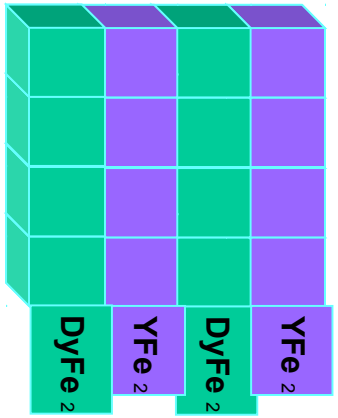
Systèmes de spin appliqués au TALN

Nouveaux matériaux magnétiques

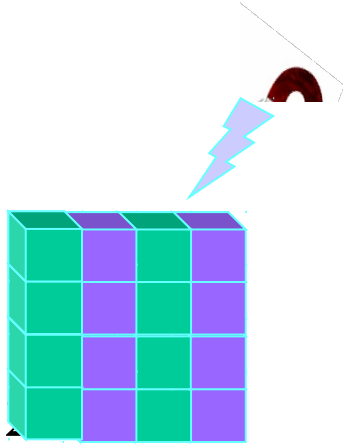
1)

Métaux	M	$T_{(300K)}$
Terres rares	**M**	T (4K)

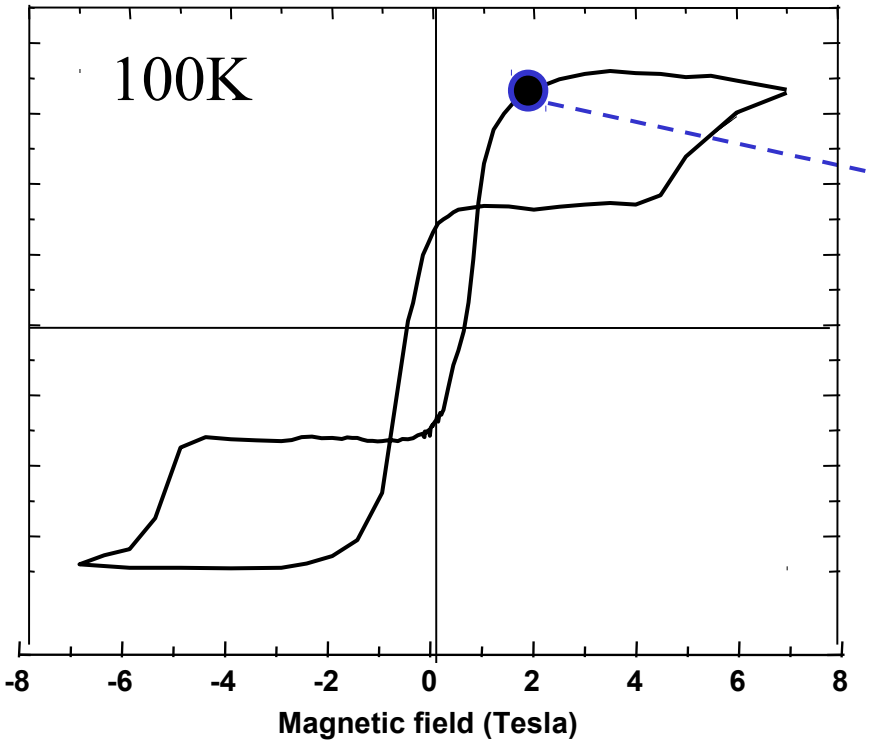
2) Epitaxie par jet moléculaire



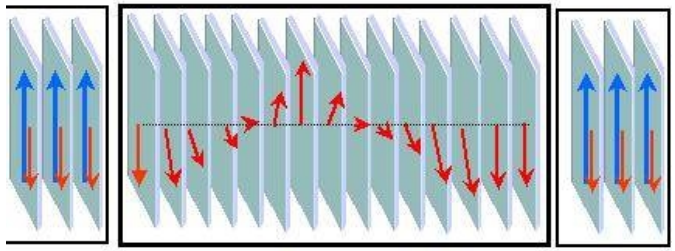
3) Mesures magnétiques



Mesure magnétique et configuration de spin



Spin : représentation de chaque atome comme un petit aimant



Modèles théoriques de la Physique Statistique:

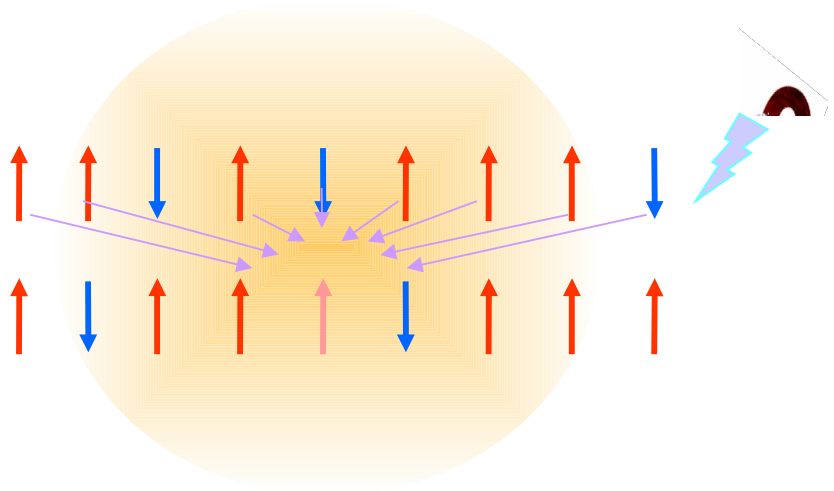
Modèle d'Ising: deux orientations possibles ↓↑

