

# Les ordinateurs comprennent-ils le langage ?



Éric de la Clergerie

<Eric.De\_La\_Clergerie@inria.fr>



<http://alpage.inria.fr>

INRIA Paris-Rocquencourt / Univ. Paris Diderot



Sophia Antipolis – 29 novembre 2012

# Le propre de l'homme ?

Très grande diversité au travers d'au moins 6000 langues dans le monde, dont les langues des signes



ALAN TURING YEAR



Un vieux rêve: créer une intelligence artificielle

Test de **Turing** (1950): repose sur une conversation entre un humain et un programme  
⇒ maîtrise du langage

**ELIZA** (**Weizenbaum** 1966, ancêtre des agents conversationnels [*chatbots*])

I am the psychotherapist. Please, describe your problems.

I'm not feeling well

Why do you say ``i'm not feeling well''?

Well, I've no energy left

Is it because of your plans that you say ``well you have no

All my plans are total failures

Maybe your life has something to do with this.

Chaque année depuis 1991, le prix Loebner récompense les meilleurs *chatbot*

# Traduction automatique: déjà une longue histoire

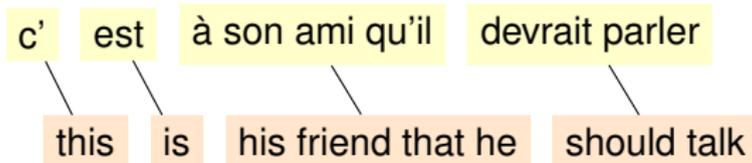
Les premiers travaux sur le traitement du langage initiés pour des tâches de traduction (contexte de la guerre froide)

- première démonstration dès 1954 par IBM (russe -> anglais)
- coup de frein suite au rapport de Y. Bar-Hillel en 1960, préconisant des outils d'aide à la traduction
- développement de plusieurs générations d'approches et outils



- ▶ approche directe (mots à mots)
- ▶ par transfert (arbre syntaxique source vers arbre syntaxique cible)
- ▶ par interlangue pivot (représentation sémantique non liée à une langue)

De nos jours, traduction statistique: **GOOGLE TRANSLATE**



# Siri, dois-je prendre mon parapluie ?

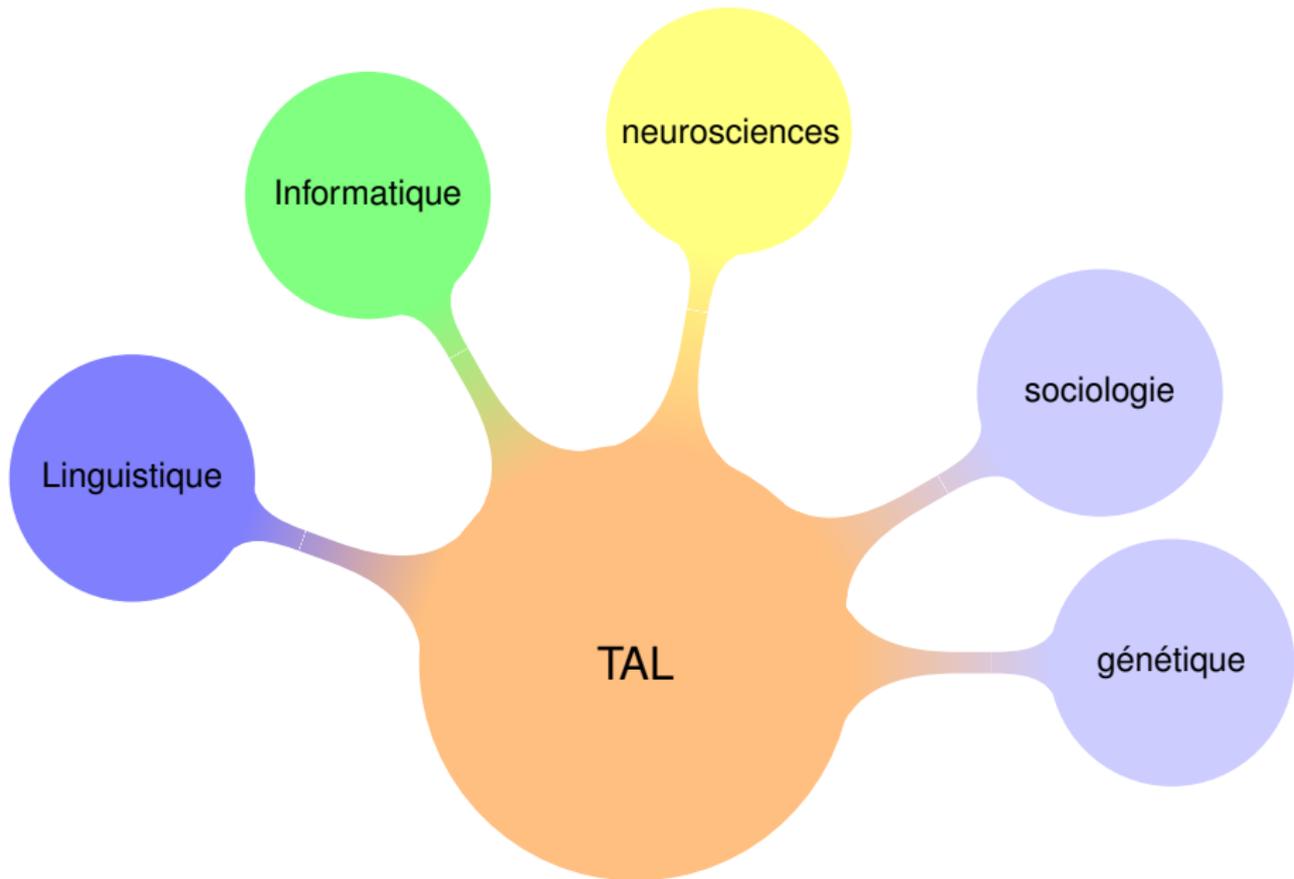
<http://www.youtube.com/watch?v=KegTWKbE6aI>

L'assistant vocal **SIRI** d'**Apple** se met en quatre pour vous servir !

