'une nation " . bon nombre de Pakistanais — qui avaient perdu toute illusion sur la classe politique du pays — sont restés silencieux , pensant qu'il tenait ses promesses .
 nothing could be further from the truth . if Pakistan's history is any indicator , his decision to impose martial law may prove to be the proverbial straw that breaks the camel's back . General Musharraf appeared on the national scene on October 12 , 1999 , when he ousted an elected government and announced an ambitious " nation-building " project . many Pakistanis , disillusioned with Pakistan's political class , remained mute , thinking that he might deliver .

Alignement mot-à-mot

ma femme a sauté sur un cheval
 | | | | | |
 my wife jumped on a horse

la femme a sauté un repas
 | | | | |
 the woman skipped a meal

une femme de ménage a fait grève
 | | | | | |
 a maid went on strike

Corpus bilingue parallèle et quelques alignements mot-à-mot.

sauter: (jump, 0.6), (skip: 0.4)
 femme: (woman:0.5),(wife:0.3),(maid:0.2)

Image de (Gong, 2013)

Méthodes Statistiques

Trouver la traduction e la plus probable étant donnée la phrase source f

$$e = \operatorname{argmax} P(e|f)$$

Théorème de Bayes

$$e = \operatorname{argmax} P(f|e) \times P(e)$$

$P(f|e)$, le *modèle de traduction*

traduction la plus probable

$P(e)$, le *modèle de langue*

séquence la plus probable

这 7 人 中包括 来自 法国 和 俄罗斯 的 宇航 员 .

the	7 people	including	by some		and	the russian	the	the astronauts		,
it	7 people included		by france		and the	the russian		international astronautical	of rapporteur .	
this	7 out	including the	from	the french	and the russian		the fifth		.	
these	7 among	including from		the french and	of the russian	of	space	members	.	
that	7 persons	including from the		of france and to	russian	of the	aerospace	members .		
	7 include		from the	of france and	russian		astronauts		. the	
	7 numbers include		from france		and russian		of astronauts who		. "	
	7 populations include		those from france		and russian		astronauts .			
	7 deportees included		come from	france	and russia	in	astronautical	personnel	;	
	7 philtrum	including those from		france and	russia	a space		member		
		including representatives from	france and the		russia		astronaut			
		include	came from	france and russia		by	cosmonauts			
		include representatives from	french	and russia			cosmonauts			
		include	came from france		and russia 's		cosmonauts .			
		includes	coming from	french and	russia 's		cosmonaut			
				french and russian		's	astronavigation	member .		
				french	and russia		astronauts			
					and russia 's			special rapporteur		
					, and russia			rapporteur		
					, and russia			rapporteur .		
					, and russia					
				or	russia 's					

Table 1: #11# the seven - member crew includes astronauts from france and russia .

这 7 人 中包括 来自 法国 和 俄罗斯 的 宇航 员 .

the	7 people	including	by some	and	the russian	the	the astronauts	,
it	7 people included		by france	and the	the russian		international astronautical	of rapporteur .
this	7 out	including the	from	the french	and the russian	the fifth		.
these	7 among	including from		the french and	of the russian	of	space	members .
that	7 persons	including from	the	of france	and to	russian	of the	aerospace
	7 include		from the	of france and		russian		astronauts
	7 numbers include		from france		and russian		of astronauts who	. the
	7 populations include		those from france		and russian		astronauts .	."
	7 deportees included		come from	france	and russia		in	astronautical
	7 philtrum	including those from		france and	russia		a space	personnel
		including representatives from		france and the	russia			member
		include	came from	france and russia			by cosmonauts	astronaut
		include representatives from		french	and russia		cosmonauts	
		include	came from france		and russia 's		cosmonauts .	
		includes	coming from	french and	russia 's		cosmonaut	
				french and russian		's	astronavigation	member .
				french	and russia		astronauts	
					and russia 's			special rapporteur
					, and	russia		rapporteur
					, and russia			rapporteur .
					, and russia			
				or	russia 's			

Table 1: #11# the seven - member crew includes astronauts from france and russia .

