# Latent Semantic Analysis

[Landauer *et al.*, 98]

**Mathieu Roche**

**Cours ECD (Recherche d'Information et Langage Naturel)**

**2008/2009**

# Plan du cours

- Introduction
- Méthode
- Mesure de similarité utilisée
- Exemple
- Perspectives : pré-traitement des données
- Discussion

# Introduction

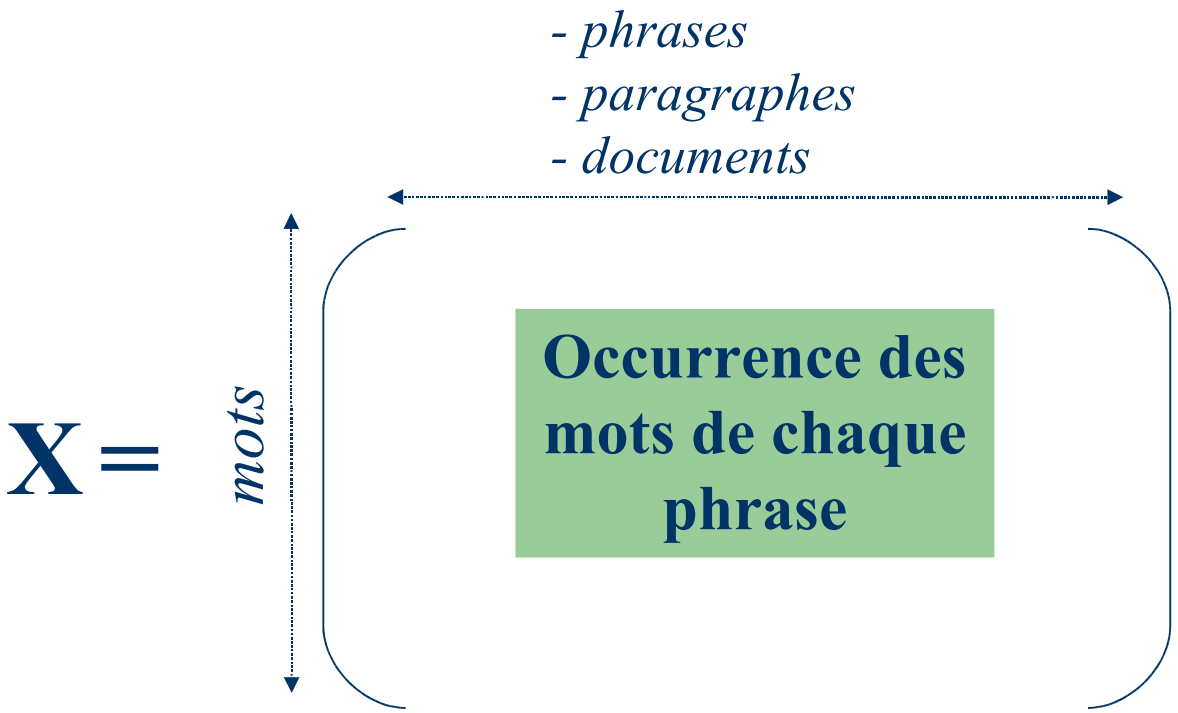
- ***Motivations*** : trouver la similarité entre deux mots (ou deux textes).
- ***Cadre de travail*** : ensemble de documents textuels.

# Type de méthode

- Méthode non supervisée
- Méthode qui s'appuie sur le contexte des mots.

# Méthode (1/6)

- Matrice relative aux mots du texte



# Méthode (2/6)

- Normalisation *(1ère méthode)* :

$$log(1+x_i)$$

$$+$$

# Méthode (3/6)

- Normalisation *(2ème méthode)* :

Utilisation *de la méthode du « TF X IDF » [Salton, 89] pour normaliser [Turney, 01].*

*Une formule tf*idf combine deux critères :*

- *l'importance du terme pour un document (par tf)*
- *le pouvoir de discrimination de ce terme (par idf).*

*Ainsi, un terme qui a une valeur de tf*idf élevée doit être à la fois important dans ce document, et aussi il doit apparaître peu dans les autres documents. C'est le cas où un terme correspond à une caractéristique importante et unique d'un document.*

