

Accueil ENS Cachan
5 janvier 2011

LOGIQUE, LINGUISTIQUE ET INFORMATIQUE:

VERS DES MODÈLES FORMELS DE LA COMPRÉHENSION HUMAINE DU LANGAGE ORDINAIRE.

Christian RETORÉ

(Université de Bordeaux,
INRIA Bordeaux Sud Ouest & LaBRI-CNRS)

PAS DE DÉMOS:

LES FORMULES POUR LES ORDINATEURS,
ET NON POUR LES HUMAINS
QUI CONÇOIVENT LES PROGRAMMES
MANIPULANT LES DITES FORMULES

- Tout élève suit un cours de langue.

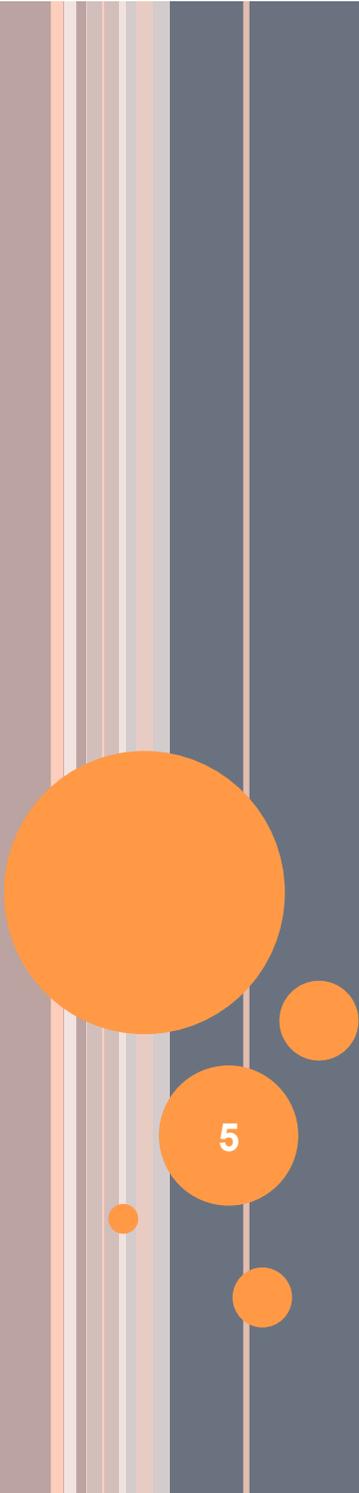
$$\forall e \exists c \exists l (\textit{etudiant}(e) \Rightarrow \\ (\textit{suit}(e, c) \wedge \textit{sujet}(c, l) \wedge \textit{langue}(l)))$$

PLAN

- Historique
- Traitement Automatique des Langues (quelques applications)
- Les domaines de la linguistique
- Grammaire générative, principes,
 - hiérarchie,
 - acquisition
- Logique et sémantique
richesse des questions classiques
- Quelques aspects cognitifs

LINGUISTIQUE ET INFORMATIQUE: UNE LONGUE HISTOIRE

- 1949 Machine Translation
 - The flesh is weak but the spirit is willing
 - (russian)
 - The meat is rotten but the vodka is strong
 - La chair est faible mais l'esprit est fort.
- Nom du domaine:
 - Linguistique informatique
 - Traitement automatique des langues
 - Linguistique computationnelle



T RAITEMENT AUTOMATIQUE DES LANGUES

5
Le versant applicatif

QUELQUES APPLICATIONS

- Le Graal: la traduction automatique (il faut savoir tout traiter pour y parvenir)
- Aide à la traduction:
 - domaine spécifique
 - propose pour chaque mot ou expression des traductions
 - les assemble avec les choix du lecteur
 - (éviter au maximum la représentation des connaissances)

QUELQUES APPLICATIONS

- L'interface homme/machine en langue naturelle par exemple:
 - interrogation de base de données en langage naturel
 - *Quels sont les films des années cinquante qui passent actuellement à Bordeaux?*

