Introduction au Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN)

Philippe Langlais
felipe@iro.umontreal.ca

October 9, 2012

Plan

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

Pipeline du TALN

Les mains dans le camboui

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

Pipeline du TALN

Les mains dans le camboui

Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN)

- Activité multidisciplinaire à caractère applicatif (et éventuellement explicatif) regroupant linguistes, cogniciens, mathématiciens et informaticiens.
- Natural Language Processing aims at ”making computers talk” and more precisely, at endowing them with the linguistic ability of humans (d’après (Gardent 2007)).

- Buts de ce cours:
  - problématiques de base du TALN
  - techniques de bases pour les résoudre
  - techniques de base de l’intelligence artificielle: apprentissage modèles génératifs ou discriminant, recherche de solutions, techniques d’alignement, etc.

Tour d'horizon du RALI

http://rali.iro.umontreal.ca

- 3 profs:
  - Guy Lapalme: question-réponse, résumé, etc.
  - Jian-Yun Nie: recherche d'information, etc.
  - Philippe Langlais: traduction, etc.
- 1 assistant de recherche: Fabrizio Gotti
- $i \in [0,5]$ chercheurs invités
- $m \in [3,15]$ étudiants à la maîtrise
- $d \in [3,10]$ étudiants au doctorat
- $p \in [0,5]$ post-doctorants
- Des séminaires RALI-OLST tous les mercredis à 11h30
  http://rali.iro.umontreal.ca/rali/?q=fr/node/1222

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

Pipeline du TALN

Les mains dans le camboui

Quelques exemples d'applications langagières

Gestion/traitement de documents

- Moteurs de recherche (google, yahoo!, DuckDuckGo, etc.)
- Résumé automatique de textes, indexation automatique
- Extraction d'information
- Classification de textes (spams, opinions)
- Stylométrie, extraction terminologique, veille technologique
- Traduction automatique (MÉTÉO, Babel Fish: `http://world.altavista.com/tr`, Google Translate: `http://translate.google.fr/`)
- Notation automatique de copies d'étudiants (le rêve de tout prof)

Quelques exemples d'applications langagières

Production de documents

- Réponse automatique
  - aux questions "ouvertes"
    (ex: Ask Jeeves: http://www.ask.com)
  - aux courriels
- Aide à la rédaction (correcteurs, accélération de la saisie, etc.)

Quelques exemples d'applications langagières

Interfaces

- Traduction assistée (http://www.tsrali.com),
- Aide à la lecture, à l'apprentissage d'une langue seconde
- Interrogation de bases de données en langue naturelle
- Agents de dialogue:
  - Reconnaissance de la parole (How May I help you ? http://www.research.att.com/~algor/hmihy/)
  - Synthèse de la parole (MBROLA: http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html)