`http://www.youtube.com/watch?v=WFR3lOm\_xhE`

**WATSON** est un programme développé par **IBM** (et un superordinateur !)  
champion du jeu télévisé *Jeopardy*

# TAL, quesako ?



*Paul, je t'ai dit que François Flore est sorti fâché de chez son banquier car celui-ci lui avait ex abrupto refusé son prêt pour sa future maison ?*

**Pragmatique:** contexte & connaissances  
référants: celui-ci=banquier, lui=son=sa=François, t'=Paul  
structures argumentatives: refus explique fâché  
scénarios, implicites

**Sémantique:** sens des énoncés et des mots  
structure prédictives, rôle des actants (agent, patient, ...)  
refuser (agent=celui-ci, patient=lui, theme=prêt)

**Syntaxe:** structure des phrases et relations entre mots  
fonctions syntaxiques (sujet, objet, ...) : **celui-ci**=sujet, **prêt**=objet,  
**lui**=obj indirect de **refusé**

**Morphologie:** les mots et leur structure (**lubéronisation**)  
découpage du texte en mots, catégories syntaxiques:  
celui/pro -ci/adj lui/cld avait/aux ex\_abrupto/adv ...  
flexion (conjugaison) : **avait**=avoir+3s+Ind+Imparfait  
entités nommées (personnes, lieux, ...) : (François Flore) PERSON\_m

# Quelles applications ?

De nombreuses applications potentielles, dans les laboratoires de recherche et dans quelques produits:

- correction orthographique, grammaticale, stylistique (**CORDIAL**, **WORD**, ...)
- recherche d'information
- fouille de textes, acquisition de connaissances
- fouille d'opinions (e-reputation)
- extraction d'informations et systèmes de Questions-Réponses (**WATSON**),
- traduction (**GOOGLE TRANSLATE**, **SYSTRAN**, **MOSES**, ...) et aide à la traduction
- résumé automatique
- génération
- dialogue Homme-Machine (**SIRI**), agent conversationnels (**ELIZA**, **ALICE**)
- reconnaissance vocale, dictée vocale (**NUANCE**)
- synthèse vocale
- ...

# Quelles difficultés ?

## La variabilité

- plusieurs manières d'exprimer une même idée

*There's more than one way to do it (Perl slogan, Larry Wall)*

- choix des mots & diversité des constructions linguistiques
- des construction contrôlées par les mots, leur sens, le contexte, l'intonation, ...

## L'ambiguïté du langage, à tous les niveaux

- morphologique: **des** = **de les** ou (det. indéfini pluriel)  
*la belle ferme le voile*
- syntaxique
- sémantique: **avocat** = *homme de loi* ou *fruit (avocat véreux)*  
*Paul propose à Jean de passer* : qui passe ?
- ...

Focus sur le niveau syntaxique pour ces deux problématiques

**Objectif:** retourner la structure grammaticale d'une phrase, en particulier les relations existantes entre les mots.

Pour cela, on peut s'appuyer sur:

- une **grammaire formelle** (≠ grammaire scolaire)  
une collection de structures partielles d'analyse pour les divers phénomènes syntaxiques
- des **règles du jeu** pour combiner les structures de la grammaire

En pratique, une grande variété de types de grammaires, reflétant des formalismes et théories linguistiques divers (TAG, LFG, HPSG, CCG, ...).

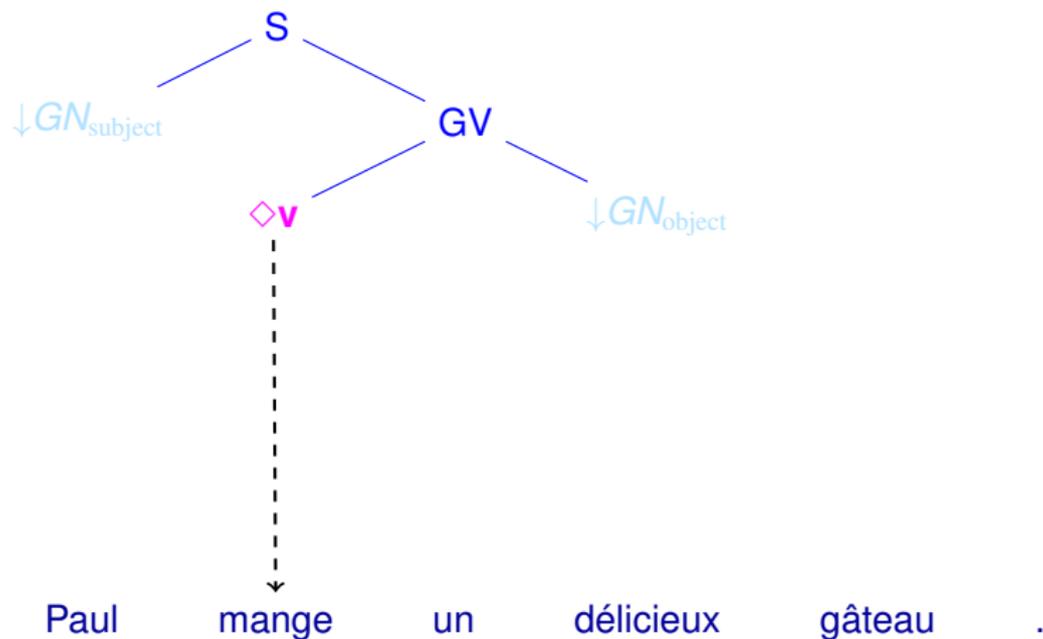
Développement par **ALPAGE** de **FRMG** pour le français, en tant que *Grammaire d'Arbres Adjoints* (TAG **Joshi**) en ligne sur <http://alpage.inria.fr/parserdemo>



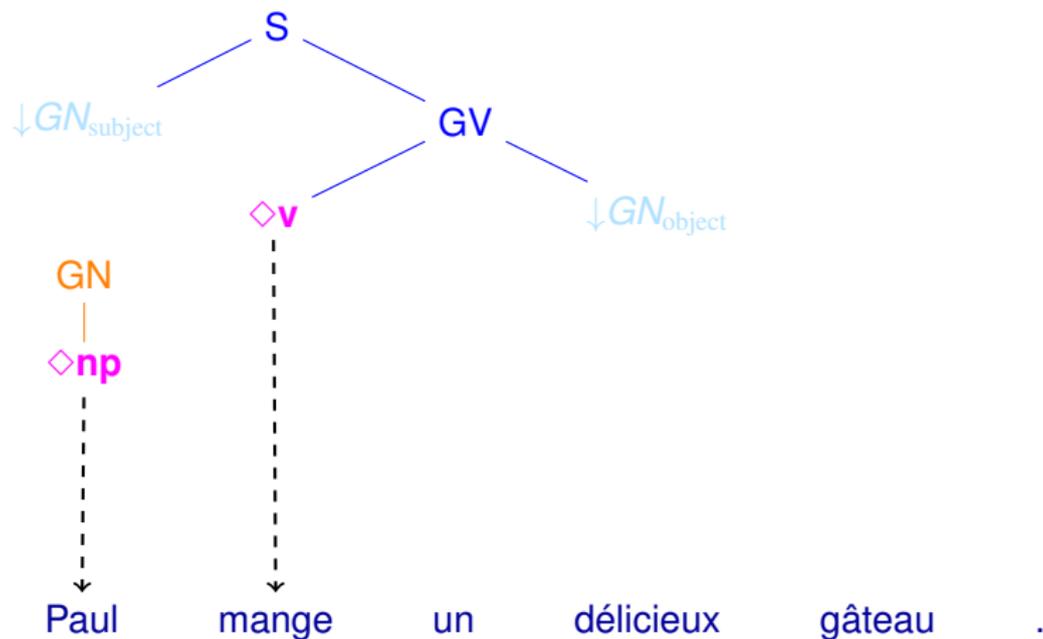
Aravind Joshi

Paul mange un délicieux gâteau .