Energie du système

$$E = E\,(interactions) + E(champ)$$

$$E_{ij} = J_{ij}\, s_i\, s_j \qquad + \qquad E_i = H\, s_i$$

$$J_{ij} = J_{ji}$$



Configuration de spin final : minimisation de E

Prob (état du système) = $f\,(E, T, Z)$; Z=fonction de partition

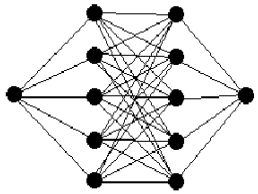
Mais... où entre le TALN dans toute cette histoire ?

Applications *exotiques* de la physique statistique

Physique Statistique

Modèle de spins d'Ising

Modèle de Hopfield



Réseaux neuronaux

TALN

Résumé automatique

Segmentation thématique

...

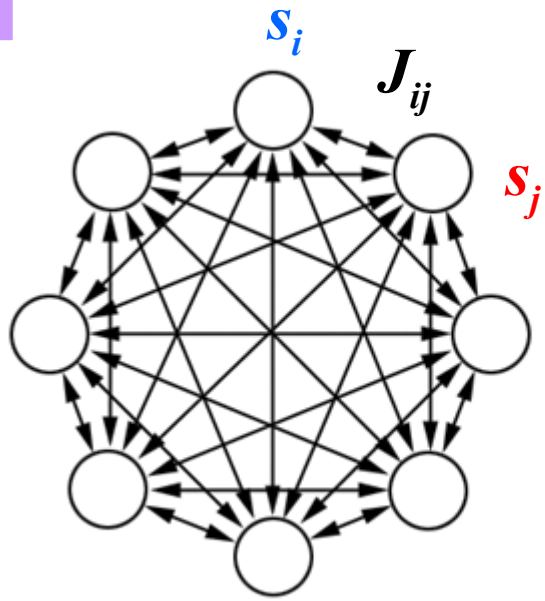
Mémoire associative
(Hopfield, 1982)

Modèle de spins d'Ising

neurone = spin ↓↑

$J_{ij} = J_{ji}$

$E_{ij} = J_{ij}\, s_i\, s_j$



Réseaux neuronaux

Règle d'Hebb

$J_{ij} = s_i\, s_j$

Apprentissage

Récupération: minimisation de E

Limitations :

- Patrons corrélés → erreur de récupération
- Capacité ≈ 0, 14 N

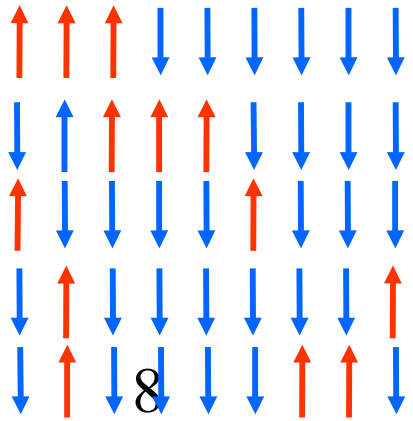
Codage des documents comme un système de spins!

Les maisons bleues de ma tante.
Ma tante s'appelle Lulu.
J'adore sa maison.
Le bleu c'est ma couleur préférée.
J'ai des chaussures blues toutes neuves.

maison	bleu	tante	appeler	lulu	adorer	neuf	chaussure	couleur
TF	TF	TF	0	0	0	0	0	0
0	0	TF	TF	TF	0	0	0	0
TF	0	0	0	0	TF	0	0	0
0	TF	0	0	0	0	0	0	TF
0	TF	0	0	0	0	TF	TF	0

Corrélés!!

- Modèle vectoriel (sac-à-mots)
- Mots filtrés, normalisés et lemmatisés
  (Porter, 1980; Manning & Schutze, 2000)



Interaction entre spins

mot ~ neurone ~ spin s_i

$\begin{bmatrix} \text{TF} & \text{TF} & 0 \ldots & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_0 & s_1 & s_2 \ldots . & s_N \end{bmatrix}$ Phrase ~ chaîne de spins

Doc → $S = \begin{pmatrix} s_1^1 & s_2^1 & \cdots & s_N^1 \\ s_1^2 & s_2^2 & \cdots & s_N^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_1^P & s_2^P & \cdots & s_N^P \end{pmatrix}$ Phrases x mots

$$J^\mu = \begin{pmatrix} s_1^\mu \\ \vdots \\ s_i^\mu \\ \vdots \\ s_N^\mu \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} s_1^\mu & \cdots & s_i^\mu & \cdots & s_N^\mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} j_{1,1}^\mu & j_{1,j}^\mu & \cdots & j_{1,N}^\mu \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ j_{i,1}^\mu & j_{i,j}^\mu & \cdots & j_{i,N}^\mu \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ j_{N,1}^\mu & j_{N,j}^\mu & \cdots & j_{N,N}^\mu \end{pmatrix}$$

$J = \Sigma J^\mu = (S^T \times S)$: c'est la mémoire d'Hopfield !