Applications développées au RALI

Identification de la langue

Applications développées au RALI

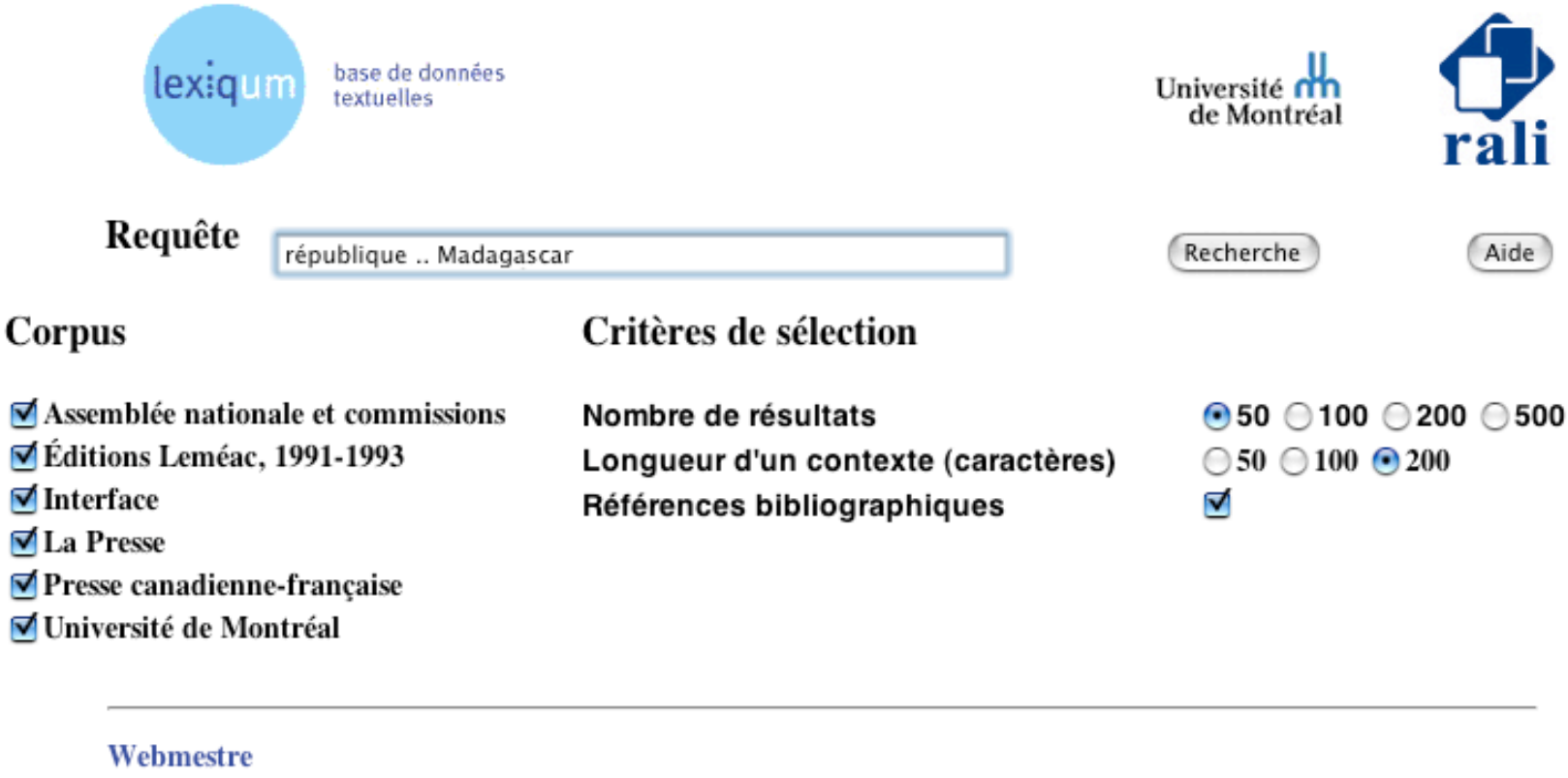
Identification de la langue

Applications développées au RALI

Identification de la langue

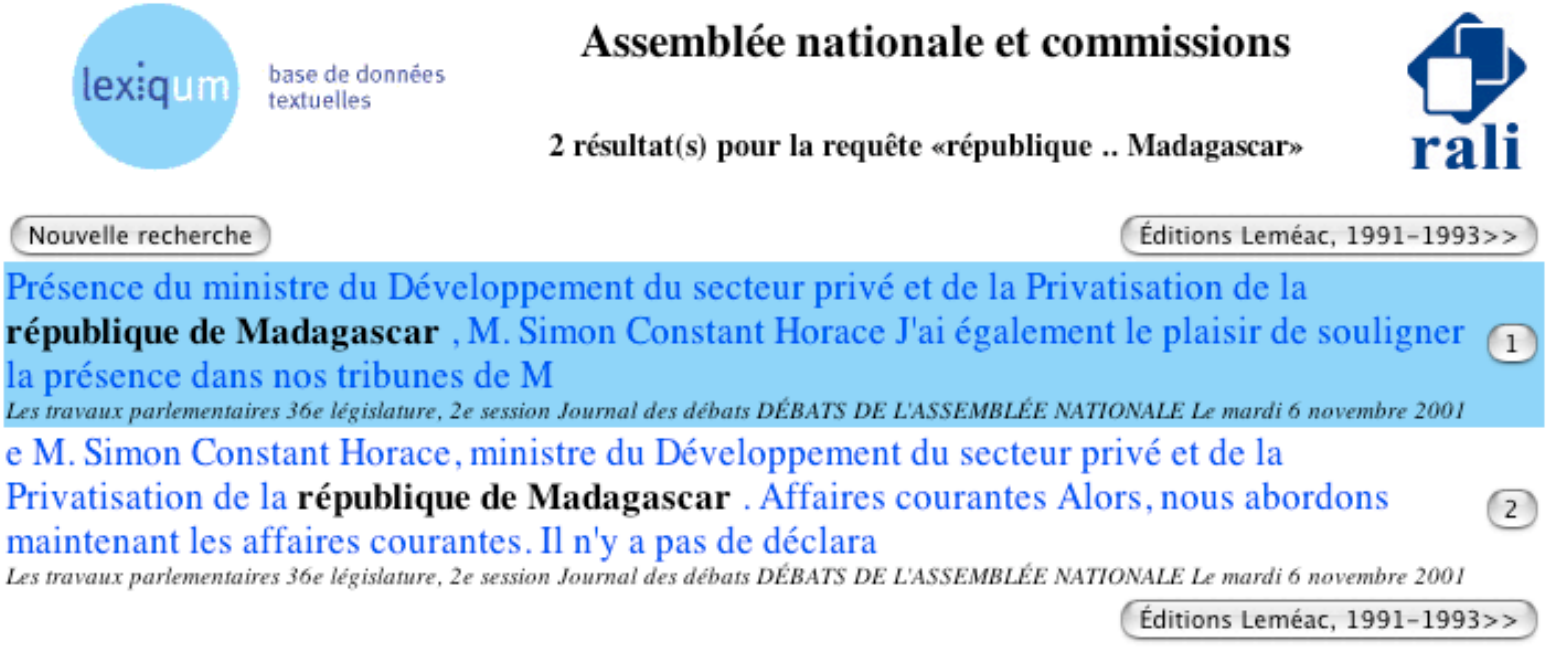
Applications développées au RALI

Lexicum: 207 M. de mots



Applications développées au RALI

Lexicum: 207 M. de mots



Applications développées au RALI

Réacc

Le RALI réunit des informaticiens et des linguistes d'expérience dans le traitement automatique de la langue. Il est le plu laboratoire dans le domaine au Canada.

Réacc est un système capable de réintroduire automatiquement les accents et autres marques diacritiques dans ur qui en est privé.

Tapez dans l'espace ci-dessous du texte en français, sans accents:

La ou le francais n'est pas accentue,
il y a de la gene,
mais quand le systeme m'accentue,
je suis moins gene!

réaccentuer ce texte

Pour appliquer Réacc sur un fichier: Choisir le fichier aucun fichier sélectionné

Applications développées au RALI

Réacc

Le RALI réunit des **informaticiens** et des **linguistes** d'expérience dans le traitement automatique de la langue. Il est le plus import
laboratoire dans le domaine au Canada.

Entrée:

La ou le francais n'est pas accentue,
il y a de la gene,
mais quand le systeme m'accentue,
je suis moins gene!

Sortie:

Là où le français n'est pas accentué,
il y a de la gêne,
mais quand le système m'accentue,
je suis moins gêné!

Soumettre une nouvelle requête

Webmeister: (11/7/2005)

Applications développées au RALI

TransSearch/TSRALI.com http://transsearch.iro.umontreal.ca/

- mis en service sur le web en 1996 sans publicité
- plus de 20 000 requêtes par mois en 2000
- profil des utilisateurs:
  - 51% traducteurs
  - 32% étudiants
  - 12% terminologistes et rédacteurs professionnels
- concepteur: Michel Simard

Applications développées au RALI

TransSearch/TSRALI.com http://transsearch.iro.umontreal.ca/

- TransSearch est maintenant un service offert en ligne par abonnement: TSRALI.com (Terminotix Inc.)
  - $\sim$ 1 500 abonnés
  - $\sim$ 75 000 requêtes par mois

- Bitextes offerts:
  - hansard débats à la chambre des communes depuis 1986 (235 M. de mots)
  - cours canadiennes décisions de la Cour suprême du Canada, de la Cour fédérale et de la Cour canadienne de l'impôt (88 M. de mots)

Applications développées au RALI

TSRALI.com

Applications développées au RALI

TSRALI.com

TransSearch TERMINOTIX RALI

Utilisateur : **felipe** Requêtes | Mon compte | Préférences | Aide | Quitter

Signet TransSearch (qu'est-ce que c'est?)

Collection de documents : Hansard canadien (1986-2005)

Expression : paire de manches Requête bilingue

Chercher

1	Toutefois, lorsqu'ils ont remporté les élections, c'était alors une toute autre **paire de manches**.	However, when they won the elections, it was a different kettle of fish.
2	Quant à savoir si la décision vise les publications que la Chambre imprime au nom des membres, c'est une autre **paire de manches**.	Whether it applies to any publications that the House may print on behalf of members is another matter.
3	La qualité de la gestion est une autre **paire de manches**, notamment en ce qui concerne la morue de l'Atlantique nord et les problèmes survenus dans la région du fleuve Fraser l'an dernier.	Whether it was well managed or not is another question when one considers the problem with the North Atlantic cod, not to mention the problems on the Fraser River over the last year.
4	Cependant, comparer cela à la question de savoir si la définition traditionnelle du mariage devrait être maintenue, c'est une toute autre **paire de manches**.	However, to compare that to the issue of whether the traditional definition of marriage should be maintained is something all together different.

Applications développées au RALI

TSRALI.com

TransSearch TERMINOTIX RALI

Utilisateur : **felipe** Requêtes | Mon compte | Préférences | Aide | Quitter

Contexte

Expression: **paire de manches**
Collection de documents : **Hansard canadien (1986-2005)**
Document: **hans.2005.0067.fr**
Résultat no. **2**

Nouvelle requête

Retour aux résultats

Page précédente

Des voix: Bravo!

Some hon. members: Hear, hear!

Le Président: Je signale également à la Chambre la présence de 12 représentants des Forces canadiennes qui sont ici pour prendre part aux activités de la Journée annuelle des Forces canadiennes.

The Speaker: I am also pleased to draw to the attention of the House the presence of 12 representative members of the Canadian Forces here to take part in annual Canadian Forces Day events.