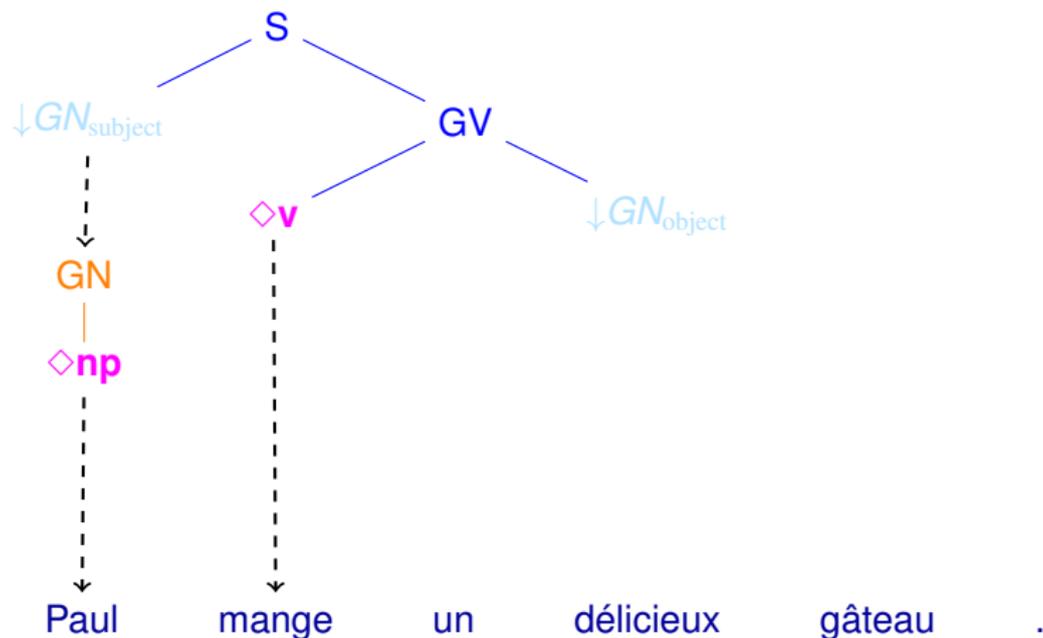
# Exemple d'analyse



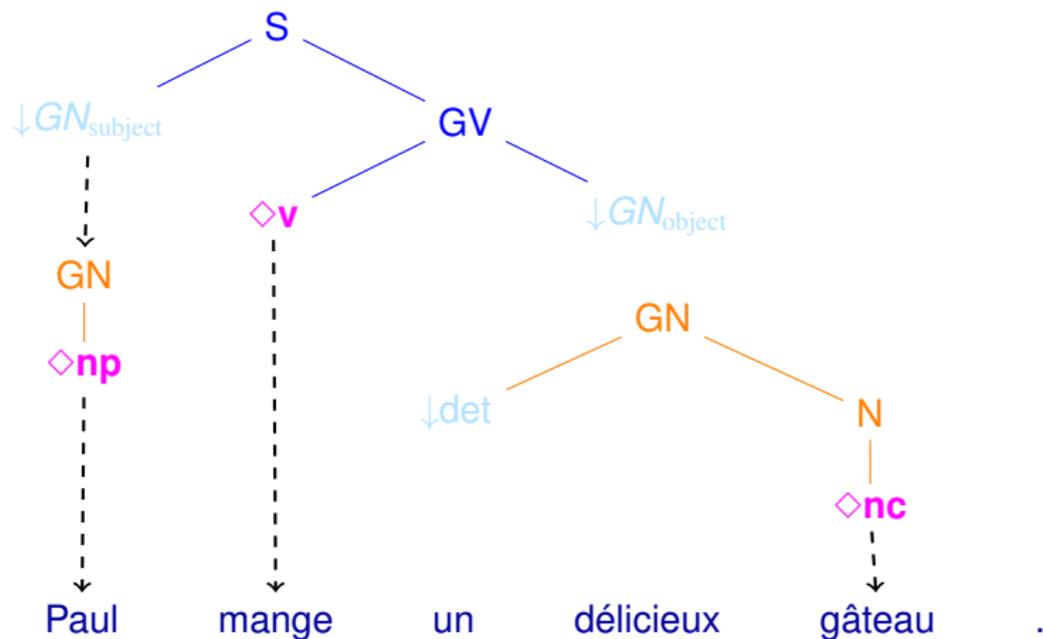
# Exemple d'analyse



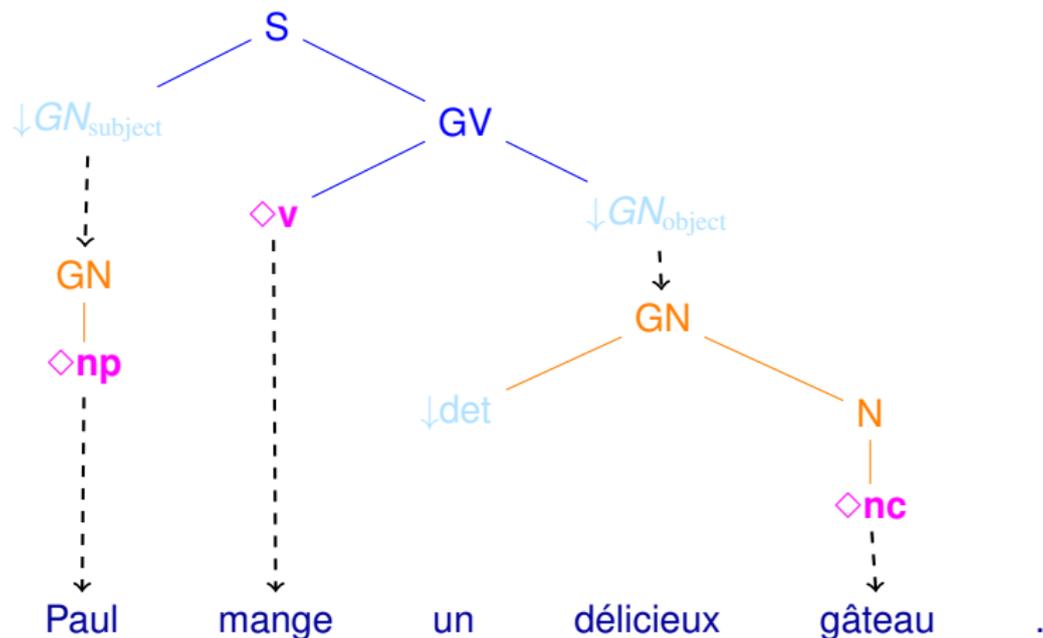
# Exemple d'analyse



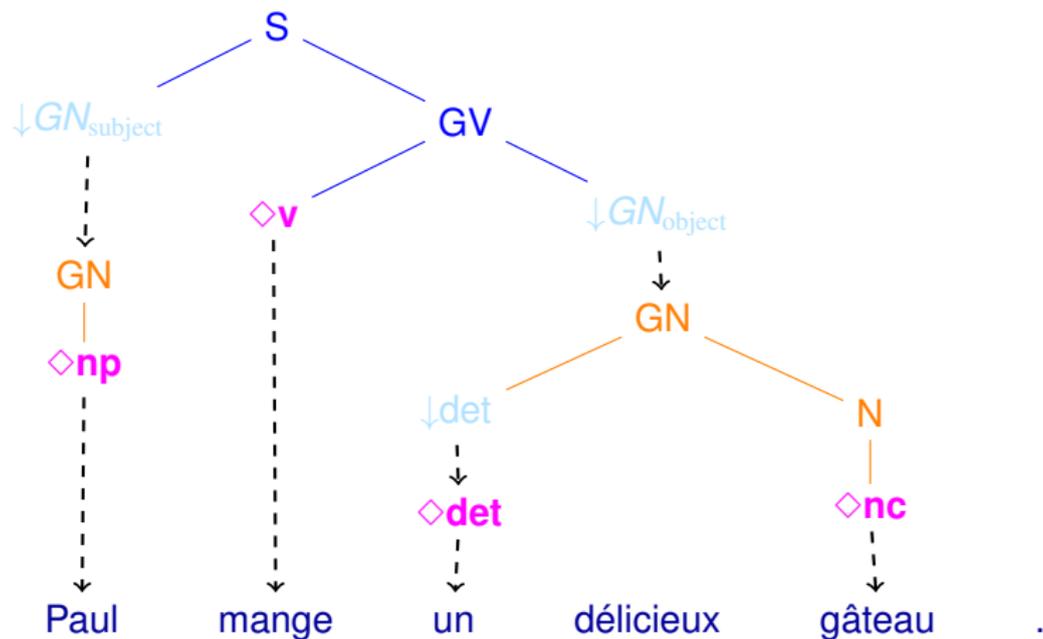
# Exemple d'analyse



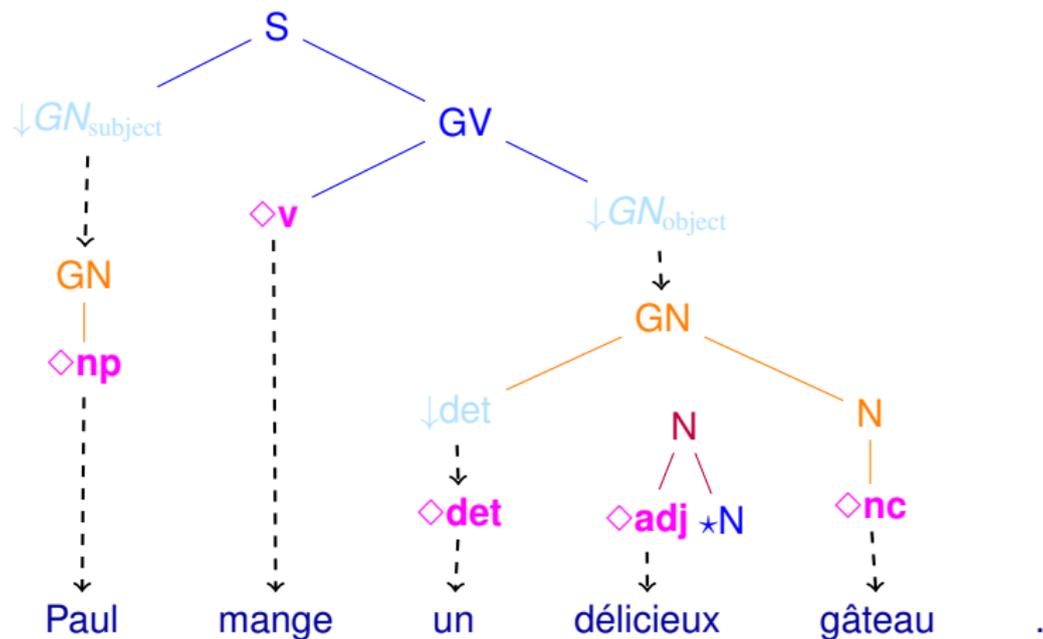
# Exemple d'analyse



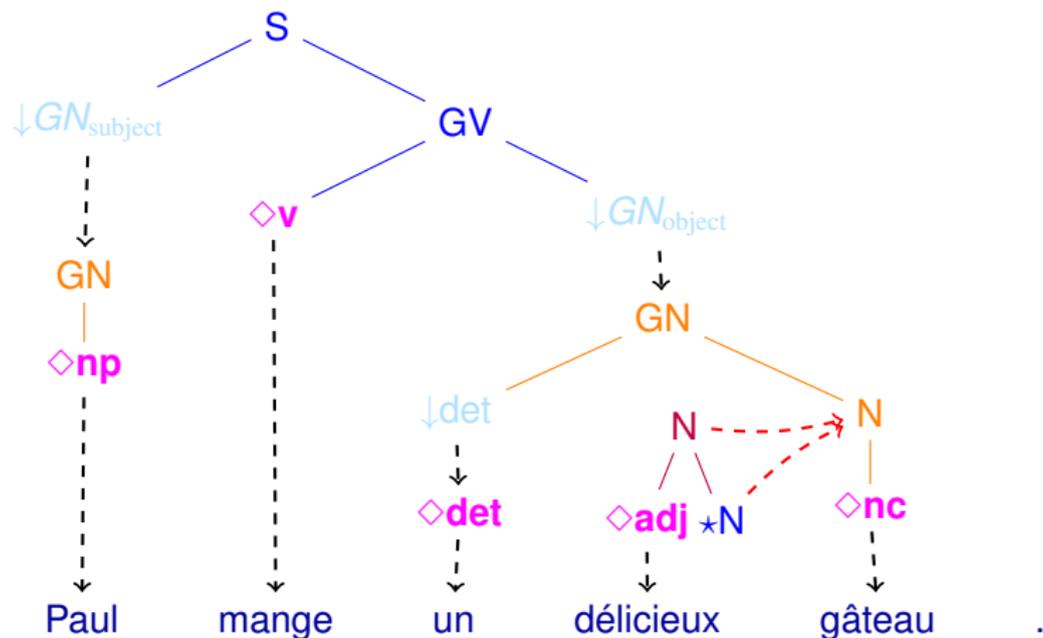
# Exemple d'analyse



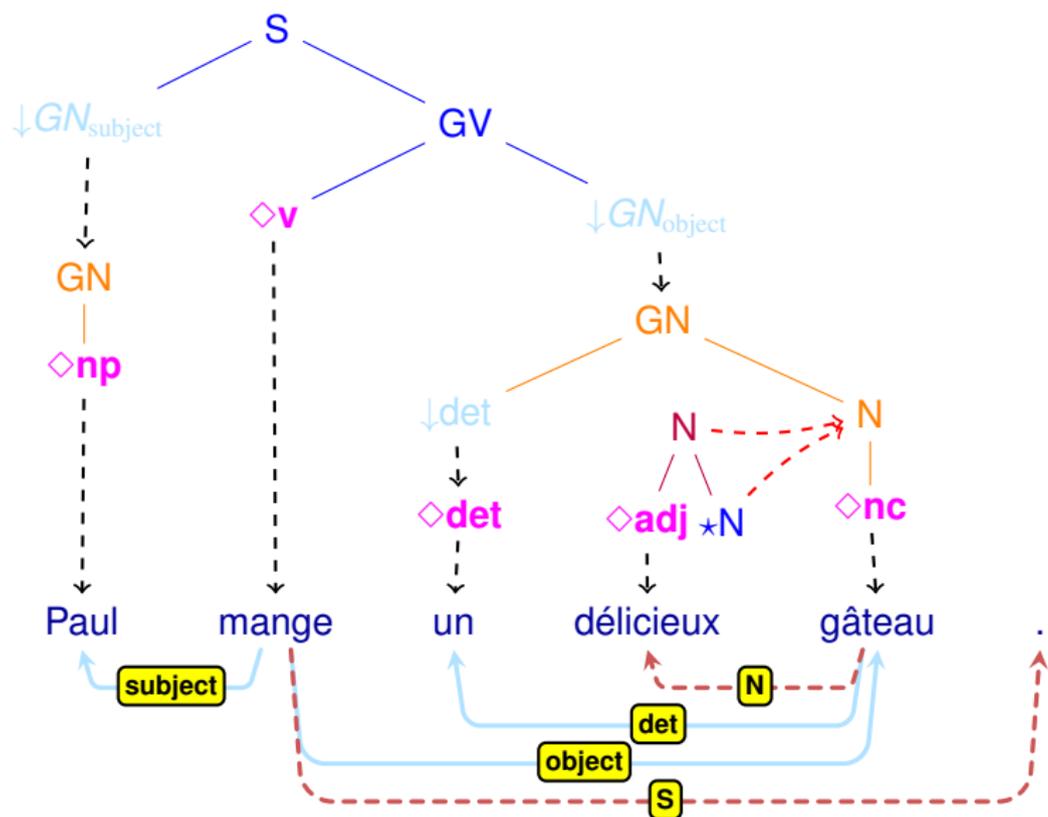
# Exemple d'analyse



# Exemple d'analyse



# Exemple d'analyse



# Diversité syntaxique

Les enfants allument la télé. *La télé est allumée par les enfants.*