# Méthode (4/6)

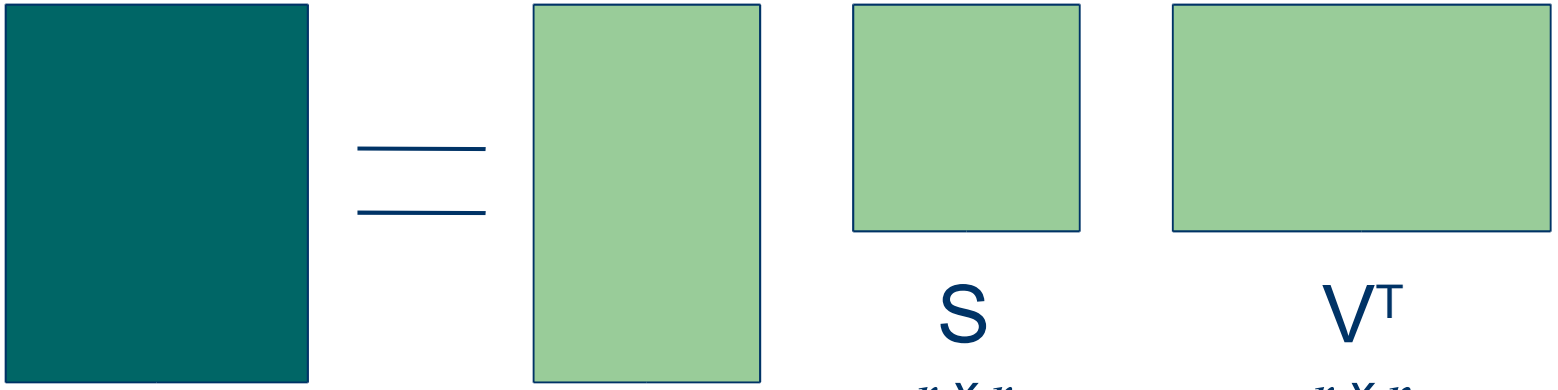
- Normalisation *(2ème méthode)* : *TF X IDF*

$$w_{ij} = tf_{ij} \cdot \log_2 \frac{N}{n}$$

- *wij = poids du terme Tj dans le document Di*
- *tfij = fréquence du terme Tj dans le document Di*
- *N = nombre de documents dans la collection*
- *n = nombre de documents où le terme Tj apparaît au moins une fois*

# Méthode (5/6)

- Décomposition en valeurs propres : *une matrice de rang r peut se décomposer de la manière suivante*



# Méthode (6/6)

- Approximation de la matrice X' : *construction sur seulement d dimensions d'une matrice X'' qui est une approximation de la matrice d'orignie.*

# Mesure de similarité utilisée

- Mesure de Spearman (tendance des données à varier ensemble)

$$R = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}}$$

où $-1 \leq R \leq 1$

$x = (x_1 \ldots x_n)$ et $y = (y_1 \ldots y_n)$

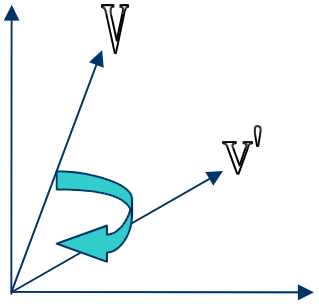
# Mesure de similarité utilisée

- Mesure de Spearman
  - Si R = -1 alors ***corrélation négative parfaite***
  - Si R = 1 alors ***corrélation positive parfaite***

# Mesure de similarité utilisée

- D'autres mesures, par exemple, *le cosinus* …

$$a_1, \ldots, a_j, \ldots, a_L$$
$$b_1, \ldots, b_j, \ldots, b_L$$




$$\cos\alpha = \cos(\mathbf{V}, \mathbf{V'}) = \frac{\sum_{j=1}^{L} a_j b_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^{L} a_j^2}\ \sqrt{\sum_{j=1}^{L} b_j^2}}$$

# Exemple d'utilisation de LSA (1/8)

- c1: Human machine interface for ABC computer applications
- c2: A survey of user opinion of computer system response time
- c3: The EPS user interface management system
- c4: System and human system enginneering testing of EPS
- c5: Relation of user perceived response time to error measurement