La Journée des Forces canadiennes est l'occasion, pour l'ensemble des Canadiens, de prendre conscience des sacrifices que font pour eux les hommes et les femmes des forces armées.

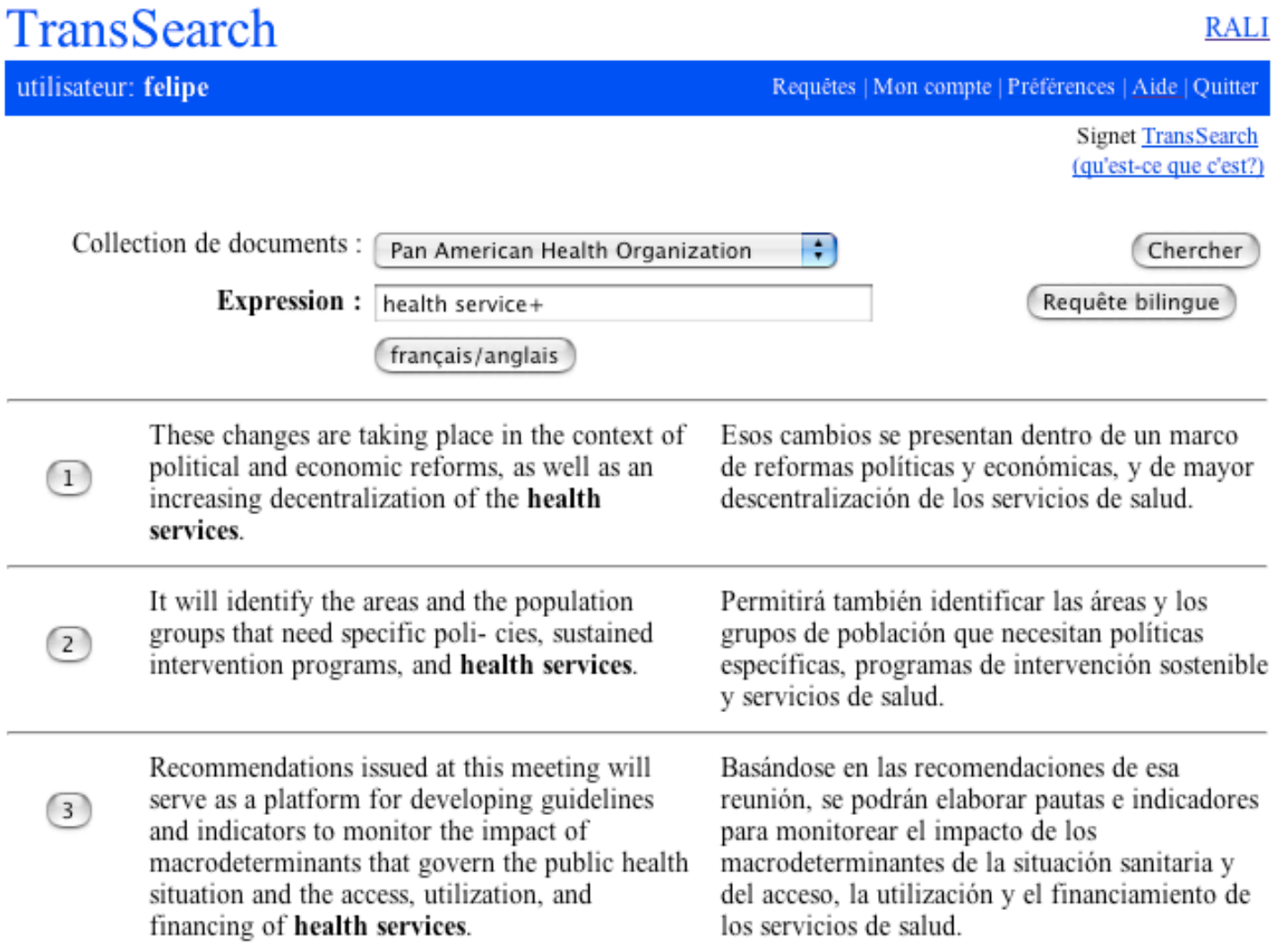
Canadian Forces Day is an opportunity for Canadians from across the country to recognize the sacrifices that our men and women in uniform make on our behalf.

Des voix: Bravo!

Some hon. members: Hear, hear!