QUELQUES APPLICATIONS

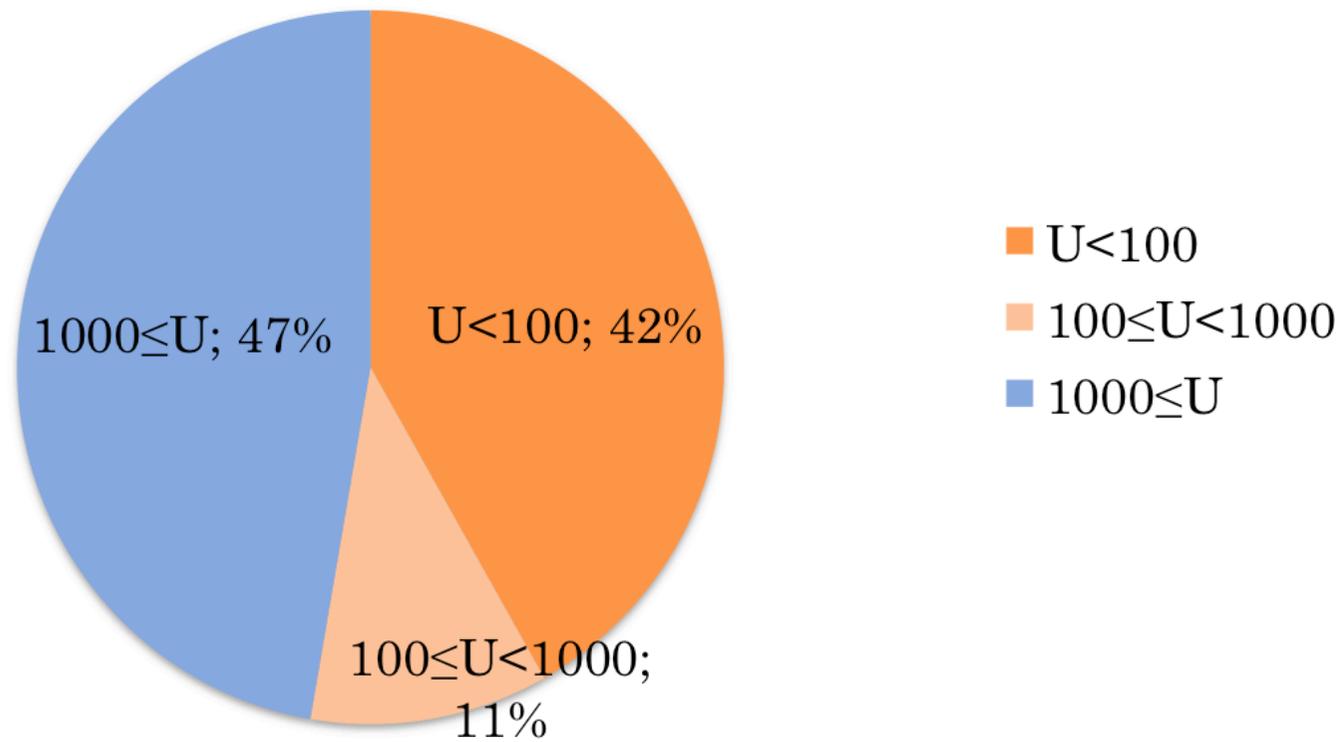
- Correcteurs orthographiques :
 - Synapse Word (souligné vert: français, italien,...)
 - *Quels livres crois-tu qu'il sait que je pense que tu as luS ?* (exemple un peu irréaliste)
- Génération automatique de bulletins météo, de comptes-rendus,..
- Résumé automatique:
deux techniques contrastées

QUELQUES APPLICATIONS

- Recherche d'information
(notamment sur Internet)
 - *production laitière / production de lait*
 - *production minière / production de mine(s) ???*
- Reconnaissance de la parole
(par ex. pour sous-titrage)
nécessite une analyse morpho-syntaxique
pour fonctionner en temps réel

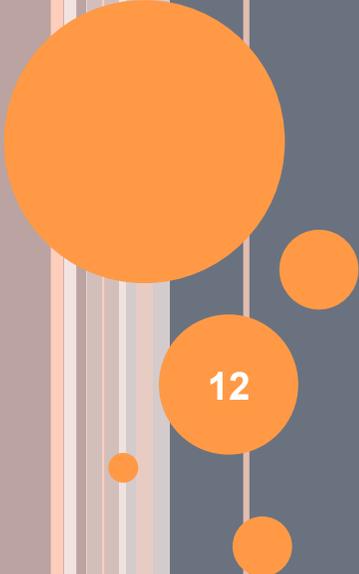
DES APPLICATIONS AVEC PEU D'UTILISATEURS