这 7 人 中 包 括 来 自 法 国 和 俄 罗 斯 的 宇 航 员 .

the	7 people	including	by some	and	the russian	the	the astronauts	,
it	7 people	included	by france	and the	the russian	international	astronautical	of rapporteur .
this	7 out	including the	from	the french	and the russian	the fifth		.
these	7 among	including from		the french and	of the russian	of	space	members .
that	7 persons	including from the		of france	and to	russian	of the	members
	7 include	from the	of france and	russian		astronauts		, the
	7 numbers	include	from france	and russian		of astronauts	who	,"
	7 populations	include	those from france	and russian		astronauts .		
	7 deportees	included	come from	france	and russia	in	astronautical	personnel ;
	7 philtrum	including those from	france and	russia		a space	member	
		including representatives from	france and the	russia		astronaut		
		include	came from	france and russia		by cosmonauts		
		include representatives from	french	and russia		cosmonauts		
		include	came from france	and russia 's		cosmonauts .		
		includes	coming from	french and	russia 's	cosmonaut		
				french and russian	's	astronavigation	member .	
				french	and russia	astronauts		
				and russia 's			special rapporteur	
				, and	russia		rapporteur	
				, and russia			rapporteur .	
				, and russia				
				or	russia 's			

Table 1: #11# the seven - member crew includes astronauts from france and russia .

这 7 人 中包括 来自 法国 和 俄罗斯 的 宇航 员 .

the	7 people	including	by some	and	the russian	the	the astronauts	,
it	7 people	included	by france	and the	the russian		international astronautical	of rapporteur .
this	7 out	including the	from	the french	and the russian	the fifth		.
these	7 among	including from		the french	and	of the russian	of	space
that	7 persons	including from the		of france	and to	russian	of the	cosmospace
	7 include	from the		of france	and			members
	7 numbers	include	from france		and russian		of astronauts	members
	7 populations	include	those from france		and russian		of astronauts	the
	7 deportees	included	come from	france	and russia		astronauts	.
	7 philtrum	including those from		france and	russia		in	astronautical
		including representatives from	france and the	russia			a space	astronaut
		include	came from	france and russia			by cosmonauts	member
		include representatives from	french	and russia			cosmonauts	;
		include	came from france		and russia 's		cosmonauts	.
		includes	coming from	french and	russia 's		cosmonaut	.
				french and russian		's	astronavigation	member .
				french	and russia		astronauts	
					and russia 's			special rapporteur
					, and	russia		rapporteur
					, and russia			rapporteur .
					, and russia			
					or	russia 's		

Table 1: #11# the seven - member crew includes astronauts from france and russia .

Modèle de langue

Estime la probabilité d'une séquence de mots (pour une langue donnée)

La probabilité d'une séquence est le produit des probabilités conditionnelles de chaque mot dans la séquence

$$P(m_1, m_2, m_3, \dots, m_n) \\ = \prod_i P(m_i | m_1, m_2, \dots, m_{i-1})$$

P(un grand chien dort)
> P(un chien grand dort)
> P(chien un grand dort)

P(un grand chien dort)
= P(un)
x P(grand / un)
x P(chien / un grand)
x P(dort / un grand chien)

Estimation des probabilités

Les probabilités conditionnelles sont approximées par le comptage sur de grands corpus

$$P(m_n | m_1, \dots, m_{n-1}) = \frac{N(m_1, m_2, m_3 \dots m_n)}{N(m_1, m_2, m_3 \dots m_{n-1})}$$

$$\begin{aligned} &P(\text{un grand chien}) \\ &= N(\text{un grand chien}) / N(\text{un grand}) \end{aligned}$$

Estimation des probabilités

$$P(\text{un grand chien dort}) \\ = N(\text{un grand chien dort}) / N(\text{un grand chien})$$

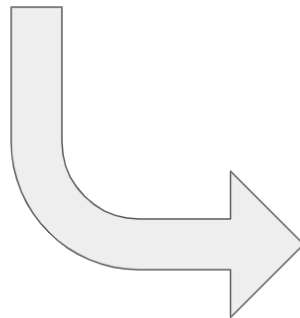


Séquence peu fréquente
Probabilité difficile à estimer

Simplification (Markov)

Pour éviter le problème des séquences rares, on limite la taille du contexte gauche:

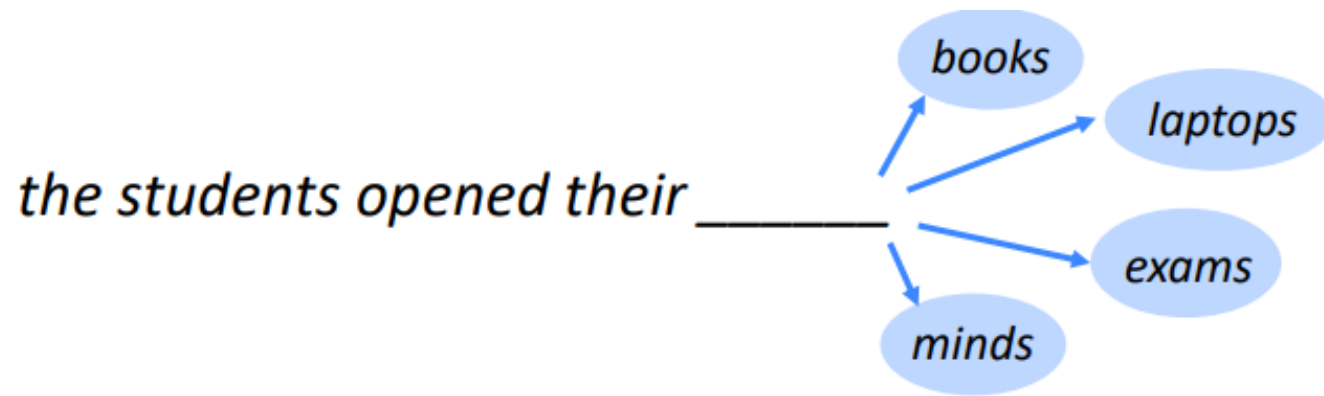
$$\begin{aligned} P(\text{un grand chien dort}) & \\ &= N(\text{Null un}) / N(\text{Null}) \\ &\quad \times N(\text{un grand}) / N(\text{un}) \\ &\quad \times N(\text{un grand chien}) / N(\text{un grand}) \\ &\quad \times N(\text{un grand chien dort}) / N(\text{un grand chien}) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} P(\text{un grand chien dort}) & \\ &= N(\text{null un}) / N(\text{null}) \\ &\quad \times N(\text{un grand}) / N(\text{un}) \\ &\quad \times N(\text{grand chien}) / N(\text{grand}) \\ &\quad \times N(\text{chien dort}) / N(\text{chien}) \end{aligned}$$


Ecrire avec un modèle de langue

Un modèle de langue écrit un modèle mot à mot, de gauche à droite, en choisissant à chaque étape le mot le plus probable étant donné la séquence déjà créée.



Complétion automatique



what is the | 

- what is the **weather**
- what is the **meaning of life**
- what is the **dark web**
- what is the **xfl**
- what is the **doomsday clock**
- what is the **weather today**
- what is the **keto diet**
- what is the **american dream**
- what is the **speed of light**
- what is the **bill of rights**

Et aussi

- la reconnaissance de la parole
- la reconnaissance de l'écriture manuscrite
- les correcteurs orthographiques
- la *génération de texte*
 - Traduction automatique
 - Résumé automatique
 - Dialogue Humain-Machine ...

La révolution neuronale

Modèle de langue statistique

- Estime les probabilités de séquences de mot par *comptage* sur des grands corpus
- *Contexte gauche limité*

Modèle de langue neuronal

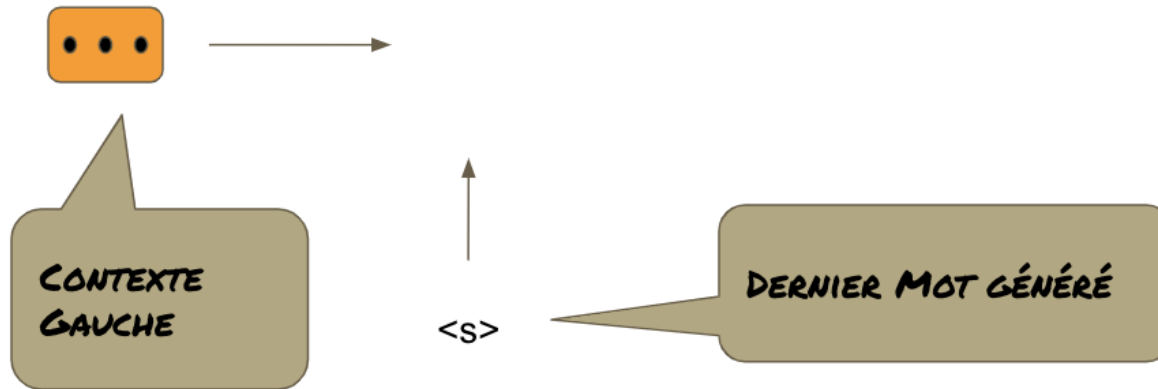
- *Apprend à prédire le mot suivant*
- *Taille du contexte illimitée*