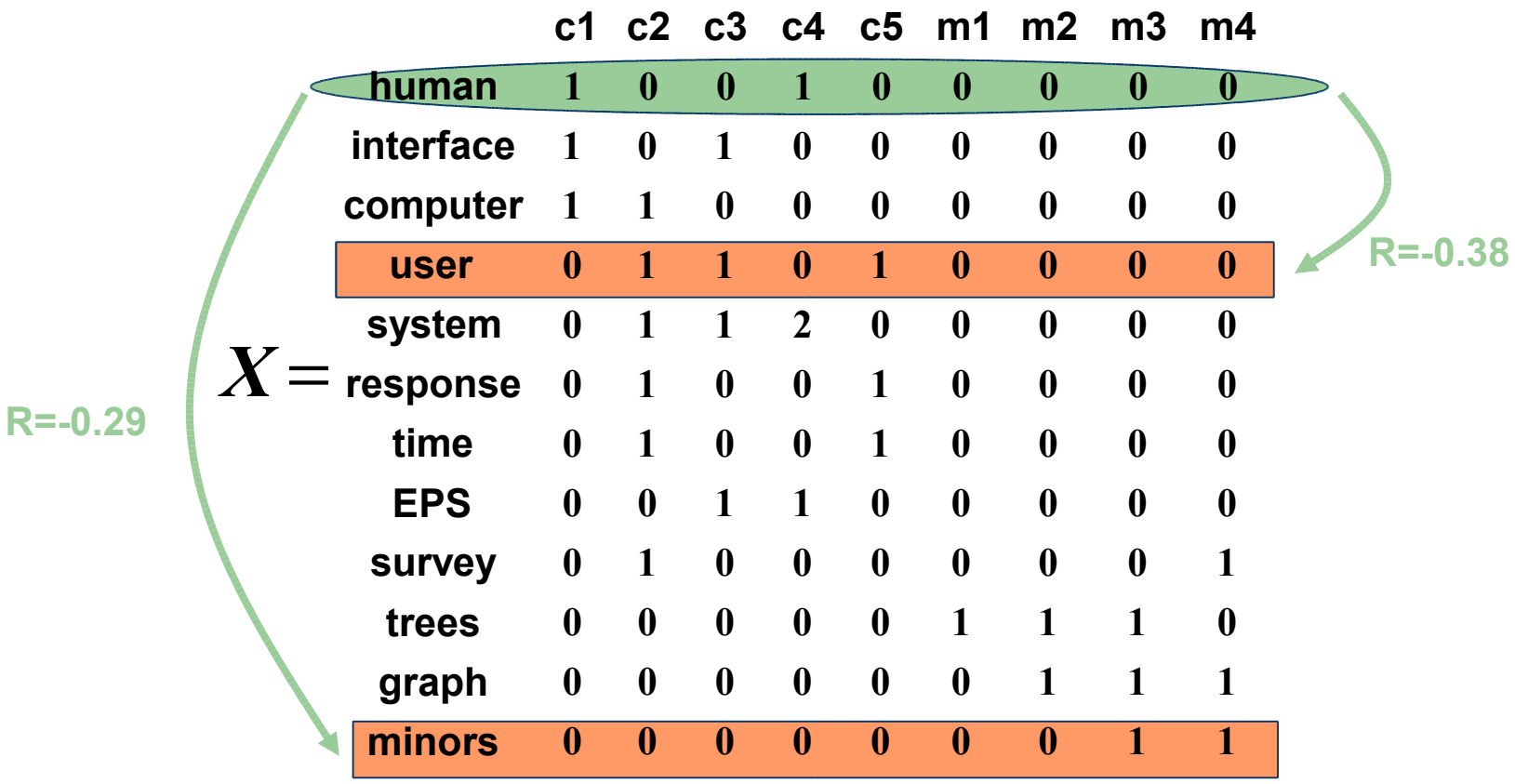
- m1: The generation of random, binary, orered trees
- m2: The intersection graph of paths in trees
- m3: Graph minors IV: Widths of trees and well-quqsi-ordering
- m4: Graph minor: A survey

# Exemple d'utilisation de LSA (1/8)

- c1: *Human* machine *interface* for ABC *computer* applications
- c2: A *survey* of *user* opinion of *computer system response time*
- c3: The *EPS user interface* management *system*
- c4: *System* and *human system* enginneering testing of *EPS*
- c5: Relation of *user* perceived *response time* to error measurement

- m1: The generation of random, binary, orered *trees*
- m2: The intersection *graph* of paths in *trees*
- m3: *Graph minors* IV: Widths of *trees* and well-quasi-ordering
- m4: *Graph minors*: A *survey*

# Exemple d'utilisation de LSA (2/8)



# Exemple d'utilisation de LSA (3/8)

***Intuition de l'approximation :***

- m1: The generation of random, binary, orered trees
- m2: The intersection graph of paths in trees
- m3: Graph minors IV: Widths of trees and well-quasi-ordering
- m4: Graph minors: A survey

| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | m1 | m2 | m3 | m4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| survey | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| trees | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| graph | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| minors | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