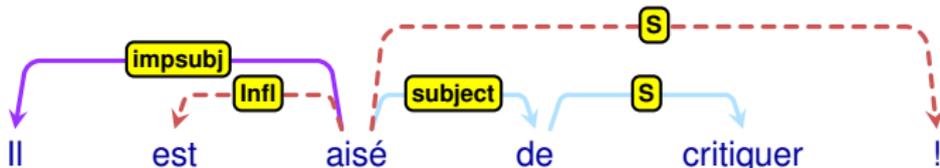
Il donne un livre à Paul. *Il donne à Paul un livre.*

Il le lui donne. *donne-le-lui ! ne le lui donne pas !*

Tu dois parler à ton père. *C'est à ton père que tu dois parler. (\*) À ton père parler tu dois*

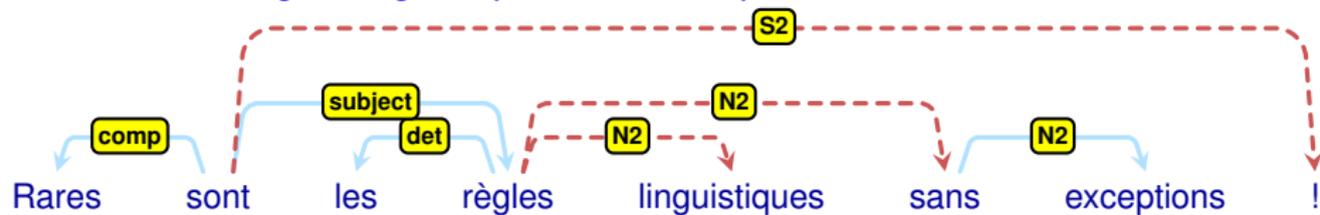


La critique est aisée. *Critiquer est aisé. Il est aisé de critiquer!*



# Diversité syntaxique et expressions idiomatiques

*Rares sont les règles linguistiques sans exceptions !*



*Je m'arrêtai avec, encore, l'envie de fuir.*

*Ne m'avouait-elle pas, il n'y a pas huit jours, que son palais l'ennuie ?*