Modèle de langue neuronal

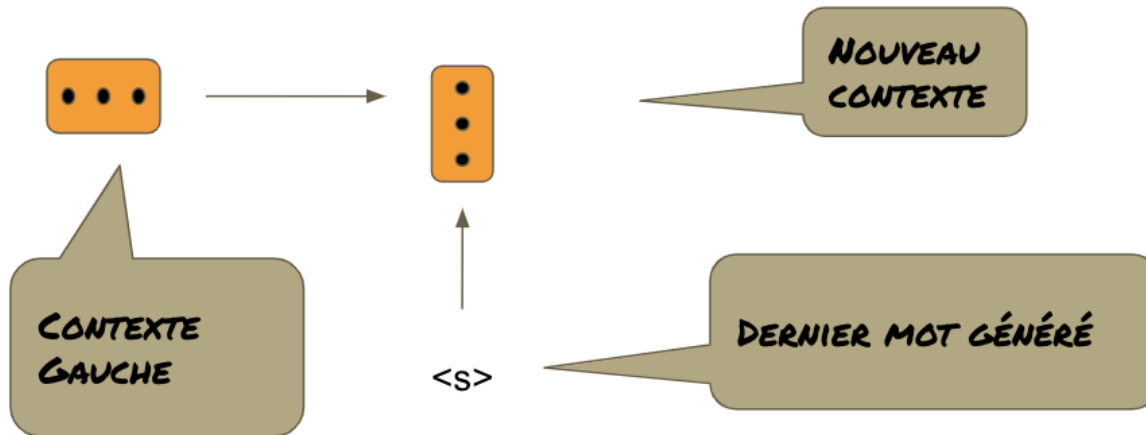
Comment ça marche ?

- Les *mots sont représentés par des vecteurs* tels que des mots apparaissant dans les mêmes contextes ont des vecteurs similaires (Mikolov 2013)
- Pas d'hypothèse de Markov : *tout le contexte est pris en compte*
- Appris sur des grands corpus de texte
- Apprentissage
 - prédit le mot suivant
 - compare le mot prédit avec le mot attendu
 - calcule une fonction de perte et met à jour les paramètres du modèle
 - répète jusqu'à convergence

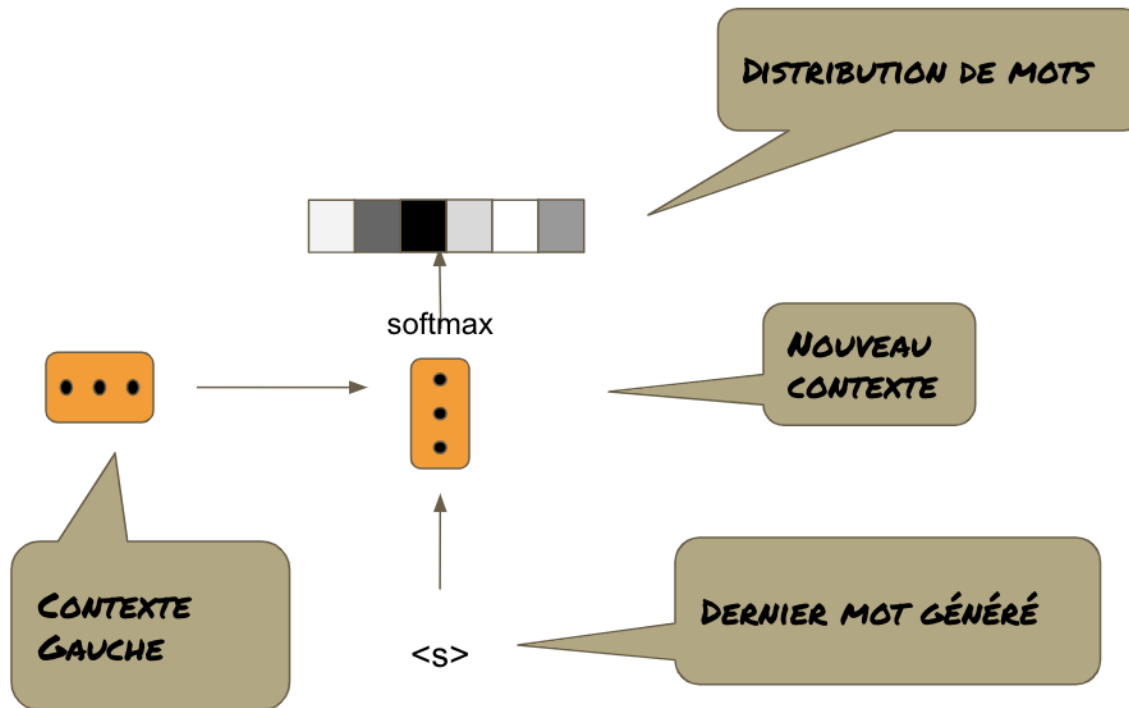
2014, Réseau neuronal récurrent (RNN)