L'énergie n'est pas utilisée

Energie textuelle

$$E = - \begin{pmatrix} s_1^1 & s_2^1 & \cdots & s_N^1 \\ s_1^2 & s_2^2 & \cdots & s_N^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_1^P & s_2^P & \cdots & s_N^P \end{pmatrix} \times J \times \begin{pmatrix} s_1^1 & s_1^2 & \cdots & s_1^P \\ s_2^1 & s_2^2 & \cdots & s_2^P \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_N^1 & s_N^2 & \cdots & s_N^P \end{pmatrix} = - \; S \times (S^T \times S) \times S^T$$

$$= -(S \times S^T) \times (S \times S^T)$$

$$= -(S \times S^T)^2$$

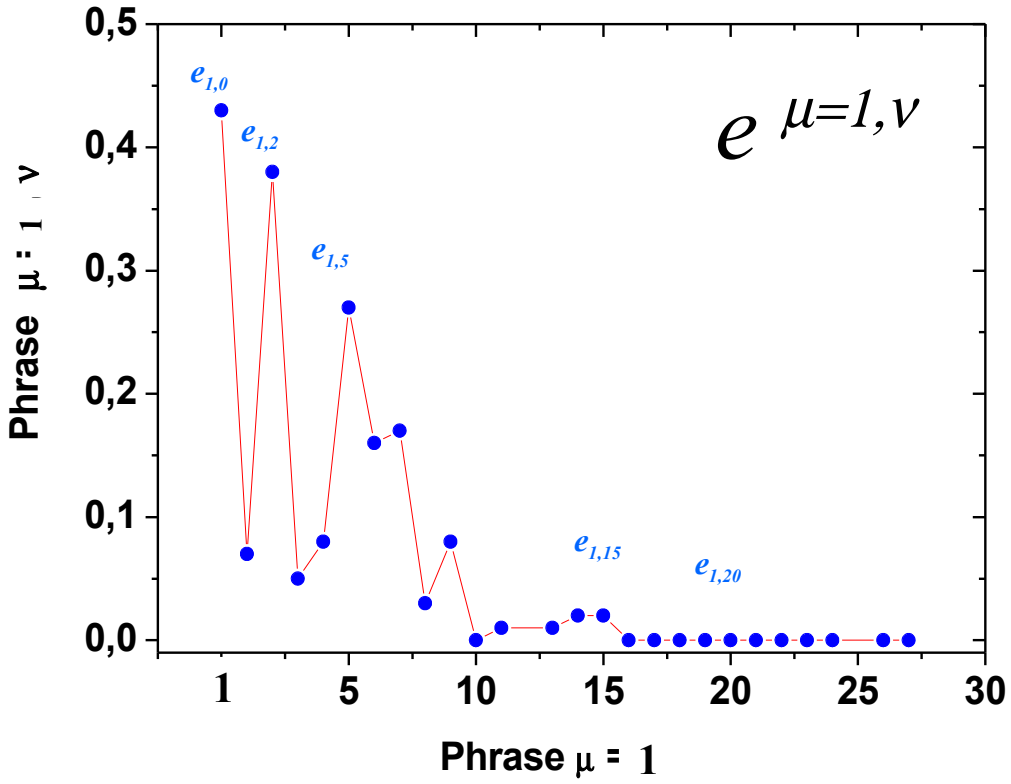
$$E = \begin{pmatrix} e^{1,1} \ldots & e^{1,P} \\ \vdots & \vdots \\ e^{\mu,1} \ldots & e^{\mu,P} \\ \vdots & \vdots \\ e^{P,1} \ldots & e^{P,P} \end{pmatrix}$$