*Je ne conclurai pas, exception culturelle oblige, par une citation.*

*Vous avez toujours la nostalgie d'un je ne sais quoi qui n'existait pas hier et qui ne sera pas demain*

*Qui peut le plus peut le moins*

(oral) *L'état c'est moi! Le chocolat, moi, j'adore ça*

Loi en puissance très présente dans les données linguistiques, traduisant une décroissance exponentielle de la fréquence  $f$  en fonction du rang  $n$ :

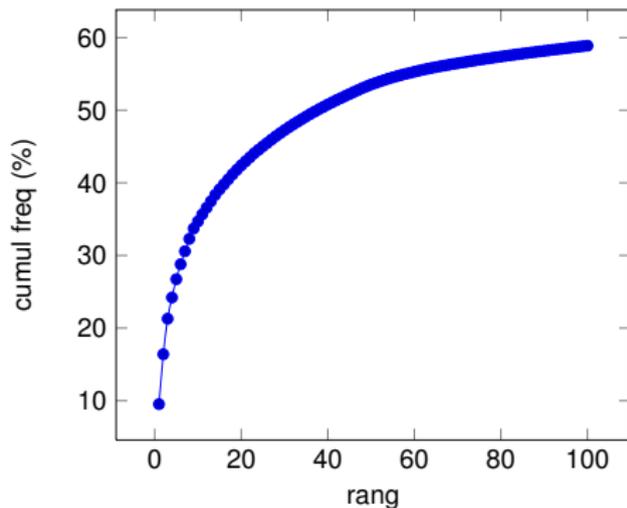
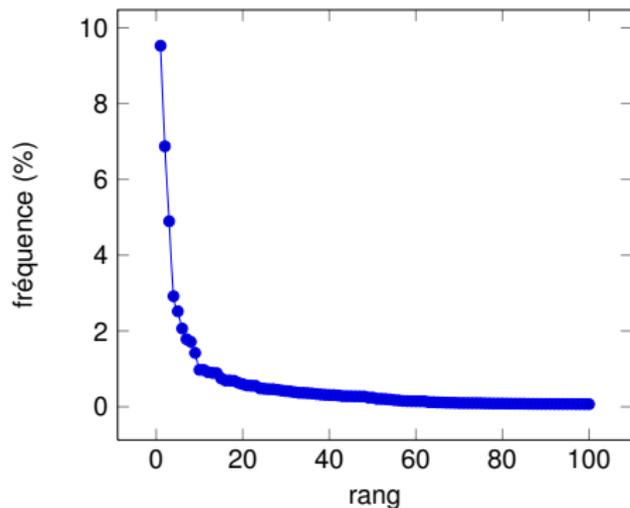
$$f_n \sim 1/n^\alpha \quad \alpha > 1$$