Applications développées au RALI

TSRALI.com

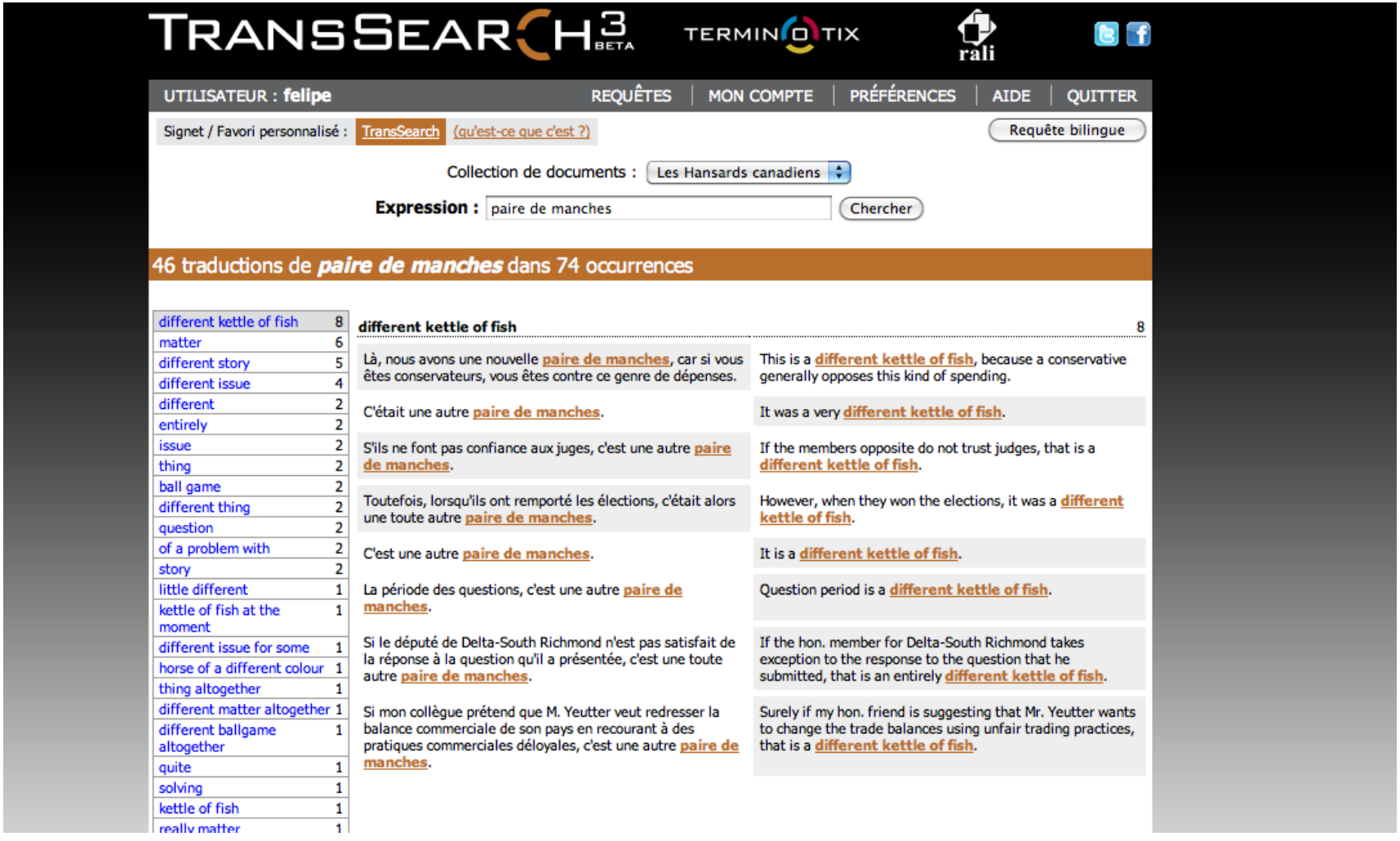


Applications développées au RALI

TSRALI.com

TSRALI.com nouvelle mouture (TS3)

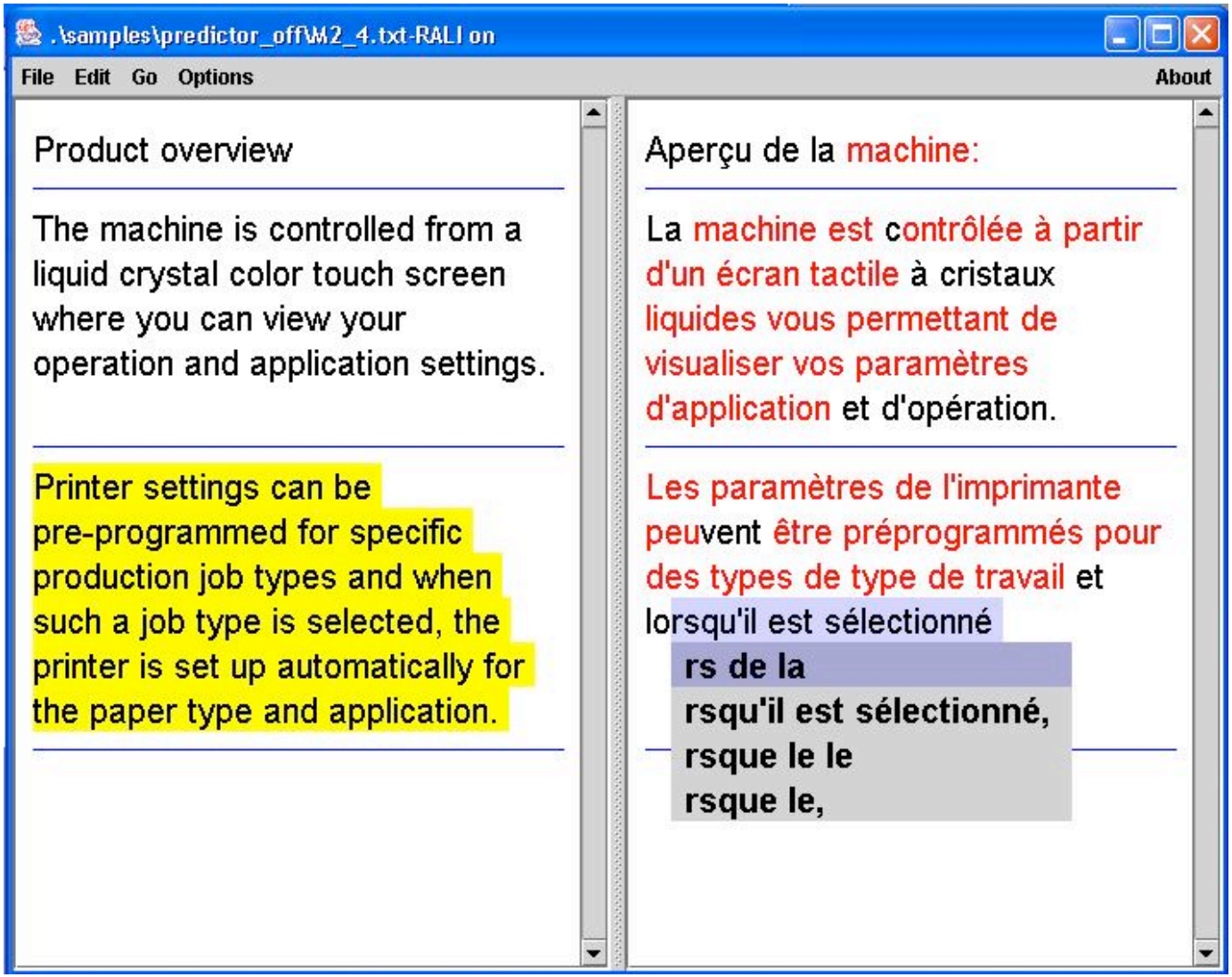
http://isasli.iro.umontreal.ca:8080/Main.aspx



concepteur: Fabrizio Gotti

Applications développées au RALI

TransType



NLP $\in$ IA: NELL

http://rtw.ml.cmu.edu/rtw

tea (beverage)
literal strings: Tea, tea, TEA

Help NELL Learn!

NELL wants to know if these beliefs are correct.
If they are or ever were, click thumbs-up. Otherwise, click thumbs-down.

- tea is an agricultural product
- tea is a beverage
- tea is an agricultural product produced in japan (country)
- tea is an agricultural product produced in kenya (country)
- tea is an agricultural product produced in south_vietnam (country)
- tea is an agricultural product that contains antioxidants (chemical)

http://rtw.ml.cmu.edu/rtw/kbbrowser/beverage:tea

- apprentissage continu (15M de faits candidats, $\sim$ 1.5M fiables)
- intervention manuelle minimaliste

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

Pipeline du TALN

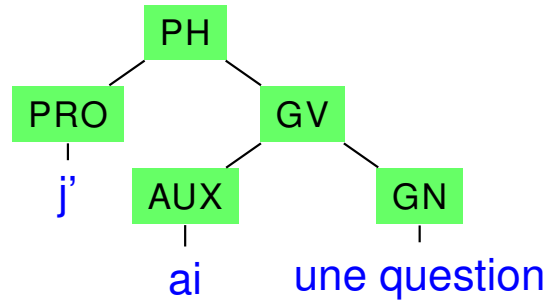
Les mains dans le camboui

Sujets abordés

- Modèles de langue — *p(colorless idea sleep furiously) ?*
  - survol de quelques techniques de lissage
  - algorithme E(xpectation)M(aximization)
- Algorithmique du texte — *mots proches de a2m1?*
  - programmation dynamique: edit-distance, etc.
- Étiquetage morpho-syntaxique — *Je parle trop* $\rightarrow$ PRN VB ADV
  - modèles de Markov
  - approche transformationelle
- Apprentissage analogique — $[\odot : \odot :: \otimes : ?]$
  - problèmes
  - réalisations