Nombre d'utilisateurs U



DES OBJECTIFS VARIÉS

- Réalisation d'outils de traitement des langues
- Formalisation des théories linguistiques, vérification ou réfutation d'hypothèses
- Développement des théories informatiques et mathématiques pour elles-mêmes, éventuellement pour d'autres objectifs (par ex. grammaire du génome)



UN APERÇU DES DOMAINES DE LA LINGUISTIQUE

Diviser pour comprendre

12

ANALYSE GLOBALE: MISSION IMPOSSIBLE

- « *Elle remplace Marie-Claire avec le supplément.* »
- Questions:
 - Qui est « elle »?
 - S'agit-il de magazines ou de personnes?
 - Supplément: magazine, heures,...
 - « remplace avec le supplément d'heures » ou « Marie Claire avec supplément »....

« COMPRENDRE » ?

- Construire une représentation du sens utilisable par un ordinateur
- Sous tâches:
 - Trouver la structure de la phrase
 - Interpréter les unités de base
 - Assembler ces sens en suivant la structure de la phrase

NIVEAUX D'ANALYSE (1/4)

- Phonétique: son, production et réception
- Phonologie: sons comme système
 - *Bali et Paris identiques pour un japonais*
- Prosodie: peu formalisée, mais importante pour l'acquisition et le sens.
 - « *Je serai très heureux de venir parler au LaBRI, laboratoire auquel je dois ma formation initiale en informatique, par exemple sur la lambda-DRT.* »
 - Formation initiale sur ...
 - Parler sur ...

NIVEAUX D'ANALYSE (2/4)

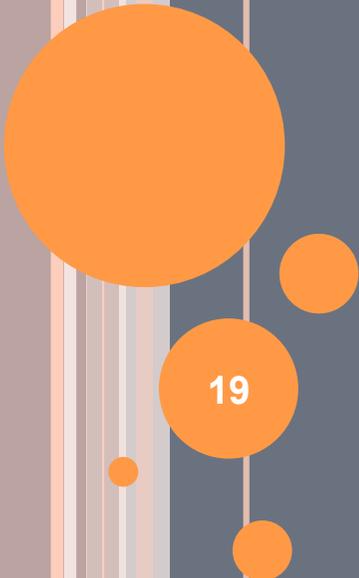
- Morphologie structure des mots
 - Flexionnelle, sans changement de catégorie:
cheval -> chevaux
manger -> mangerons
 - Dérivationnelle:
maison-> maisonnette carpe->carpette??
plier-plier, laver-lavage,
porte-manteau, lave vaisselle,

NIVEAUX D'ANALYSE (3/4)

- Syntaxe: structure de la phrase (arbres, grammaires formelles)
- Sémantique (sens)
 - Des mots, système conceptuel (cf. ci-après)
 - De la phrase, du discours: logique, compositionnalité:
Le sens du tout est fonction du sens des parties et du mode de composition.
 - *Le chat de la voisine dort sur le toit d'une voiture rouge.*
 - Léger problème: *Si un paysan possède un âne, il le bâte.*

NIVEAUX D'ANALYSE (4/4)

- Pragmatique, énonciation
 - Sens par l'usage, en situation: discours, dialogue et du contexte linguistique et extra linguistique:
 - *Allons plutôt dans ce restaurant.*
 - *Ce n'est pas grave.*
Dit par une fillette de 6 ans: *grave=???*



GRAMMAIRE

Un aspect relativement maîtrisé

19

PRINCIPES

○ Langage:

- Ensemble fini de règles inconscientes
 - Les enfants disent *faisez* même sans l'avoir entendu
 - 1) *Il aime trois livres que Chomsky a écrits.*
 - 2) *Combien de livre que Chomsky a écrits aime-t-il?*
 - 1) il \neq Chomsky 2) *possiblement*, il = Chomsky
- Analysable rapidement
- Apprenables à partir d'exemple positifs.