- quelques mots/structures sont beaucoup utilisés; énormément de mots/structures sont très peu utilisés
- traduit à la fois une prime à la réutilisation et une tendance à la créativité



# Distribution de lemmes

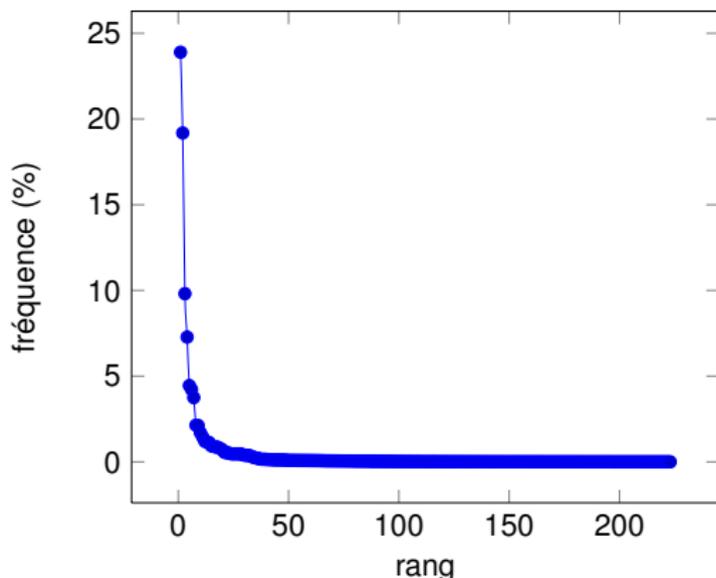
Distribution des mots (lemmes) dans un corpus de 500 millions de mots, avec 3 234 274 lemmes distincts dont 71 348 hors noms propres:



Les mots les plus fréquents: **le**, **de**, **“**, **”**, **.**, **à**, **un**, **et**, **cln**, **:**, **en**, **être/v**, ...  
80% des occurrences couvertes avec ~1500 lemmes et 90% avec 6000 mots

# Distribution des constructions syntaxiques

Distribution des arbres de la grammaire **FRMG** sur 10 096 phrases du corpus **FRENCH TREEBANK** de textes journalistiques (Le Monde).



- seulement 223 arbres sur les 344 arbres (factorisés) de **FRMG** sont utilisés.
- 90% des cas couverts avec 25 arbres; 99% avec 100 arbres
- **FRMG** a une couverture de 94.3% pour un score de 86.44% (LAS)

Les constructions les plus fréquentes: Groupes Nominaux (GN), déterminants, GP sur les noms, GP, adjectifs sur nom, GP sur verbes, construction verbale canonique, ...

À côté de la variabilité des constructions, il faut aussi faire face

- aux erreurs (orthographique, grammaticales, . . . )  
En particulier, la ponctuation, importante pour la structure de la phrase est souvent incorrectement utilisée: *Trois mois après cette victoire, entre le marché et les autorités monétaires les escarmouches continuent.*
- à la créativité (néologismes: **feuilletonnisation**, **s'auto-googlier**)
- aux entités nommées  
*Autant en emporte le vent est un grand film*
- aux communautés (jargons) et niveaux de langue  
*t'es soin dans la swagance des bails de la douceur*

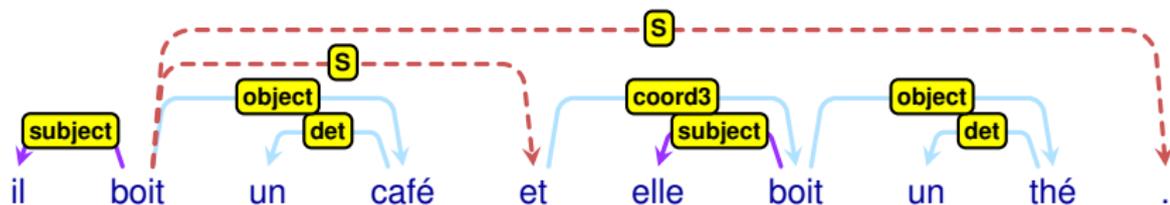
Cas de l'oral,

- pas de ponctuations, mais utilisation possible de la **prosodie** (dont les pauses)
- et difficultés spécifiques comme les hésitations (**eah**) et les répétitions  
*donc moi ben je vais je je prends le mét~ je prends le métro le matin bon jusqu'à le Palais Royal à quelle heure excusez -moi*

# Aux limites des grammaires

Certains phénomènes se décrivent mal avec des grammaires formelles:

- Phénomènes de structures parallèles avec des ellipses: coordination  
*Il boit un café et elle un thé.*

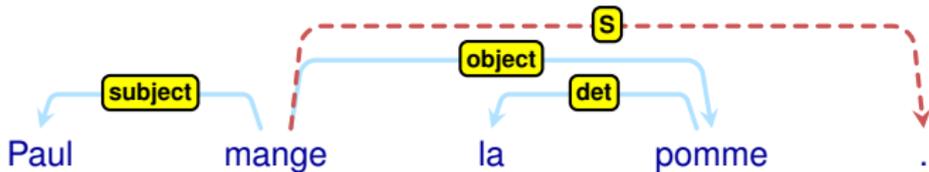


*Tu dois porter les boules rouges à Paul et toi les vertes à Antoine.*

- Phénomènes similaires pour l'oral avec des reprises:

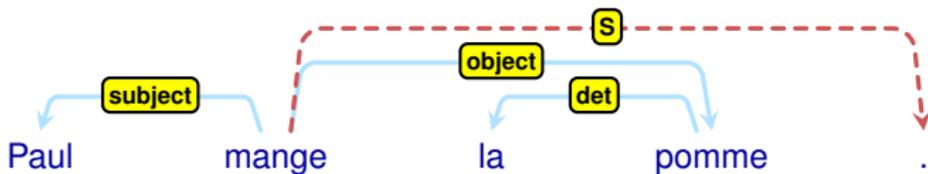
```
donc < moi < " ben "  
{ je vais | { je | je } prends le mét~  
          | je prends le métro  
} le matin
```