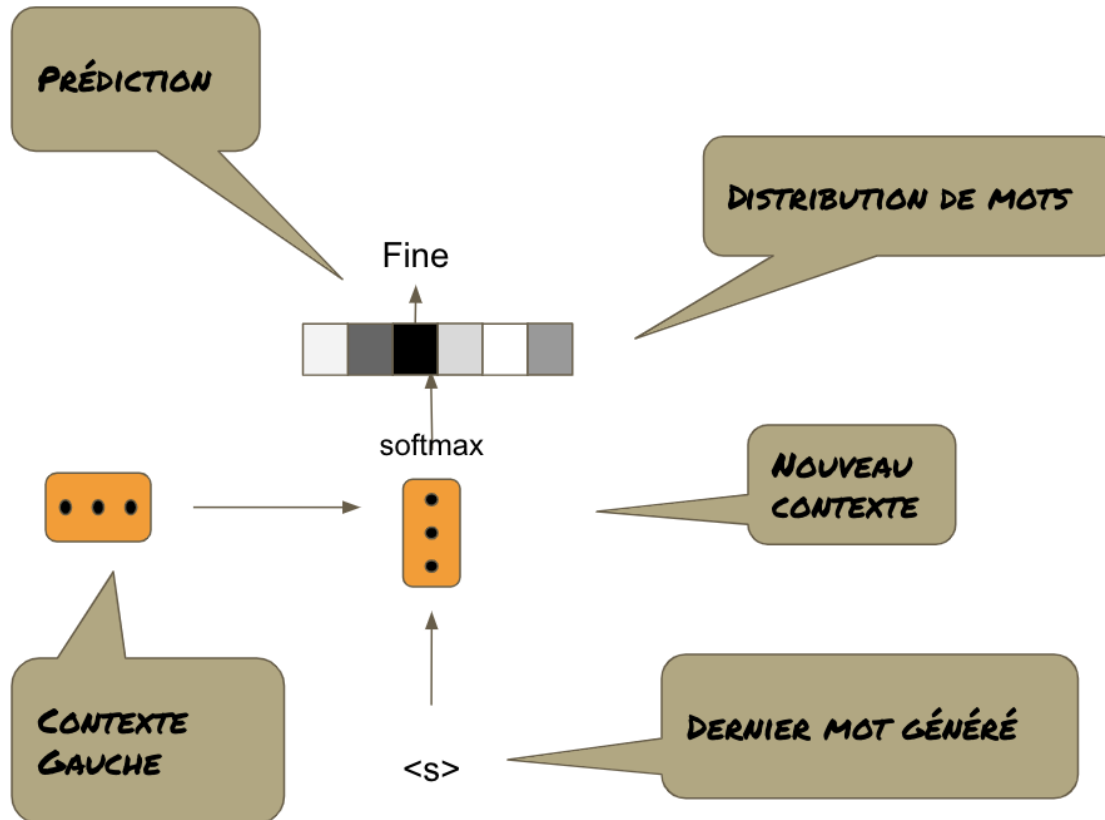
2014, Réseau neuronal récurrent (RNN)