$e^{\mu,\nu}$ = énergie entre la phrase μ et la phrase ν

Energie textuelle

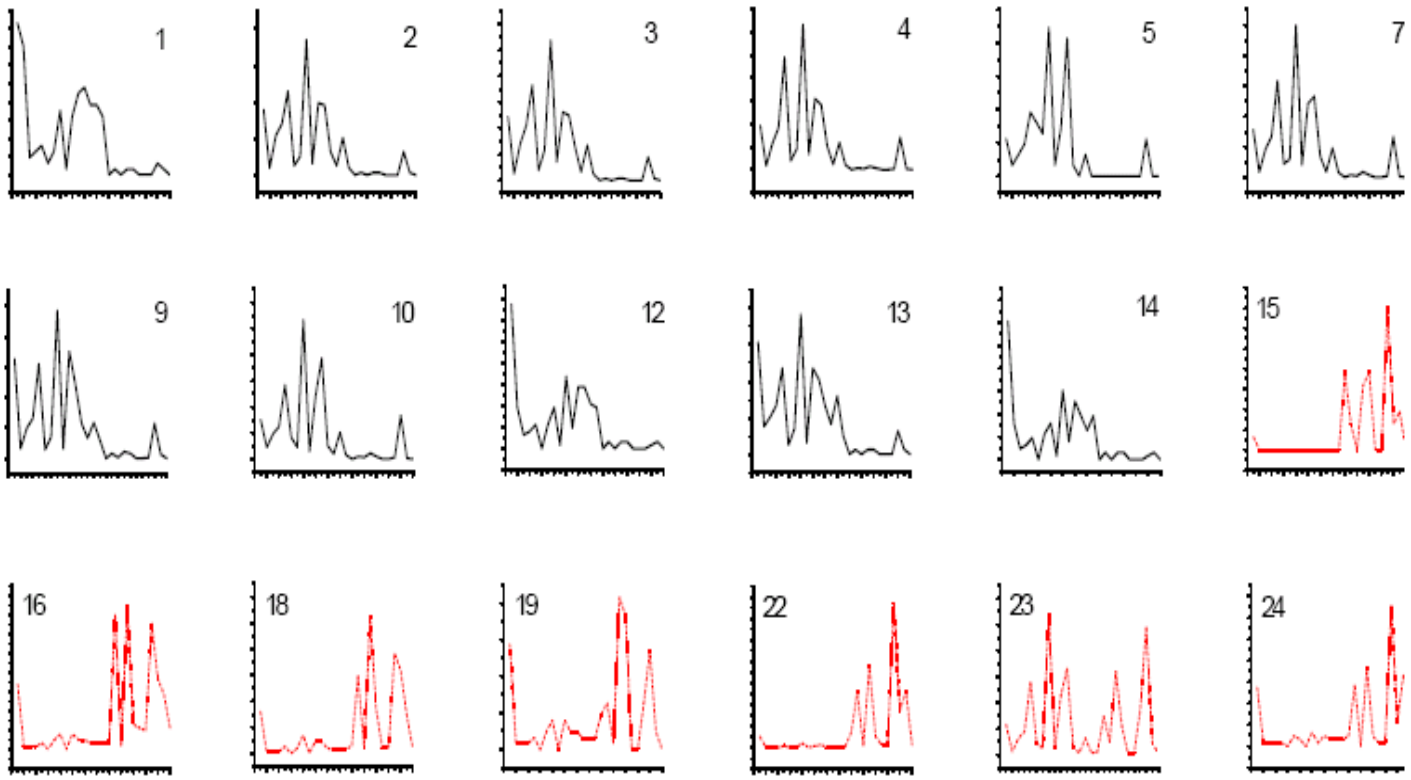
$$E = \begin{pmatrix} e^{1,1} \ldots & e^{1,P} \\ \vdots & \vdots \\ e^{\mu,1} \ldots & e^{\mu,P} \\ \vdots & \vdots \\ e^{P,1} \ldots & e^{P,P} \end{pmatrix}$$

$$E^1 = -\sum_{\nu}^{p} e^{\nu,1}$$



Energie totale de la phrase $\mu=1$

Energie textuelle du document



| E^{μ} |des phrases
⇒ résumé automatique

Concordance entre courbes
⇒ segmentation thématique

Interprétation (théorie de graphes)

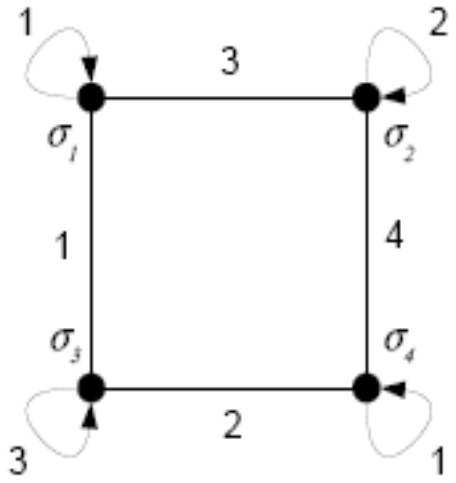
La matrice d'énergie textuelle s'écrit :

$$E = - \; S \times (S^T \times S) \times S^T \;\; = \;\; E = -(S \times S^T)^2$$

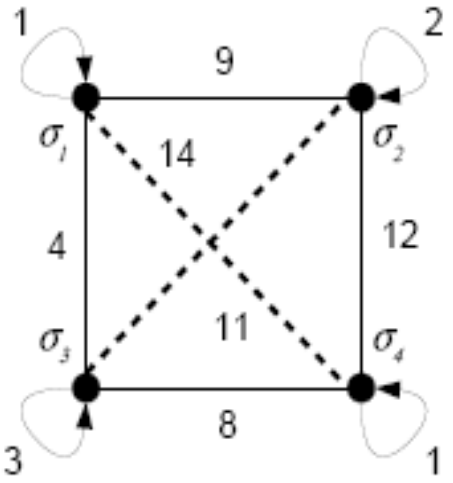
Exemple

	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
σ_1	1	3	1	
σ_2	3	2		4
σ_3	1		3	2
σ_4		4	2	4