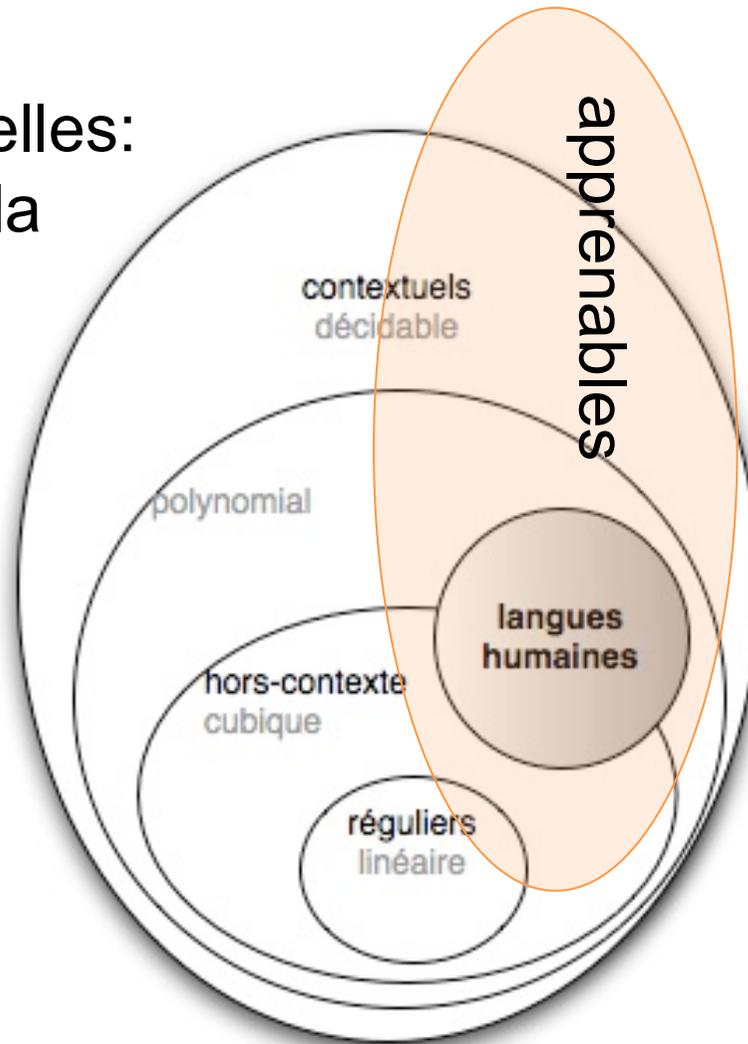
○ Performance / compétence

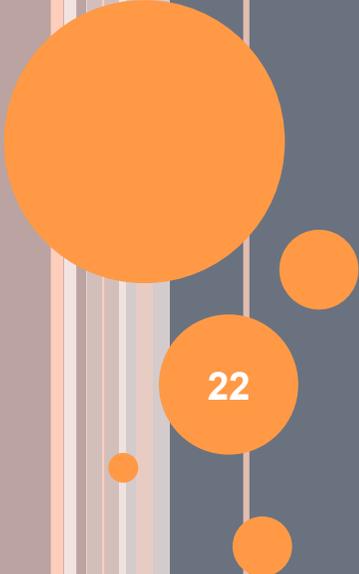
- *La chèvre que le loup a dévoré avait mangé le chou.*
- *?? Le passeur auquel le chou que la chèvre que le loup a dévoré avait mangé appartenait possède plusieurs bateaux.*

LANGUES ET LANGAGES

ANALYSABLES ET APPRENABLES

Grammaires formelles:
bons modèles de la
compétence
Performance?
Apprentissage?





LINGUISTIQUE ET LOGIQUE

Une longue tradition (Antiquité, Moyen-Âge)
Vers un calcul informatique ou cognitif du “sens”.

COMPRENDRE LES PHRASES ANALYSÉES

- Arbres, structures calculées automatiquement, mais ensuite, comment leur associer des formules manipulables par une machine?
- Quels problèmes rencontre-t-on?
Ils sont très classiques
... mais pas faciles.

LOGIQUE ET GRAMMAIRE: 23 SIÈCLES D'HISTOIRE

- Depuis l'antiquité (Aristote, Denis de Thrace)
 - puis au Moyen-Âge (scholastique),
 - au 18e(Port-Royal)...
- La phrase a une structure logique, importante en pratique.
- *Les enfants prendront une pizza*
 - Chaque enfant prend une pizza pour lui seul?
 - Ils partagent la même?