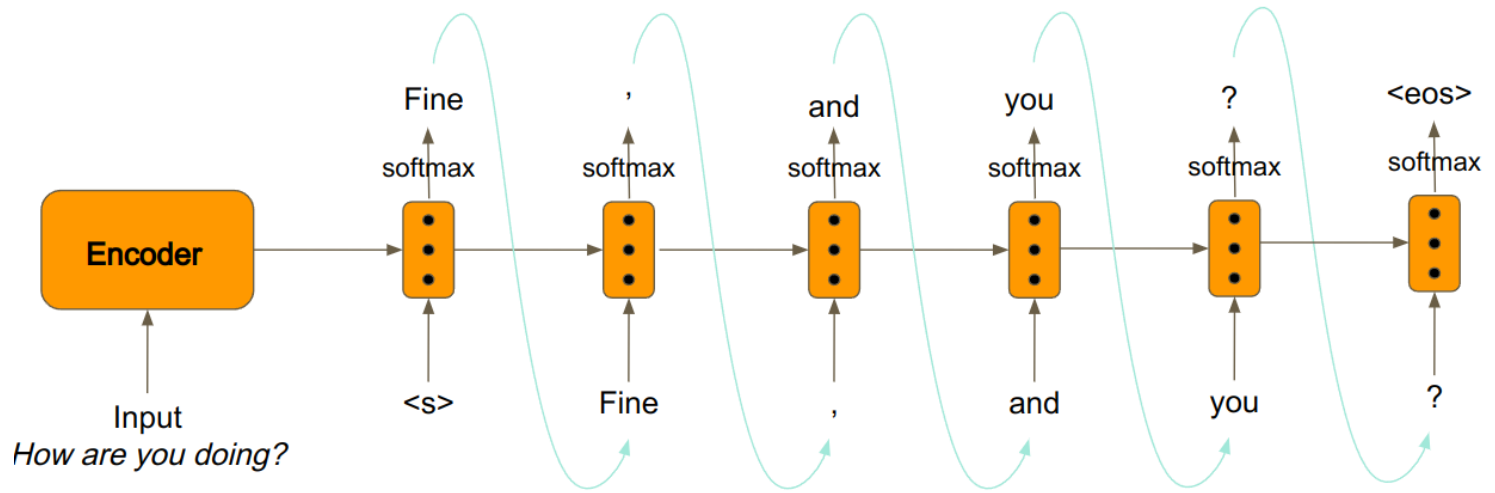
2014, Réseau neuronal récurrent (RNN)



2014, Réseau neuronal récurrent (RNN)



Réseau récurrent (RNN)



Les années 20: Trois innovations clés

Transformeur (Vaswani et al. 2017)

- l'auto-attention produit de meilleurs représentations lexicales (embeddings)
- traitement parallèle (et non de gauche à droite) plus efficace; permet de traiter de grandes masses de données

Passage à échelle

- Des modèles (plus de paramètres) et des données (plus de texte)
- Emergence

Prompt tuning (Brown et al. 2020) et Apprentissage par renforcement

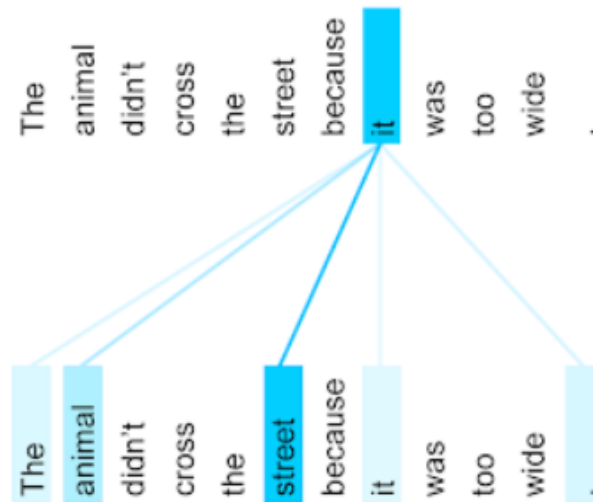
- Apprentissage pour des tâches d'écriture spécifique : résumer, simplifier, écrire un poème, etc.

⇒ **ChatGPT, Llamda, OPT-LM ...**

Transformeur (Vaswani et al. 2017)

L'auto-attention produit de meilleurs représentations lexicales (embeddings)