Sujets abordés

- Grammaires
  - éléments de théorie des languages
  - grammaires probabilistes



- Traduction automatique *Elle l'aime → She loves*[1]
  - Approche(s) par mémoire
  - Approche(s) statistique(s)
  - Limitations
- Sémantique de corpus *You must ?? your microwavable popcorn before eating it*
  - test de vraisemblance, informattion mutuelle
  - extraction de collocations
  - Open I(nformation)E(xtraction)
- Vos présentations

[1] google – http://translate.google.com/ – 1 octobre 2012

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

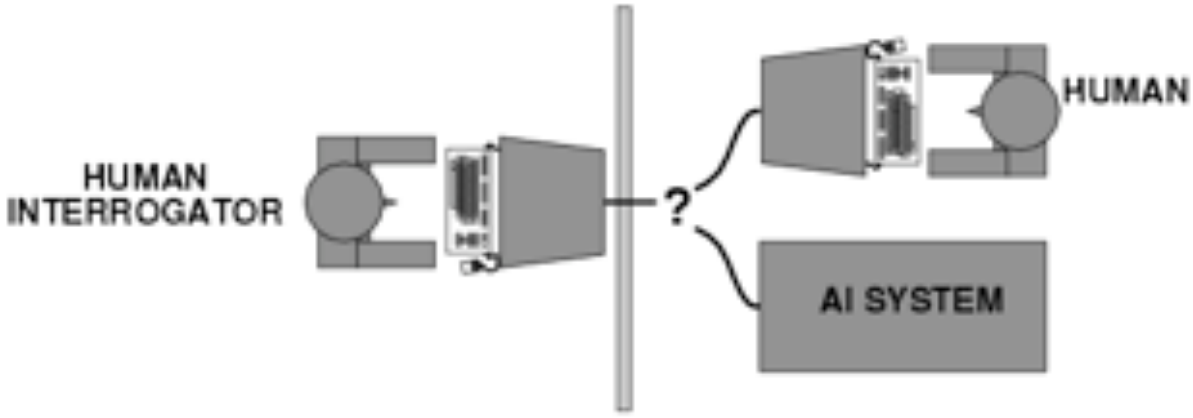
Pipeline du TALN

Les mains dans le camboui

Quelques repères historiques

- Démarrage à l'après-guerre, avec l'essor de l'informatique et le développement de la *théorie des langages formels* (Turing, Kleene, Chomsky, Backus, Naur) et de la *théorie de l'information* (Shannon)
- 1950: le test de Turing
- 1952: premier système de RAP (statistique) capable de reconnaître les chiffres prononcés par un locuteur (Bell Labs)
- 1954: premier "système" de traduction (250 mots, 6 règles, russe→anglais)
- 1960: premier corpus électronique: *Le Brown corpus*, 1 million de mots, différents genres, etc.
- 1960: the box is in the pen // the pen is in the box (Bar-Hillel)
- 1966: rapport Alpac
- 1966: le système ELIZA (Weizenbaum 66)
- 1968: le premier (vrai) système de traduction (Systran, russe→anglais)
- 1971: un système intelligent en mode fermé (SHRDLU)
- 1976: le système de traduction MÉTÉO mis au point à l'UdeM
- 80s: système de reconnaissance statistique multilocuteur

Le test de Turing (1950)



- Succès si la machine trompe un testeur dans 30% des cas sur une période de 5 minutes
- Turing pensait qu'en 2000 les machines passeraient le test

Le système ELIZA (Weizenbaum 66)

- Développé par Weizenbaum en 1966 (MIT)
- My goodness, this computer is clever !

Utilisateur	Men are all alike
ELIZA	IN WHAT WAY ?
Utilisateur	They're always bugging us about something or other
ELIZA	CAN YOU THINK OF A SPECIFIC EXAMPLE ?
Utilisateur	My boyfriend says I'm depressed all the time
ELIZA	I AM SORRY TO HEAR YOU ARE DEPRESSED

dialogue extrait de (Jurafsky and Martin 2000)

Le système ELIZA (Weizenbaum 66)

La réalité . . .

```
1  s/my/YOUR/g
2  s/I'm/YOU ARE/g
3  ...
4  s/.* all .*/IN WHAT WAY ?/1
5  s/.*I am (depressed).*/I AM SORRY TO HEAR YOU ARE \1/1
6  s/.* always .*/CAN YOU THINK OF A SPECIFIC EXAMPLE/1
7  ...
```

- version web: http://www-ai.ijs.si/eliza/eliza.html
- version `emacs`, tapez: `ESC X doctor`
- voir aussi Loebner Prize http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html et ALICEBot.

Le système SHRDLU

- Un monde restreint (scène de blocs) où un humain peut:
  - demander à l'ordinateur de manipuler des blocs
  - interroger le système à propos d'une configuration
  - demander à la machine d'exprimer son raisonnement

Person:	PICK UP A BIG RED BLOCK.
Computer:	OK. (does it)
Person:	GRASP THE PYRAMID.
Computer:	I DON'T UNDERSTAND WHICH PYRAMID YOU MEAN.
Person:	FIND A BLOCK WHICH IS TALLER THAN THE ONE YOU ARE HOLDING AND PUT IT INTO THE BOX.
Computer:	BY "IT", I ASSUME YOU MEAN THE BLOCK WHICH IS TALLER THAN THE ONE I AM HOLDING.
Computer:	OK. (does it)
Person:	WHAT DOES THE BOX CONTAIN?
Computer:	THE BLUE PYRAMID AND THE BLUE BLOCK.

- développé par Terry Winograd (M.I.T.)
- http://hci.stanford.edu/~winograd/shrdlu/

Deux approches majeures

- Dominance de l'approche rationaliste de la fin des années 50 au début des années 80, sous l'influence principale de Chomsky
  - **Idée maîtresse:** l'être humain naît avec une compétence linguistique
- L'approche empiriste ne reprendra ses lettres de noblesses qu'au début des années 80, grâce aux efforts simultanés d'IBM (Jelinek et al.) et de CMU (Baker et al.) qui introduisent l'approche canal bruité/HMMs en RAP.
  - **Idée maîtresse:** l'être humain est doté de compétences (*think positive*), mais d'une nature différente: reconnaissance de formes, déduction, généralisation, etc.

Les arguments Chomskiens

(d'après Abney dans (Klavans and Resnik 1996))

- Ces deux phrases ont la même probabilité d'être observées dans un corpus, à savoir, faible[2].
  - colorless green ideas sleep furiously
  - furiously sleep ideas green colorless

- L'approximation markovienne d'ordre n sera toujours mise en défaut:
  - Chomsky: $\nexists n, \varepsilon : \forall s, grammatical(s) \leftrightarrow P_n(s) > \varepsilon$
  - Shannon: $\exists \varepsilon : \forall s, grammatical(s) \leftrightarrow \lim_{n\to\infty} P_n(s) > \varepsilon$

- "We cannot seriously propose that a child learns the values of 10^9 parameters in a childhood lasting only 10^8 seconds".