RICHESSE LOGIQUE DES LANGUES

- *Un, des, certains, tous, tous les, tout, chaque*
+ d'autres quantificateurs:
la plupart, les, un grand nombre de, un petit nombre de,
 - *La plupart des étudiants travaillent.*
- Les nombres: encore des quantificateurs:
 - *Mettre huit gouttes dans trois cuillères à soupe d'eau.*
 - 3x8=24 gouttes?
 - 8 gouttes?

PROPRIÉTÉS DE PROPRIÉTÉS

- Une fraise rouge vermillon
 - Rouge propriété, vermillon propriété de propriétés
- Adjectif “Bon”
 - Tous les médecins sont des conducteurs
 - Déduction correcte:
Tous les médecins bordelais sont des conducteurs bordelais
 - Déduction incorrecte:
Tous les bons médecins sont des bons conducteurs
- **Logique d’ordre supérieur**

PROBLÈMES DE PORTÉES, SUITE

○ Lectures *de re* et *de dicto*

- *James Bond croit que l'un des chercheurs du laboratoire est un espion.*
- *Il existe un chercheur dont JB croit qu'il est un espion: JB pense que le chercheur Blofeld est un espion.*
- *JB croit qu'il existe un espion dans le laboratoire, mais il ne soupçonne personne en particulier: JB a trouvé un microfilm dans le laboratoire*

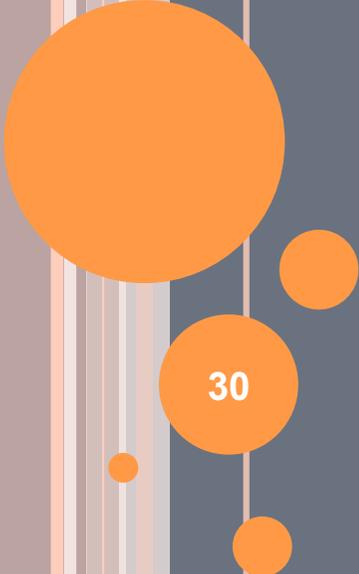
○ **Interprétation :** **modèle de Kripke par ex. topologiques**

ATTENTION À NE PAS S'ÉCARTER DE CE QUI EST DIT

- *J'avais trois trombones dans ma poche, je les ai tous perdus sauf un.
Je le range dans un tiroir.*
- *J'avais trois trombones dans ma poche, j'en ai perdu deux.
* Je le range dans un tiroir.*
- Pourtant, d'un point de vue purement logique, la situation est identique.

LIEN AVEC LA SYNTAXE

- Groupes nominaux: individus
 - *Le chien de ma voisine.*
- Verbes, propriétés
 - 1 arguments *X dort, X regarde Marie*
 - 2 arguments *X regarde Y*
 - 3 arguments: *X donne Y à Z*
- Adjectifs: noms? verbes?
- Groupes prépositionnels :
ni des prédicats, ni des individus:
modifient des propriétés
(logique d'ordre supérieur)



ASPECTS COGNITIFS: QUELQUES EXEMPLES

30

Notre utilisation quotidienne du langage:
Les modèles peuvent-ils prédire nos difficultés.