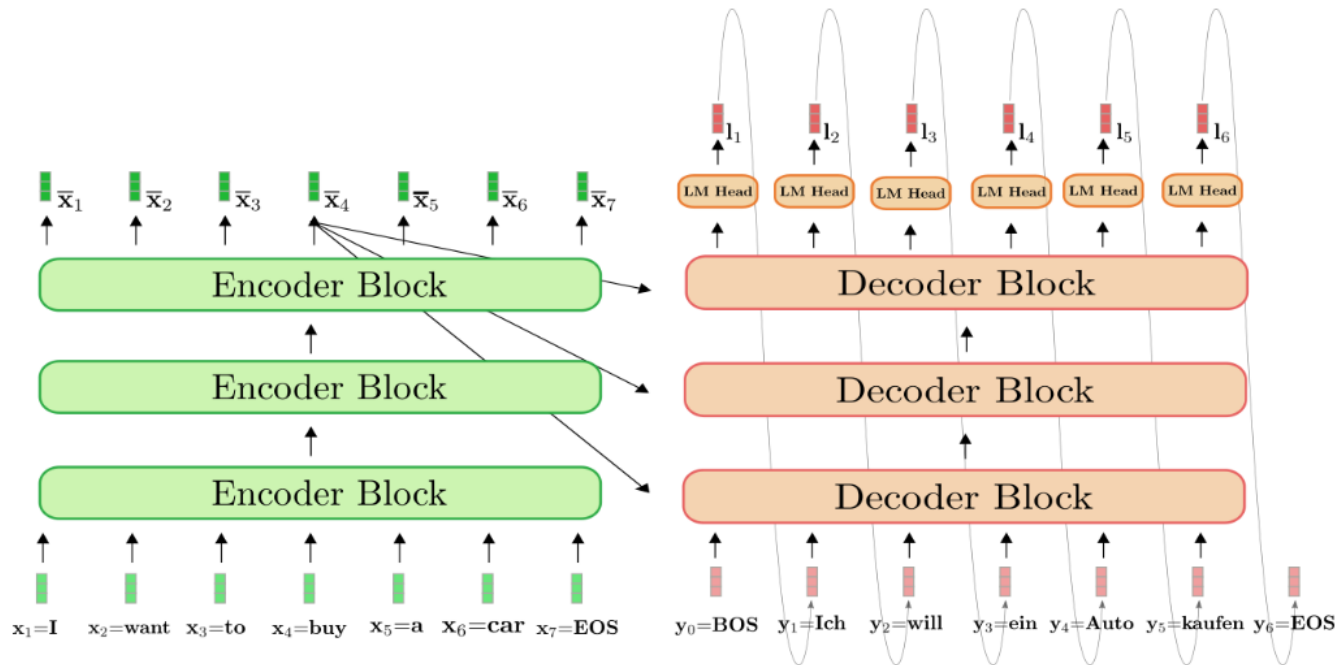
la représentation d'un mot est la somme pondérée des vecteurs des mots environnants.



$$m_i = \sum \alpha_{i,j} \cdot m_j$$

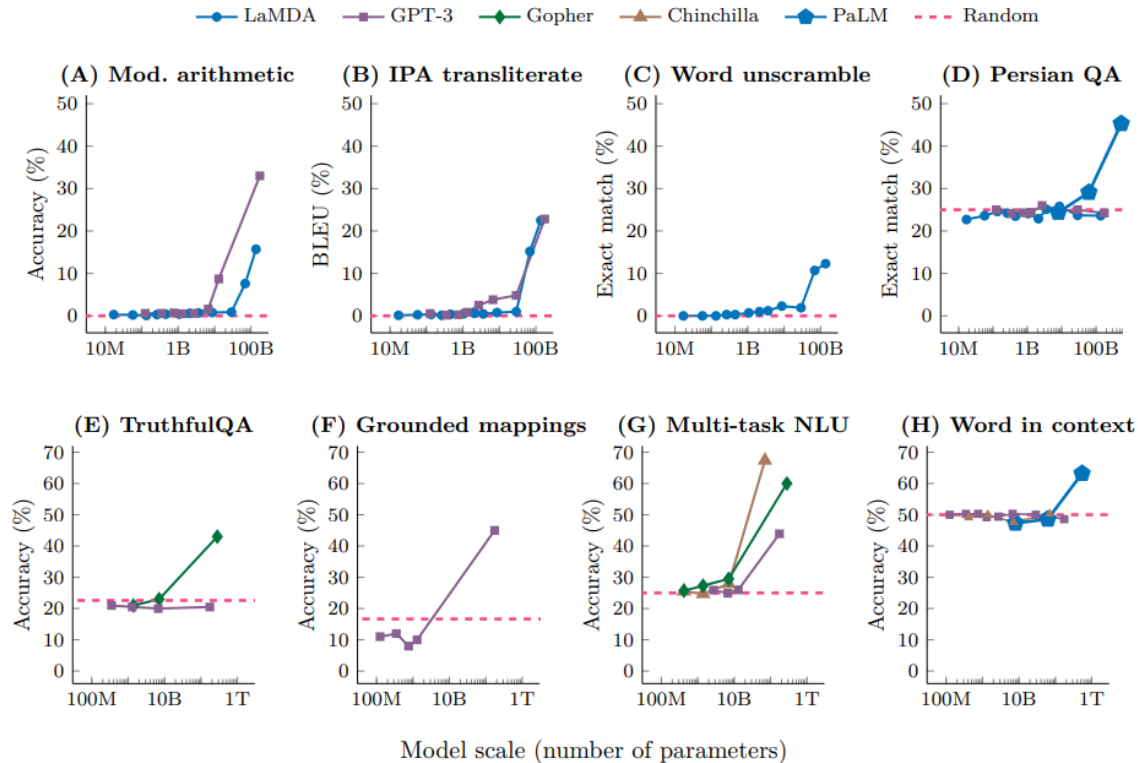
Transformeur (Vaswani et al. 2017)