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Colorless_green_ideas_sleep_furiously

Les arguments Chomskiens

- La réponse de Peter Norvig:
  http://norvig.com/chomsky.html
- Plus à ce sujet:
  http://languagelog.ldc.upenn.edu/nll/?p=3172

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

Pipeline du TALN

Les mains dans le camboui

Différents niveaux de traitement

D'après (Yvon 2007)

- segmenter le texte en unités lexicales (mots)
- identifier les composants lexicaux, leur propriétés: traitement lexical
- identifier les syntagmes: analyse syntaxique
- construire une représentation du sens: analyse sémantique
- identifier les fonctions de l'énoncé dans son contexte d'élocution/de production: analyse pragmatique

Note:

- ambiguité à tous les niveaux
- illusion de l'approche pipeline

Segmenter un texte en mots

- Les séparateurs ne sont pas exempts d'ambiguïté:
  - le point peut indiquer la partie décimale d'un nombre (`1.23`), un acronyme (`C.R.D.P.`), peut faire partie d'une abréviation (`M. Paul`)
  - les guillemets (`'`) introduisent une citation, mais sont aussi présents dans des noms propres (`O'Sullivan`), dans certaines unités (`Il a couru le 100 mètre en 9'78`). On en retrouve aussi dans `aujourd'hui` ou `prud'hommes`
  - le trait-d'union peut indiquer la présence d'une incise, est également présent dans les mots composés et sert aussi à marquer les césures.
  - etc.

- Prolifération de nouvelles formes de l'écrit:

```
Oui!  C mon demi frere ki a pris le msg.  A ya
dit on retourne ouskon pratiquait avant
```

Analyse lexicale

- **But:** associer les *tokens* aux entrées d'un lexique qui caractérise les mots d'une langue, contient leurs propriétés

`le`	det. masc. sing / pron. pers. masc. sing.
`président`	verb. 3 pers. plu. ind.-subj. / nom masc. sing.
...	

- Encoder un lexique avec les informations pertinentes est une activité coûteuse

Analyse lexicale

Traitement morphologique

- analyse flexionnelle: processus d'ajustement des formes conditionné par des contraintes d'ordre syntaxiques
  Ex:
  - Le pluriel d'un nom se forme en français par ajout d'un s
  - Le futur se marque par la présence d'un r et d'une conjugaison spécifique

- analyse dérivationnelle: processus de création de nouvelles formes à partir de formes existantes
  Ex: `briser` $\rightarrow$ `brisure`

Analyse lexicale

Traitement des mots composés

- ouvre-bouteille, pomme de terre
- adverbes: en effet, de temps à autre
- conjonctions: parce que, si bien que
- collocations: au fur et à mesure, prendre le taureau par les cornes
- termes:
  - réseaux de neurones,
  - réseaux neuromimétiques,
  - réseau neuronal

Analyse syntaxique

- ambiguïté lexicale: `la` = pron. / article / nom commun
- ambiguïté dynamique: `Il est vraiment chien`
- sous-catégorisation du verbe:

  a) X parle (`Jean Parle`)
  b) X parle à Y (`Jean Parle à Marie`)
  c) X parle de Y (`Jean Parle de Paul`)
  d) X parle de Y à Z (`Jean Parle de Paul à Marie`)

  - `Je parle à la maîtresse de Marie`: b) ou d) ?

- ambiguïtés de rattachement:
  - `Elle mange une glace à la fraise / elle mange une glace à la plage`
  - `J'ai été voir un film avec Marilyn Monroe`
  - `Il a parlé de déjeuner avec Paul`
  - `Il voit l'homme avec un télescope`

Analyse sémantique

- Faire correspondre les syntagmes à des concepts du monde réel.
- Souvent abordé à l'aide de la logique des prédicats ou du lambda calcul
  - `Paul a mis le vin sur la table`
    `mettre(Paul, Vin, sur(Vin,Table))`
- Une formule logique est souvent construite par composition en parcourant l'arbre syntaxique, mais:
  - `Luc a avoué ce vol à Guy`
  - `Luc a attribué ce vol à Guy`
  - `Luc a décrit ce vol à Guy`

  ont des interprétations (formules logiques) très différentes

Analyse pragmatique

- la pragmatique porte sur les attitudes que les locuteurs adoptent vis-à-vis d'un énoncé
  - `Viendras-tu au bal ce soir ? J'ai entendu que Paul y sera !`

TALN & RALI

Exemples d'applications du TALN

Plan (approximatif)

Repères historiques

Pipeline du TALN

Les mains dans le camboui

Compter des mots dans un corpus

- Un mot quelconque dans un corpus est appelé une occurrence (ou une instance, ou très souvent encore un token). C'est la réalisation d'un type particulier.

```
Ca c' est pour moi , le plus beau et le plus
triste paysage du monde .  C' est le même
paysage que celui de la page précédente ,
mais je l' ai dessiné une fois encore pour
bien vous le montrer .
```

- Il y a 43 occurrences dans ce corpus (en comptant les signes de ponctuation), mais il y a seulement 34 types (en distinguant majuscule/minuscule; 33 sinon). 75% de ces types ont une fréquence de 1 dans ce corpus.

Qu’est-ce qu’un mot ?

- Une réponse possible:

```
sed -e ’s/^$/./g’ $1 | tr -s "." "." |
sed -e ’s/No\. *\([0-9]\)/No \1/g’
    -e ’s/no\. *\([0-9]\)/no \1/g’
    -e ’s/*/ * /g’ -e ’s/-/ - /g’
    -e ’s?/? / ?g’ -e ’s/"/ " /g’
    -e ’s/\./ \. /g’ -e ’s/,/ , /g’
    -e ’s/;/ ; /g’ -e ’s/:/ : /g’
    -e ’s/\([\?\!]\)/ \1 /g’
    -e ’s/\[/ \[ /g’ -e ’s/\]/ \] /g’
    -e ’s/(/ ( /g’ -e ’s/)/ ) /g’ -e "s/’/’ /g"
    -e ’s/\([0-9][0-9]*\)\([a-z|A-Z]\)/\1 \2/g’ |
    tr -s "[:space:]" "[\012*]"
```

- Pour une réponse plus circonstanciée, lire (Polguère 2008).

Qu'est-ce qu'une phrase ?

Exemple extrait de (Véronis and Langlais 2000) p. 372

⟨S⟩ On disait dans le livre:‘‘Les serpents boas avalent leur proie tout entière, sans la mâcher. Ensuite ils ne peuvent plus bouger et ils dorment pendant les six mois de leur digestion’’ ⟨/S⟩

⟨S⟩ On disait dans le livre: ⟨/S⟩⟨S⟩‘‘Les serpents boas avalent leur proie tout entière, sans la mâcher. Ensuite ils ne peuvent plus bouger et ils dorment pendant les six mois de leur digestion’’ ⟨/S⟩

⟨S⟩ On disait dans le livre: ⟨/S⟩‘‘⟨S⟩ Les serpents boas avalent leur proie tout entière, sans la mâcher. ⟨/S⟩ ⟨S⟩ Ensuite ils ne peuvent plus bouger et ils dorment pendant les six mois de leur digestion ⟨/S⟩

⟨S⟩ On disait dans le livre:‘‘ ⟨S⟩ Les serpents boas avalent leur proie tout entière, sans la mâcher. Ensuite ils ne peuvent plus bouger et ils dorment pendant les six mois de leur digestion ⟨/S⟩’’ ⟨/S⟩

Faut-il utiliser un “vrai” langage de programmation ?