EXPÉRIENCES

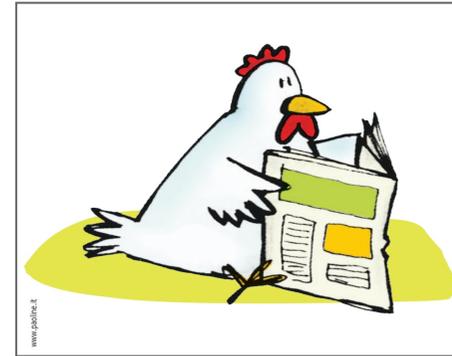


Figure 2: An example of Exp. 1

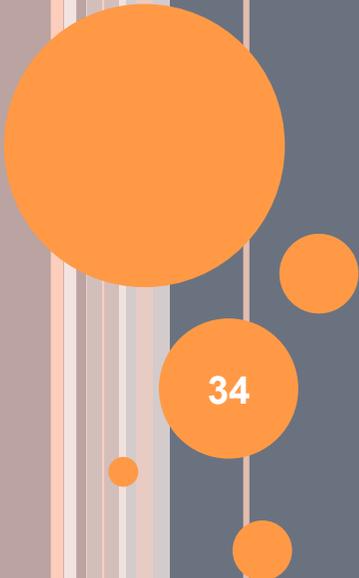
- Phrase, image:
la phrase est-elle vraie dans l'image?
 1. *La poule lit le journal.*
 2. *La poule fait du shopping.*
 3. *La poule ne lit pas le journal.*
 4. *La poule ne fait pas de shopping.*
- Mémoire à court terme:
 - 4 est le pire: imaginer, comparer. 20% d'erreurs.
 - pour enfants dyslexiques 50% oui - 50% non
- Confirmations:
 - *La baleine n'est pas un poisson.*
 - *La baleine n'est pas un oiseau.* Temps de réaction plus élevé.

QUANTIFICATION NATURELLE PLUS RICHE QUE LA QUANTIFICATION LOGIQUE

- La plupart...la majorité.... Pas déf. au 1^{er} ordre.
Modèle usuel: cardinal $|\{x \mid A(x)\}| < |\{x \mid \neg A(x)\}|$
Ce modèles est très contestable. Tests:
 - *La plupart des nombres sont premiers.* NON
 - *La plupart des nombres ne sont pas premiers.* OUI
- Le langage contient des quantificateurs de Henkin.
Invérifiable (complexité), pourtant on en entend!
 - *Un membre de chaque conseil de labo connaît membre de chaque conseil municipal de la CUB.*
- L'analyse formelle en terme d'ensembles et de cardinalité est très contestable. Il vaut revenir au point de vue Aristotélicien, Avicennien ...
L'usage, preuves et réfutations, dialectique (jeux).

LA SIMPLE QUANTIFICATION EST ELLE AUSSI SIMPLE?

- *Tout chien aboie. Un chien, ça aboie.*
 - Objet générique, universel (scholastique)...
 - Preuves: soit X *un chien quelconque*...
- *Tous les chiens aboient. Chaque chien aboie.*
 - Collection de *chiens* vérifiant chacun le prédicat.
 - L'ensemble des *chiens* est inclus dans celui des individus (au sens logique!) *qui aboient*.
- Ça dépend:
 - *Latifa, Myriam et Nabil ont tous réussi.*
 - *Mes enfants ont tous déjà eu la varicelle.*
 - *Tous les étudiants ont réussi.*
 - *Toutes les étoiles meurent.*
 - *Tout nombre entier est la somme de quatre carrés.*
 - *Tout homme est mortel.*



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Au delà de cet aperçu morcelé

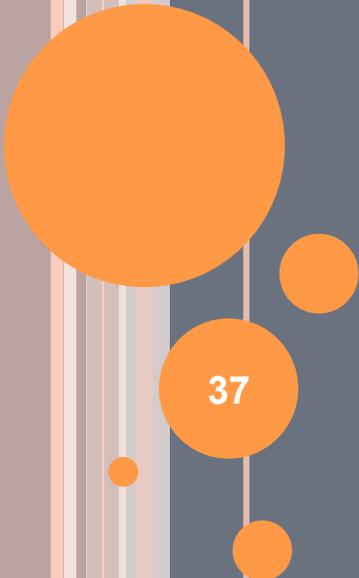
34

BILAN ET PERSPECTIVES

- Modèles mathématiques, algorithmes: réalisations informatiques possibles.
- Outils: manque de ressources linguistiques corpus, grammaires, dictionnaires. Peu de demandes, plutôt recherche d'information.
- Point de vue théorique, compétence: principes régissant le langage (sémantique encore peu connue).
- Cognition, performance: débuts prometteurs modèles — tests, corpus, expériences

DE JOLIES QUESTIONS ENTRE LOGIQUE, MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE

- Traduction automatique de la syntaxe de la langue (arbres) en son sens (formules logiques)
- Théorie de types (comme pour les langages de programmation fonctionnels typés, CaML, Coq)
- Logique linéaire (comme pour les calculs de processus ou certains raffinements de Prolog)
- Modèles de la logique linéaire du premier ordre: structures algébriques ordonnées, modèles topologiques, faisceaux de modèles
- Logique catégorique, théorie des catégories
- Très nouveau: sémantique des jeux (dialogue)



MERCI!

Des questions?

37