$S\,S^T$



$I(S)$



$G(S\,S^T)^2$

$\sigma_1 \cap \sigma_4 = \varnothing$ mais $\sigma_3 \cap \sigma_1 \neq \varnothing$ *et* $\sigma_3 \cap \sigma_4 \neq \varnothing$

$\Rightarrow$ l'énergie entre σ_1 et σ_4 n'est pas nulle

Somme de trajets de **longueur 2** dans le graphe

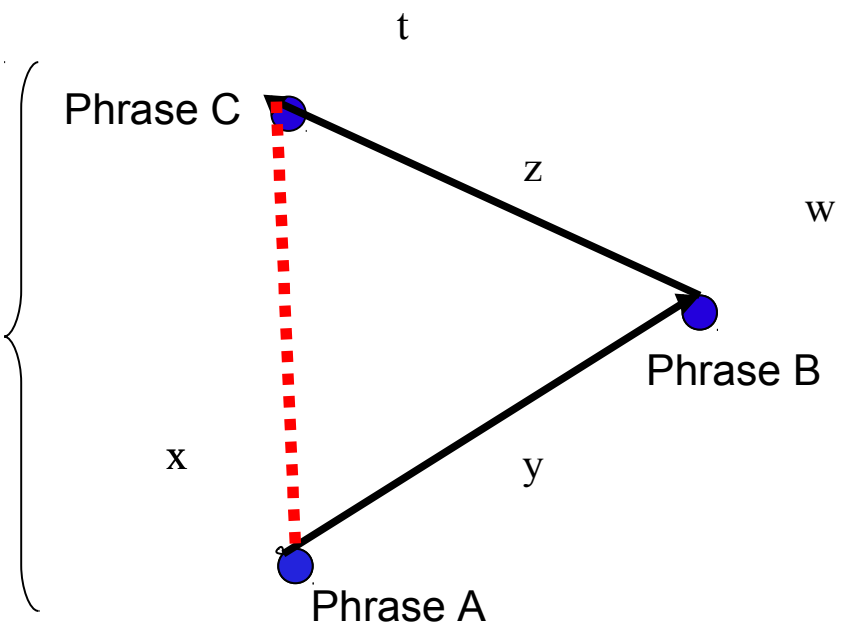
$S \times S^T$

Interactions entre phrases (A,B) et (B,C) ayant des mots en commun

$(S \times S^T)^2$

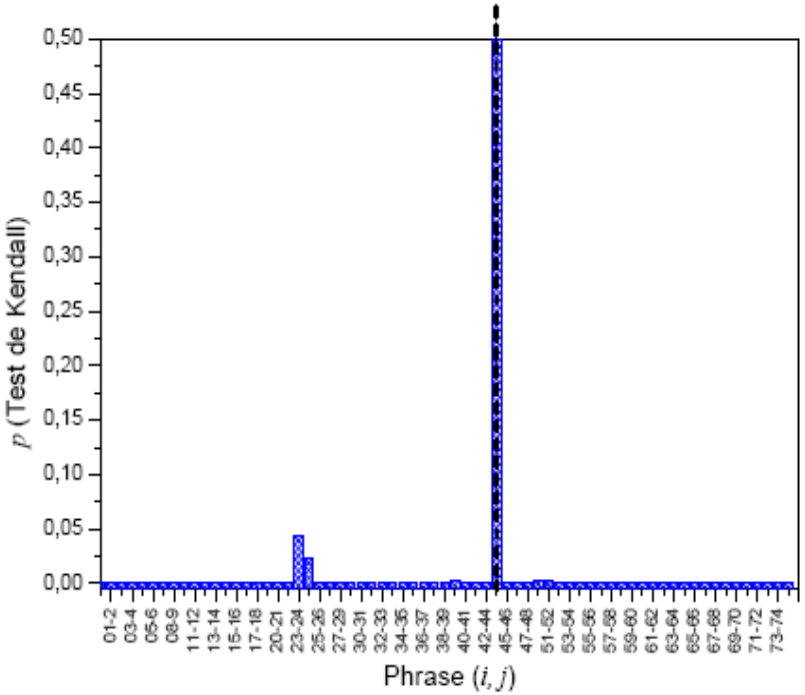
Interactions entre phrases ne partageant pas des mots (A,C) mais ayant des mots en commun avec des *phrases voisines* (B)