- Paul mange la pomme

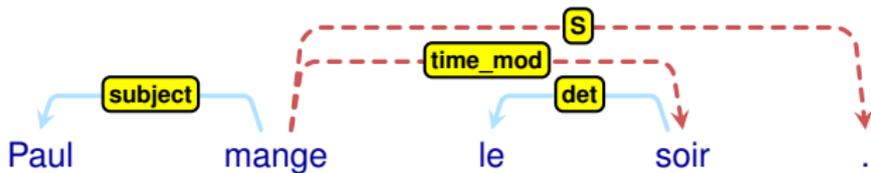


- Paul mange le soir

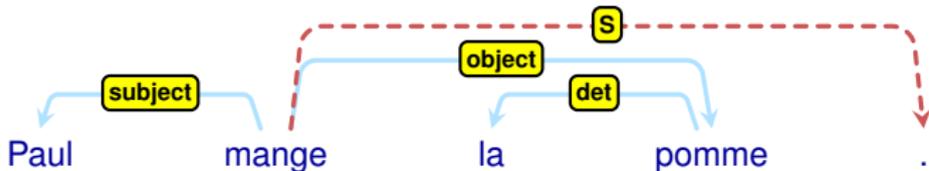
- Paul mange la pomme



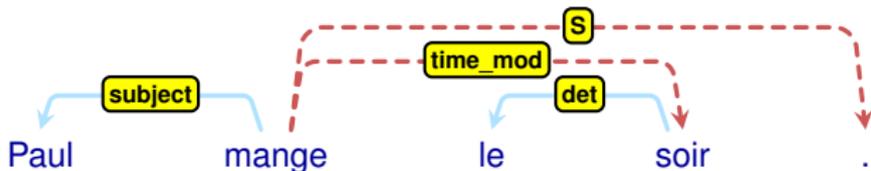
- Paul mange le soir



- Paul mange la pomme



- Paul mange le soir



⇒ ajout d'une construction syntaxique ⇒ ambiguïté

**solution:** ajout de traits `+time` sur **matin**, **soir**, **semaine**, ...

# La malédiction des attachements propositionnels

Ridiculement simple mais quasi-impossible à résoudre sans informations sémantiques, pragmatiques ou contextuelles:

- *Il mange une tarte avec ses amis*
- *Il mange une tarte avec de la chantilly*
- *Il mange une tarte avec sa bière*
- *Paul mange une [ pomme de terre ] cuite*
- *Il observe une maman avec ses jumelles*

**Constat:** Il faut des connaissances sur l'usage des mots et des connaissances sur le monde

Trois grandes approches, éventuellement complémentaires, pour apporter de la connaissance:

- la construction de ressources lexicales et sémantiques fines et couvrantes
- Des approches statistiques supervisées (*treebank*)
- Des approches statistiques non-supervisées (acquisition de connaissances)

**Principe:** Construire (manuellement!) des ressources linguistiques avec des informations partiellement sémantiques sur les mots.

Ainsi, **FRMG** utilise le lexique **LEFF** (**Sagot**)

```
soir nc [pred="soir",@time,@ms]
```

Prototypes: *<il> promet <à quelqu'un> <de faire quelque chose>*

```
promettre v [pred="promettre<Suj:(...),  
Obj:(de-sinf|scompl|sn),  
Objà:(cld|à-sn)>",@CtrlSujObj,@pers,@W
```

Développement de diverses ressources plus ou moins sémantiques  
(**WORDNET**, **FRAMENET**, **VERBNET**, ...)

Mais:

- très difficile de renseigner finement pour tous les mots (+ nouveaux mots)
- bloque des usages acceptables  
*j'aime le matin quand tout est encore calme.*
- figures de style (métonymie, métaphores, ...)
  - ▶ *il boit un dernier verre avant de partir.*
  - ▶ *Le temps mange la vie* (**Baudelaire**)

## Principe:

- 1 préparation de données annotées par des humains (*treebank*), éventuellement assistés par des outils.  
**PENNTREEBANK**, **FRENCH TREEBANK**, **PRAGUE DEPENDENCY BANK**, ...
- 2 apprentissage supervisé à partir des données annotées (HMM, SVN, CRF, réseaux bayésiens, ...)

## Avantages:

- très efficace, autour de **90%** en analyse syntaxique
- utilisable et utilisé pour de nombreuses tâches linguistiques  
étiquetage, entités nommées, analyse syntaxique, ...
- protocole largement indépendant du langage

## Désavantages:

- définition d'un guide d'annotation (~ spécification)
- coût humain important (plusieurs années.hommes)
- volumes restreints (autour d'1Mmots) et erreurs d'annotations
- pas de compréhension des grammaires acquises
- analyseur adapté au domaine d'apprentissage (souvent journalistique)

## Principe:

- utilisation de documents écrits par des humains (linguistiquement corrects, porteurs de sens, et reflétant les usages)
- traitement (linguistique)
- détection de redondances, corrélations, utilisation de motifs pour extraire des informations, émergence des motifs, ...



## Exemples:

- utilisation à divers niveaux (apprentissage de règles morphologiques, règles de segmentation, de lexique morphologique, un peu syntaxe, ...)
- Extraction de terminologie, construction de réseau de mots, de classes de mots, acquisition de relations entre mots (`est_une_sorte_de`, `est_une_partie_de`, ...)



*“Beware the Jabberwock, my son!  
The jaws that bite, the claws that catch!  
Beware the Jubjub bird, and shun  
The frumious Bandersnatch!”*

*Il était grilheure; les slictueux toves  
Gyraient sur l’alloinde et vriblaient:  
Tout flivoreux allaient les borogoves;  
Les verchons fourgus bourniflaient.*

Paul s’est cassé la **binti**.  
Sa fracture à la **binti** a été correctement réduite.  
Il a des douleurs dans la **binti**.