- Langage de commande (shell scripts) :

```
1  cat corpus | sort | uniq -c | sort -k1,1n
```

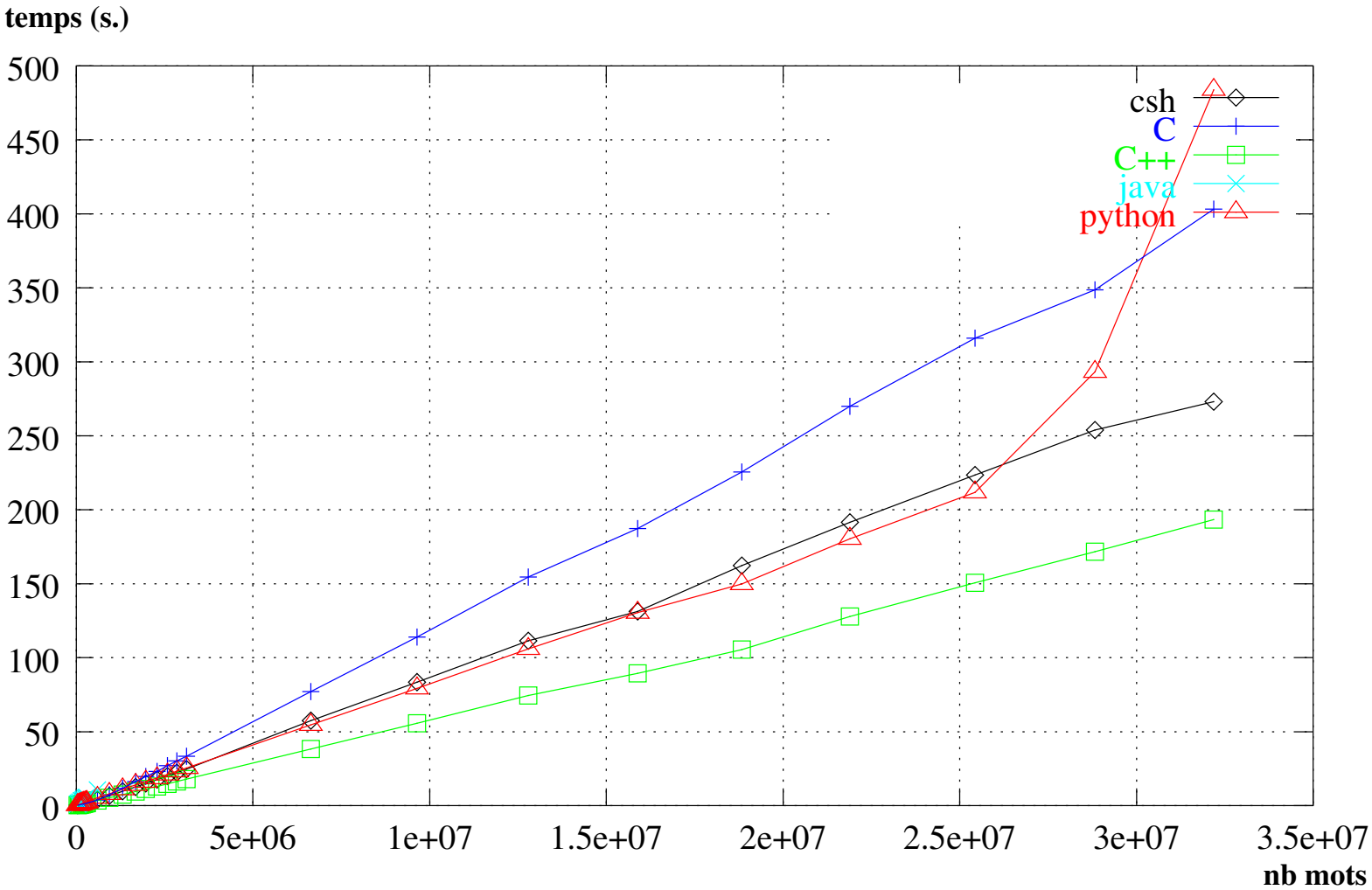
- C++ (ou autre langage du même type) :

```
1  cat corpus | frequence
```

Où `frequence` est un programme utilisant une structure de donnée de type *hash-map*. Voici à quoi ça peut ressembler avec la *STL*:

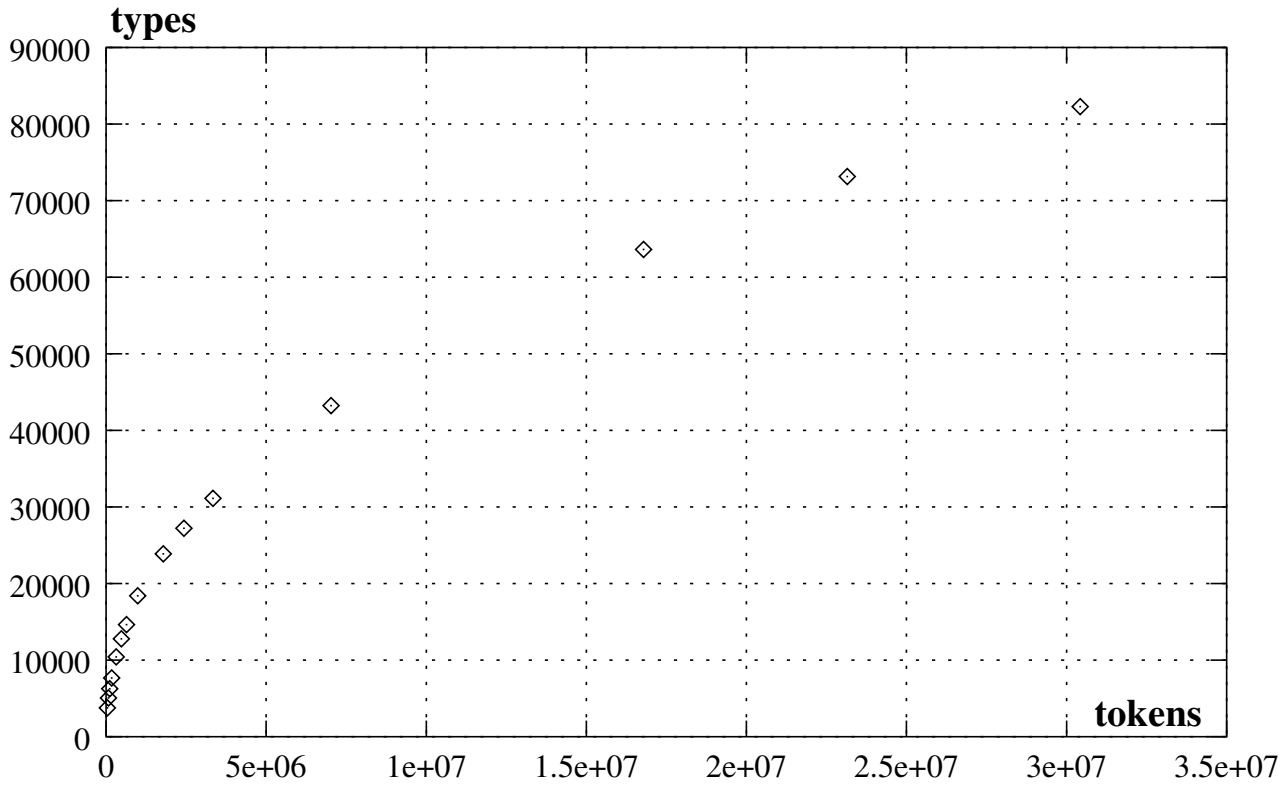
```
1    while (cin >> s) {
2      it = mots.find(s);
3      if (it == mots.end())
4         mots.insert(make_pair(s,1));
5      else
6         ++(it->second);
7    }
```