Coût (A, C) = $y \times z + w \times z + z \times t$



Résultats

Frontières thématiques

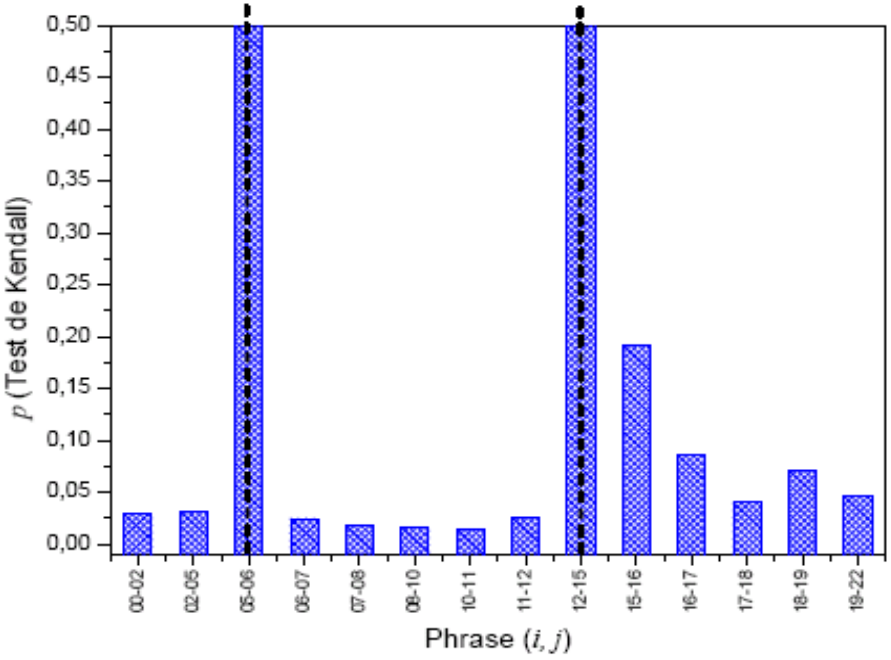


2 thématiques (en)

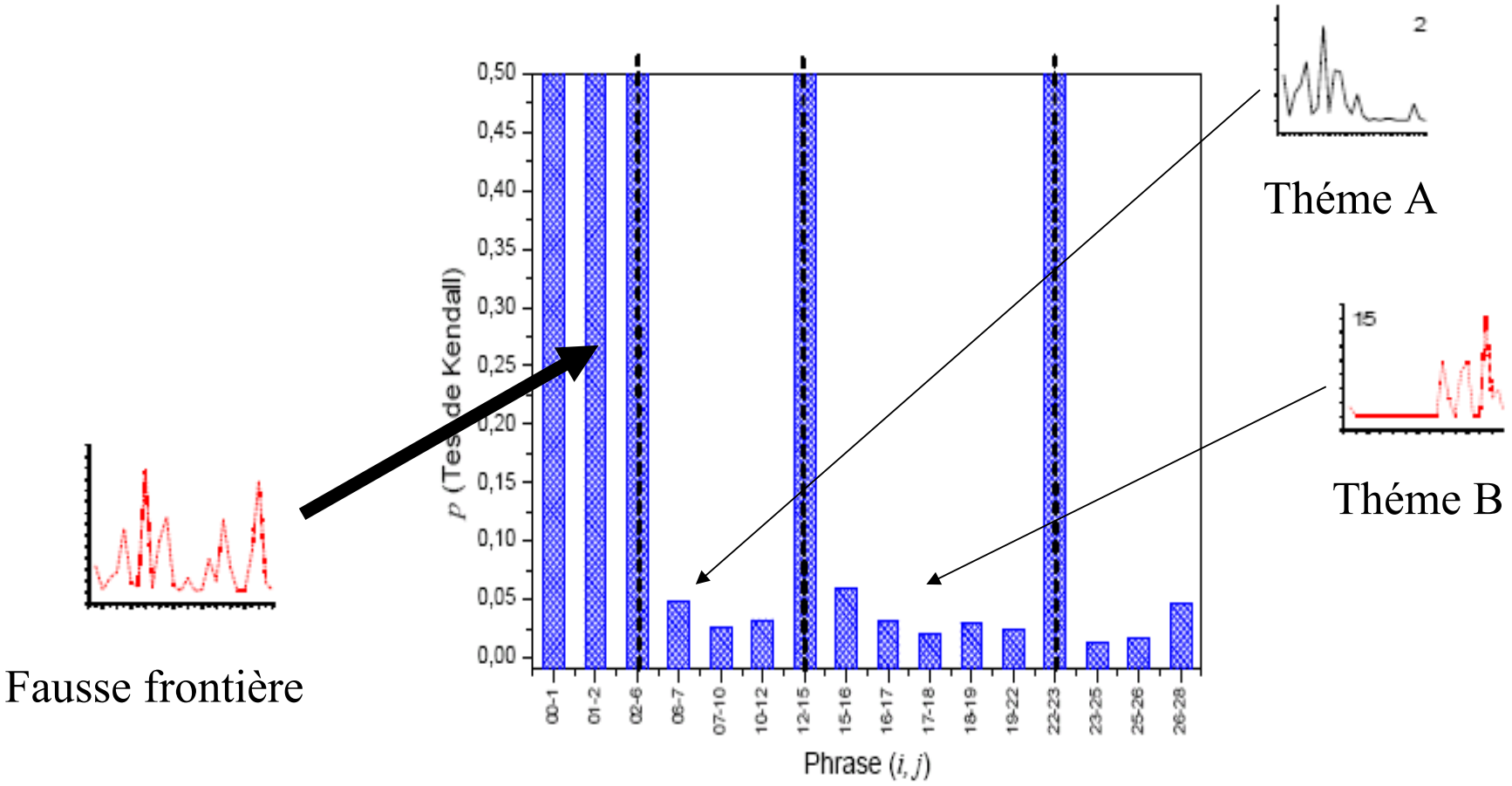
Coefficient de concordance *W* de Kendall et sa probabilité *p*