*Meanings of words are (largely) determined by their distributional patterns (Harris 1968)*

*You shall know a word by the company it keeps (Firth 1957)*



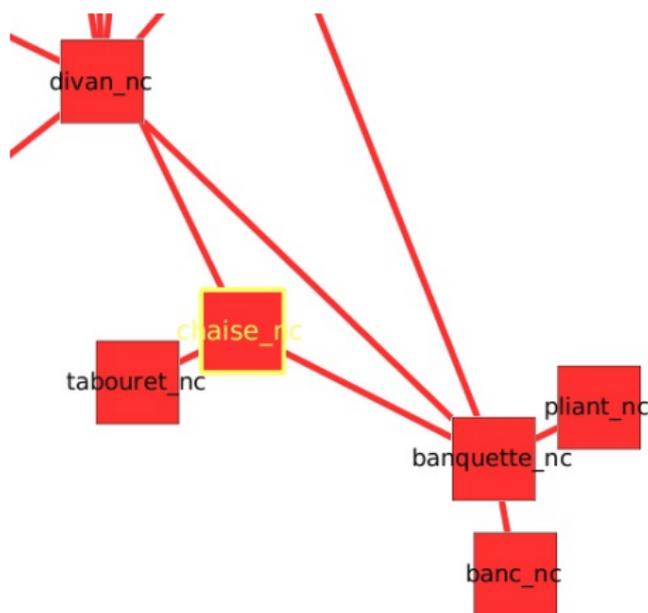
Traitement syntaxique d'un très grand corpus et extraction des contextes:

<b>Corpus</b>	<b>#phrases (millions)</b>	<b>#mots (millions)</b>	<b>Description</b>
Wikipedia (fr)	18.0	178.9	504K pages encyclopédiques
Wikisource (fr)	4.4	64.0	12.8K textes littéraires
EstRepublicain	10.5	144.9	journalistique
JRC	3.5	66.5	directives européennes
EP	1.6	41.5	débats parlementaires
AFP	14.0	248.3	400K dépêches
<b>Total</b>	<b>52.0</b>	<b>744.2</b>	

# Compter et collecter des dépendances

<governor>	<rel>	<gouvernee>	<freq>
-----	-----	-----	-----
chaise_nc	et	table_nc	235
asseoir_v	sur	chaise_nc	227
chaise_nc	modifieur	long_adj	168
chaise_nc	de=	poste_nc	115
tomber_v	sur	chaise_nc	103
chaise_nc	modifieur	musical_adj	102
se_asseoir_v	sur	chaise_nc	93
prendre_v	cod	chaise_nc	87
chaise_nc	modifieur	électrique_adj	82
chaise_nc	modifieur	vide_adj	80
chaise_nc	à=	porteur_nc	80
dossier_nc	de	chaise_nc	78
avoir_v	cod	chaise_nc	71
table_nc	et	chaise_nc	62
chaise_nc	de=	paille_nc	56

Rapprochement des mots en fonction de la similarité de leurs contextes  
(*Markov Clustering*)



# À quoi sert une chaise ?

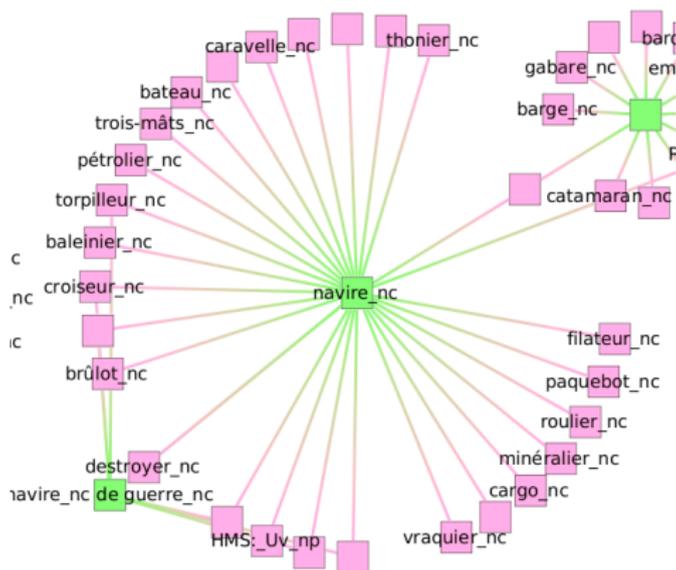
Il est possible d'examiner les contextes de rapprochement:

	chaise divan	chaise tabouret	banquette divan	banquette canapé	banquette chaise	banquette banc
se asseoir sur [•]	●	●	●	●	●	●
asseoir sur [•]	●	●	●	●	●	●
allonger sur [•]	●		●	●		
dormir sur [•]	●		●	●	●	
tomber sur [•]	●		●	●	●	
monter sur [•]		●			●	
place sur [•]						●
grimper sur [•]		●			●	
installer sur [•]		●			●	
poser sur [•]		●			●	
coucher sur [•]	●		●	●		
siéger sur [•]						●
côté sur [•]			●	●		
se lever cpl de [•]	●					
se affaisser sur [•]	●					
jeter sur [•]			●	●		
être sur [•]						●
se installer sur [•]						●
retomber sur [•]	●					
endormir sur [•]				●		
se soulever sur [•]			●			

# Assigner des labels aux classes

Retrouver et analyser les définitions des mots (dans Wikipédia), avec des patrons d'extraction: *X est (une sorte de/une forme de/...) Y*<sub>genus</sub> ... differentia

Un *porte-avions* est un *navire de guerre* permettant de transporter et de mettre en oeuvre des avions de combat



- On cherche à injecter les connaissances ainsi acquises dans les outils de traitement linguistique

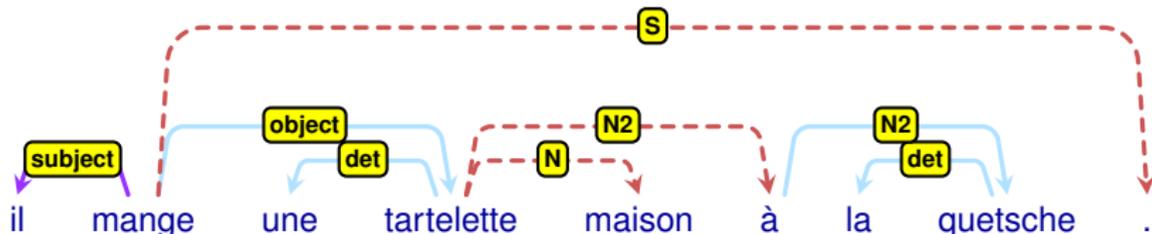
*il mange une tartelette maison à la quetsche.*

**tartelette** proche de **tarte**

**quetsche** sorte de **fruit**

aux\_fruits contexte fréquent sur **tarte**

} ⇒ **tartelette à la quetsche**



- ⇒ Cercle vertueux entre langage et connaissance
- Connaissances également utiles aux humains  
domaines spécialisés [jargons], recherche documentaire, recherche d'information, aide à la création d'ontologies, ...
- Mais besoin d'une phase de validation humaine

Le langage permet progressivement aux ordinateurs d'accéder aux connaissances et de les organiser.

Le TAL commence à trouver sa place dans quelques belles réalisations et devrait être de plus en plus présent dans nos vies.

Peut-être une question: les humains comprennent-ils le langage ?

- les langues sont-elles seulement des artefacts culturels ou existe-t-il une notion de **grammaire universelle** (Chomsky)
- notre apprentissage du langage est-il purement statistique ou existe-il des modules biologiques spécifiques ?

*Je ne connais pas la moitié d'entre vous autant que je le voudrais, mais j'aime moins la moitié d'entre vous à moitié moins que vous ne le méritez !*