Faut-il utiliser un “vrai” langage de programmation ?



types *vs* tokens

30 M. de mots du Hansard



- 60000 entrées dans le Petit Robert; 75000 dans le grand Robert.
- Vocabulaire moyen d'un individu $<$ 5000 mots (environ)

http://googleresearch.blogspot.com/2006/08/all-our-n-gram-are-belong-to-you.html

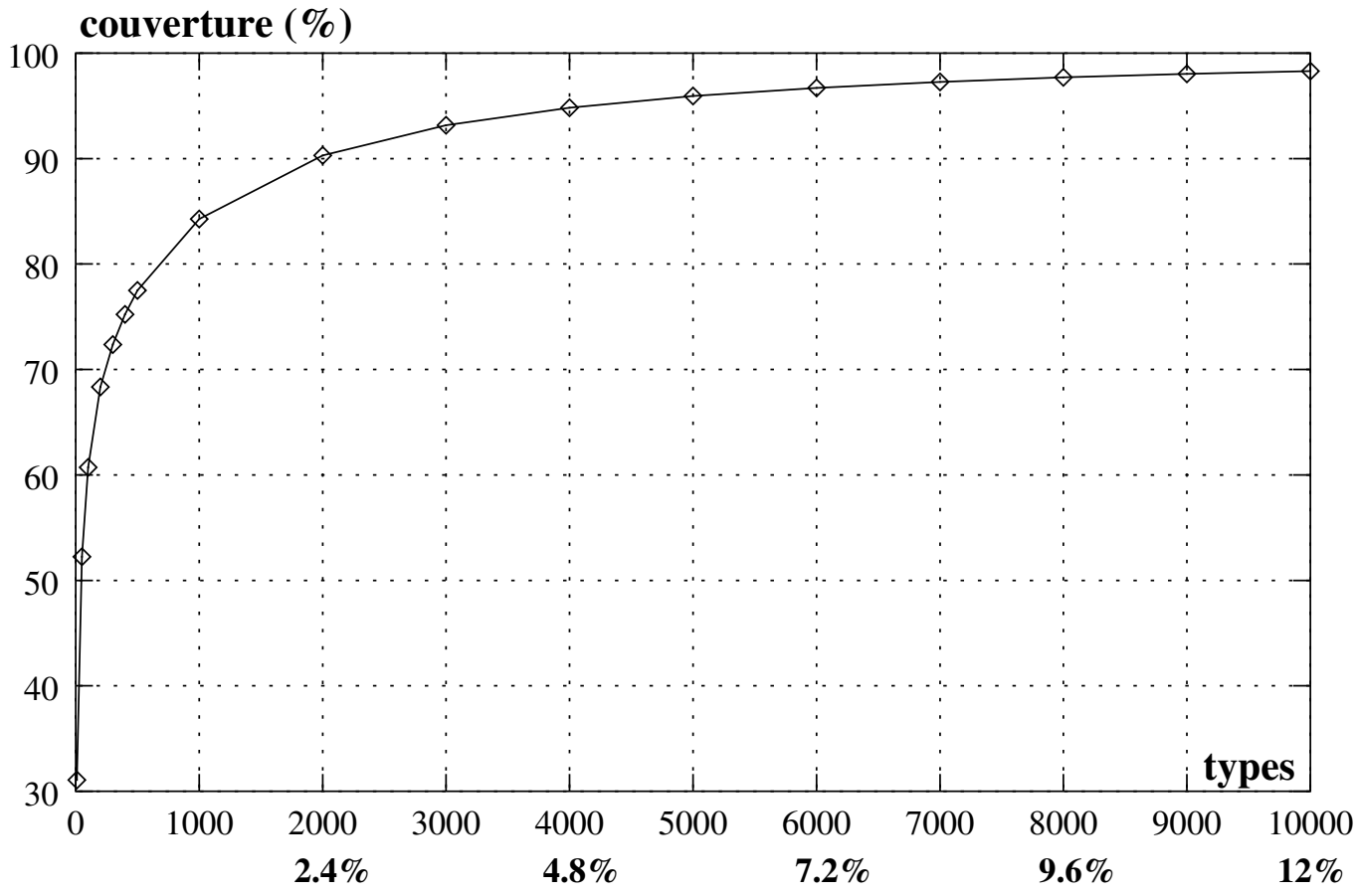
Beaucoup 30 M de mots ?

- Citation de google (mars 2006):

  “We processed 1,011,582,453,213 words of running text and are publishing the counts for all 1,146,580,664 five-word sequences that appear at least 40 times. There are 13,653,070 unique words, after discarding words that appear less than 200 times.”

Notion de couverture

30 M. de mots du Hansard



- 2.4% des types couvrent 90% du corpus étudié

Loi de Zipf: $f \times r \approx cst$

mot	r	f	$f \times r$	mot	r	f	$f \times r$
the	1	1836714	1836714	done	200	16313	3262600
{sent}	2	1639250	3278500	children	300	10188	3056400
.	3	1383044	4149132	ensure	400	7880	3152000
is	10	504770	5047700	corporation	500	6414	3207000
not	20	221350	4427000	turner	1000	2915	2915000
à	30	133279	3998370	damage	2000	1204	2408000
?	40	98435	3937400	withdrawn	3000	658	1974000
all	50	81796	4089800	finances	4000	408	1632000
's	60	65562	3933720	neighbourhood	5000	282	1410000
those	70	53489	3744230	opposes	7000	153	1071000
his	80	46108	3688640	momentum	8000	117	936000
so	90	40810	3672900	forecasting	10000	73	730000
per	100	36099	3609900	rambled	50000	2	100000

- f = fréquence, r = rang

Références I


Gardent, Claire (2007). “Natural Language Processing Applications”. Notes de cours.


Jurafsky, Daniel and James H. Martin (2000). *Speech and Language Processing*. Prentice Hall.


Klavans, J. L. and P. Resnik (1996). *The Balancing Act, Combining Symbolic and Statistical Approaches to Language*. MIT Press.


Polguère, Alain (2008). *Lexicologie et sémantique lexicale. Notions fondamentales*. Coll. ”Champs Linguistiques”. Les Presses de l’Université de Montréal.


Véronis, J. and Ph. Langlais (2000). “Evaluation of parallel text alignment systems: The ARCADE project”. In: vol. 13. Parallel Text Processing, Kluwer. Chap. 19, pp. 369–388.


Weizenbaum, J. (66). “ELIZA, A computer program for the study of Natural Language Communication between man and Machine”. In: *ACM*. Vol. 9(1), pp. 36–45.


Yvon, François (2007). *Une petite introduction au Traitement Automatique des Langues Naturelles*. notes introductives d’un cours sur le traitement des langues naturelles. ParisTech.