# Exemple d'utilisation de LSA (4/8)

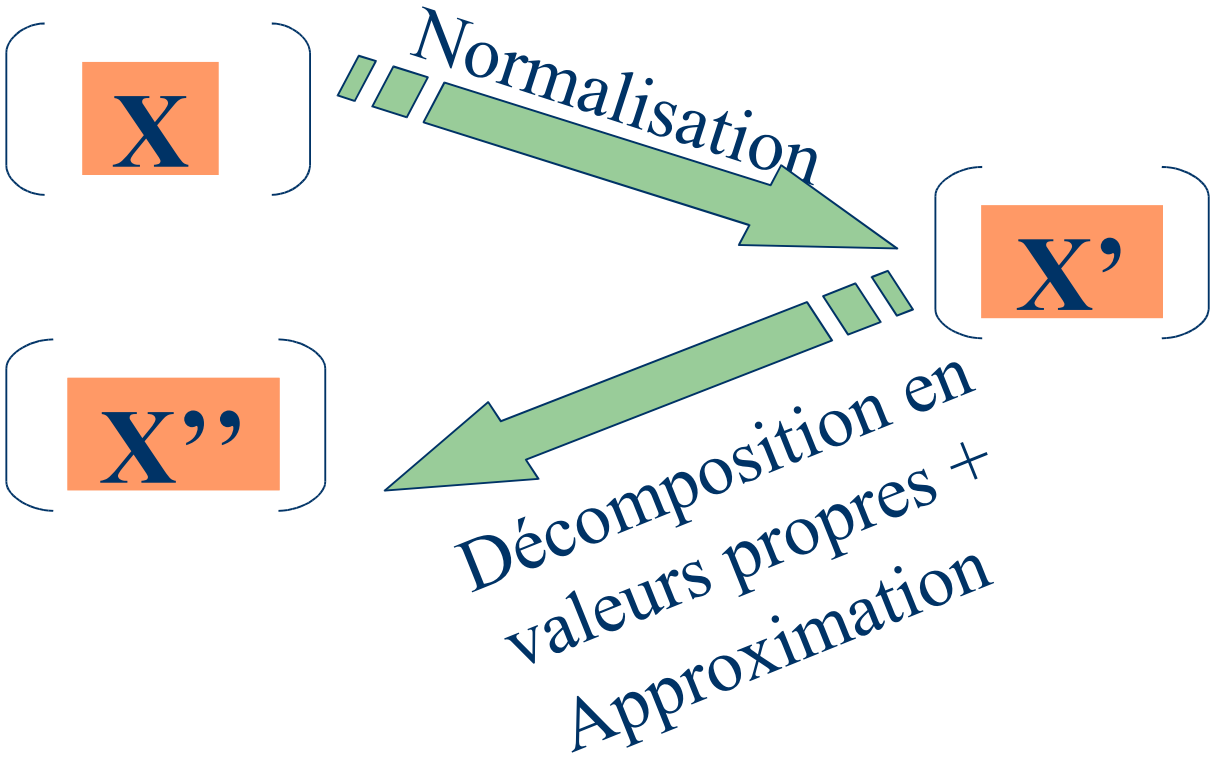
***Intuition de l'approximation :***

- m1: The generation of random, binary, orered ***trees***
- m2: The intersection ***graph*** of paths in ***trees***
- m3: ***Graph minors*** IV: Widths of ***trees*** and well-quasi-ordering
- m4: ***Graph minors***: A survey

| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | m1 | m2 | m3 | m4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| survey | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| trees | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | ~~0~~ |
| graph | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| minors | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

→ 0.66

# Exemple d'utilisation de LSA (5/8)



# Exemple d'utilisation de LSA (6/8)

$X'' =$

| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | m1 | m2 | m3 | m4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| human | 0.16 | 0.40 | 0.38 | 0.47 | 0.18 | −0.05 | −0.12 | −0.16 | −0.09 |
| interface | 0.14 | 0.37 | 0.33 | 0.40 | 0.16 | −0.03 | −0.07 | −0.10 | −0.04 |
| computer | 0.15 | 0.51 | 0.36 | 0.41 | 0.24 | 0.02 | 0.06 | 0.09 | 0.12 |
| user | 0.26 | 0.84 | 0.61 | 0.70 | 0.39 | 0.03 | 0.08 | 0.12 | 0.19 |
| system | 0.45 | 1.23 | 1.05 | 1.27 | 0.56 | −0.07 | −0.15 | −0.21 | −0.05 |
| response | 0.16 | 0.58 | 0.38 | 0.42 | 0.28 | 0.06 | 0.13 | 0.19 | 0.22 |
| time | 0.16 | 0.58 | 0.38 | 0.42 | 0.28 | 0.06 | 0.13 | 0.19 | 0.22 |
| EPS | 0.22 | 0.55 | 0.51 | 0.63 | 0.24 | −0.07 | −0.14 | −0.20 | −0.11 |
| survey | 0.10 | 0.53 | 0.23 | 0.21 | 0.27 | 0.14 | 0.31 | 0.44 | 0.42 |
| trees | −0.06 | 0.23 | −0.14 | −0.27 | 0.14 | 0.24 | 0.55 | 0.77 | 0.66 |
| graph | −0.06 | 0.34 | −0.15 | −0.30 | 0.20 | 0.31 | 0.69 | 0.98 | 0.85 |
| minors | -0.04 | 0.25 | −0.10 | −0.21 | 0.15 | 0.22 | 0.50 | 0.71 | 0.62 |