Test non-paramétrique
(Siege & Castellan 1988)

3 thématiques (fr)



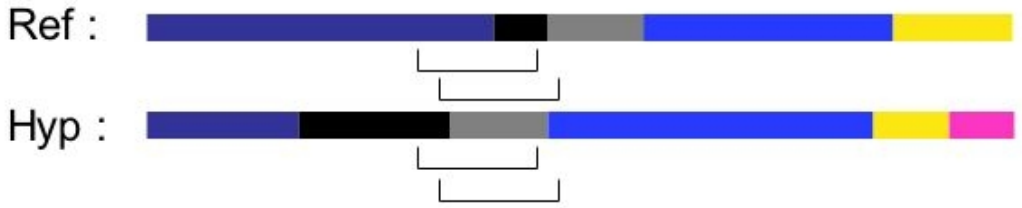
Erreurs en frontières



Texte avec 4 thématiques

Frontières thématiques (français)

Evaluation WinDiff (*Pevzner&Hearst, 2002*)



$$WindowDiff(ref, hyp) = \frac{1}{N-k}\sum(|b(ref_i, ref_{i+k}) - b(hyp_i, hyp_{i+k})|)$$

Corpus (LIA) basé sur la méthode de (*Choi, 2000*) :

200 documents
10 thématiques par document, *Le Monde 2001*

Taille du segmente	**LIA_Seg** (Sitbon et Bellot, 2005)	**Energie**
9-11	**0,319**	0,449
3-11	**0,369**	0,409

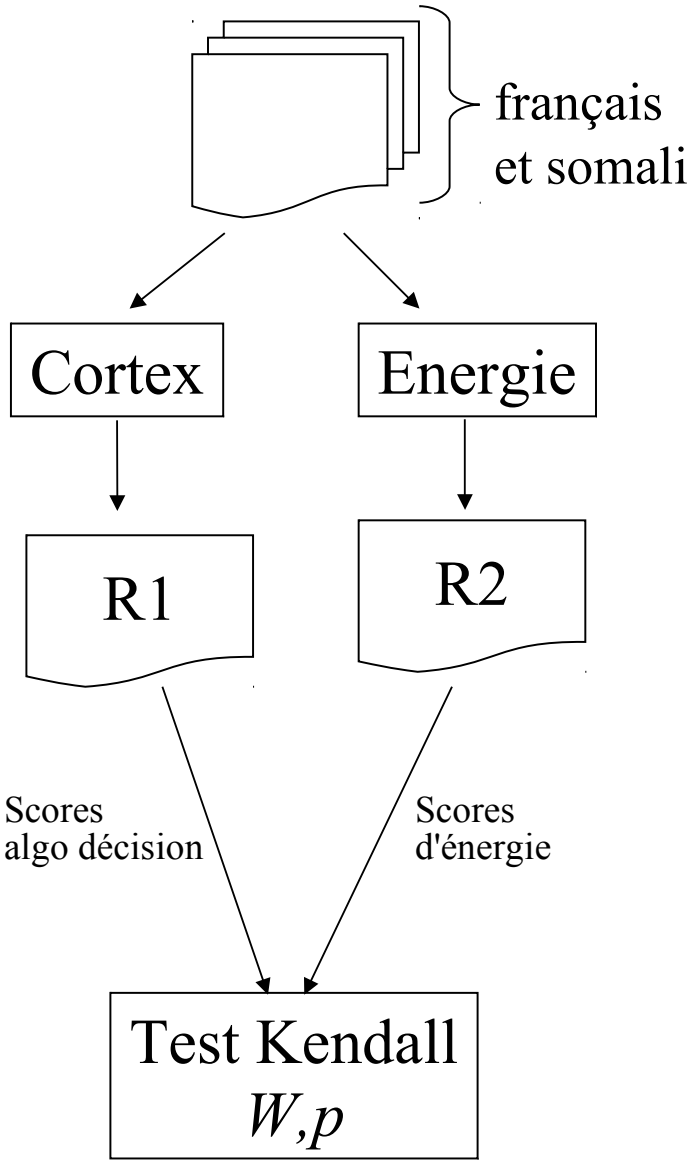
Résumé générique

F-score – Rouge-SU4 normalisé (Lin, 2004)