- traitement parallèle (et non de gauche à droite) plus efficace; permet de traiter de grandes masses de données



Passage à échelle, Emergence

Emergence is when quantitative changes in a system result in qualitative changes in behavior. Emergent abilities of large language models are abilities that are not present in smaller-scale models but present in large-scale models (Wei et al. 2022)



Prompt-tuning

- Pas d'adaptation (fine tuning, ré-apprentissage) du modèle
- Le prompt spécifie la tâche et l'entrée: traduire un texte, répondre à une question, résumer ...
- Peu d'exemples suffisent à spécialiser le modèle

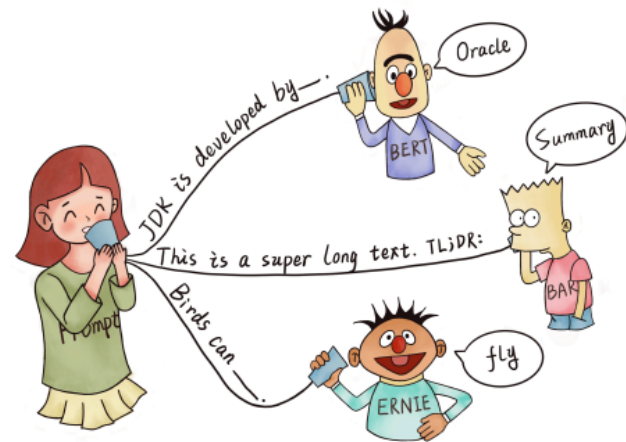


Image de (Liu et al, 2021)

RLHF - Reinforcement learning with Human Feedback

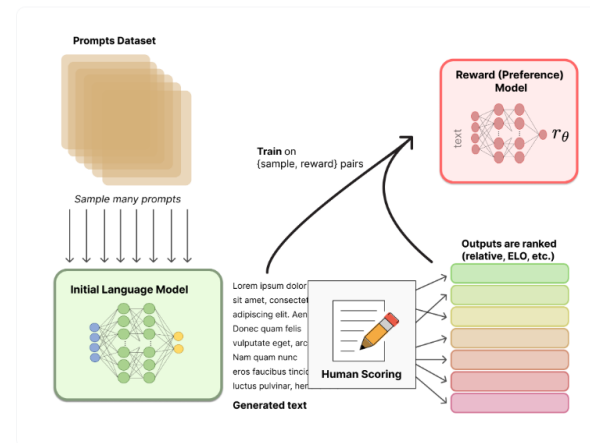
Apprentissage par renforcement avec rétroaction humaine

Modèle de récompense

- permet de classer des textes
- *appris à partir de textes classés par des agents humains*

Deux textes sont générés: l'un à partir du modèle initial et l'autre à partir de l'itération actuelle du modèle affiné.

Le modèle de récompense classe les deux textes et modifie le modèle affiné reflétant le rang du modèle généré

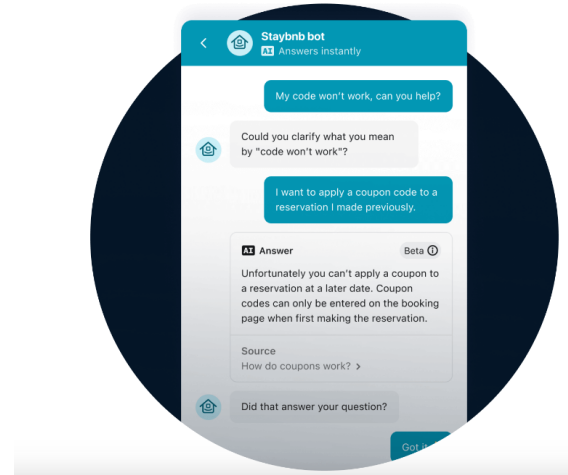


Le pour ...

Des outils rédactionnels puissants

- poèmes, courriels, examens
- production automatique de code
- agent conversationnels
- préservation des langues
- ...

Maintenant connus du grand public et des financeurs



et le contre

Modèle

- Erreurs factuelles
- Biais
- Boîte noire
- Coût financier et énergétique

Utilisation malveillante

- Cyber attaques
- Propagande
- Fishing, désinformation, rédaction d'essais universitaires frauduleux, ...

Détection difficile

- ZeroGPT (OpenAI), DetectGPT (Stanford) ...

Retour des modèles d'IA fermés ?

Questions ?