Document	**Energie**	**Cortex***	***Baseline***
3-mélanges (web, Fr) 27 phr, 826 mots, 25%, 8 réf	**0,47150**	0,43068	0,32936
puces (web, Fr) 29 phr, 653 mots, 25%, 8 réf	0,53574	**0,55628**	0,32723
J'accuse (E. Zola, Fr) 206 phr, 4936 mots, 12%, 6 réf	0,58479	**0,60037**	0,26152
Lewinsky (Wikipedia, En) 30 phr, 816 mots, 20%, 7 réf	0,47757	**0,51076**	0,29248
Québec (Wikipedia, En) 44 phr, 1190 mots,25%, 8 réf	0,51179	**0,55656**	0,35244

**Torres et al. 2002*

Résumé : concordance entre Cortex et Energie



Texte	W Kendall	p-value
parlement-fr	0,96847	NA
baarlamanka-som	1,00000	NA
ONU-fr	0,95105	0,02506
ONU-somali	0,91958	0,04227
prince-1-fr	0,88879	0,01087
prince-1-somali	0,97832	0,00339

NA ≈ 0

Conclusion

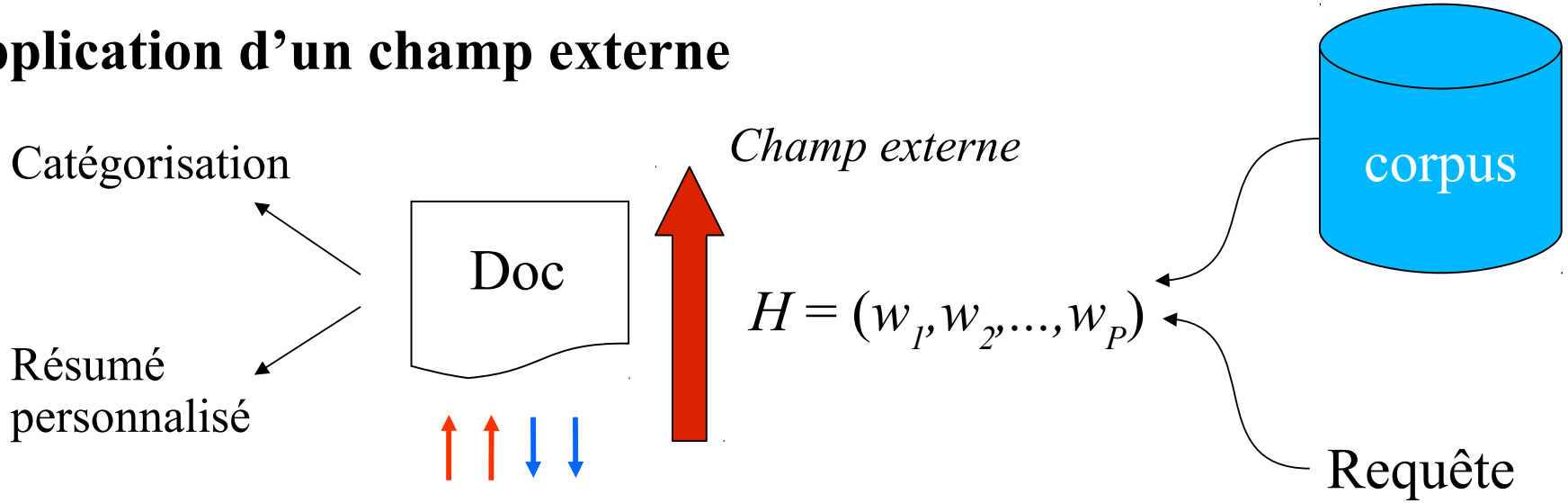
- Pont entre la Physique Statistique et le TALN
- Notion d'énergie textuelle
- Deux applications par le même prix !
  - Résumé générique
    - comparable au système Cortex (génerique) en termes de précision, rappel et *F*-score
  - Frontières thématiques
    - Combinaison de l'énergie avec une méthode non paramètrique (test de Kendall)
    - Moins performante que *LIA_Seg*

Perspectives

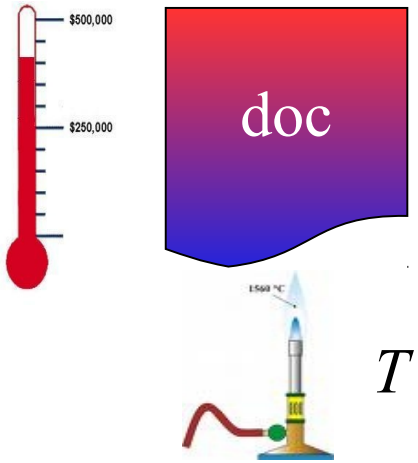
- Résumés guidés par des requêtes (tests sur DUC...)
- Multilingue : anglais, français, somali, espagnol, maya
- Améliorer la détection des frontières

Perspectives *exotiques*

Application d'un champ externe



Introduction d'une température



$\text{Prob}(S_i = \pm 1) = 1/(1+e^{(2\beta h i)})$

$\beta = 1/k_B T$ = température inverse

k_B = cte de Boltzmann

$\Rightarrow$ Modifier le paysage d'énergie