# Exemple d'utilisation de LSA (7/8)

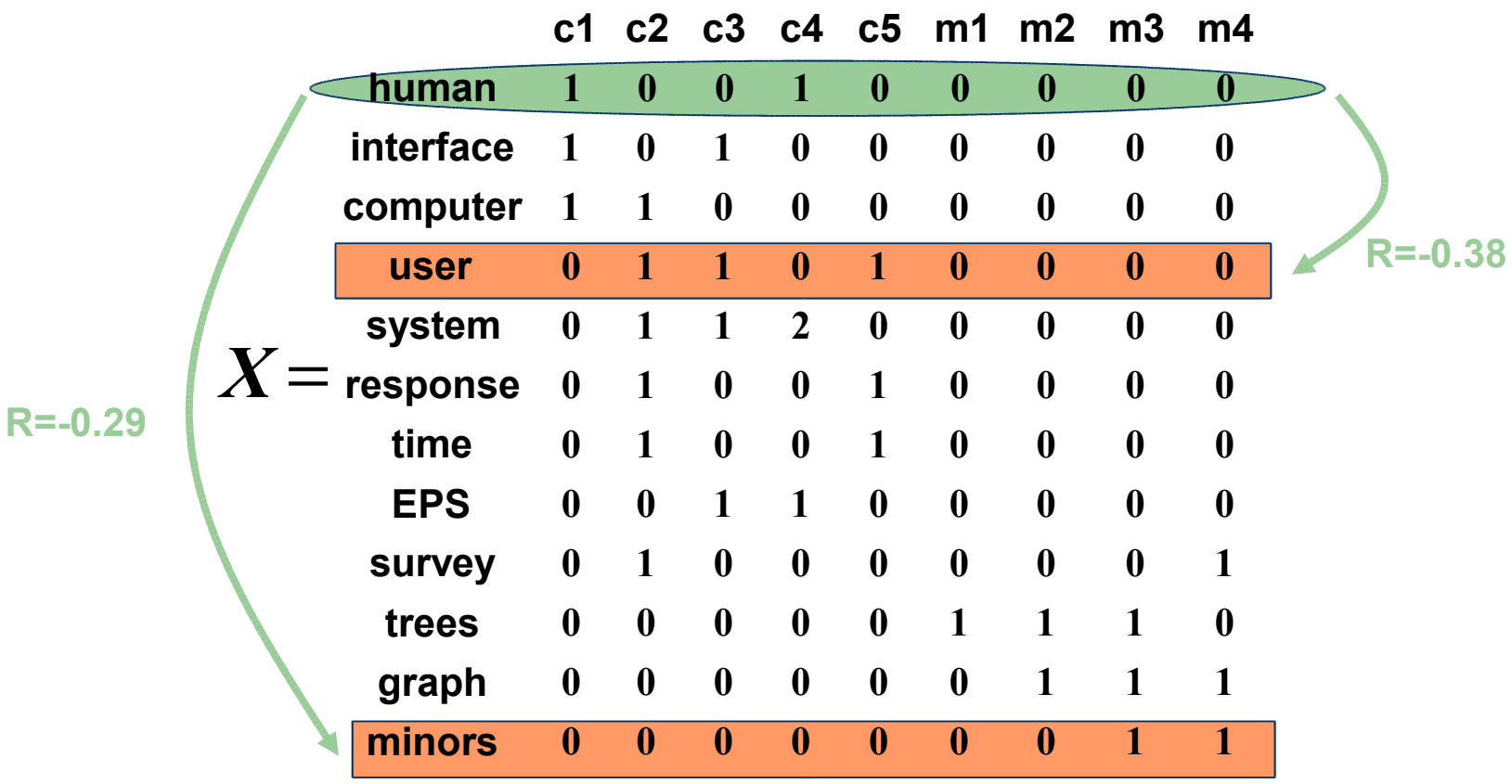
$X'' =$

| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | m1 | m2 | m3 | m4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| human | 0.16 | 0.40 | 0.38 | 0.47 | 0.18 | −0.05 | −0.12 | −0.16 | −0.09 |
| interface | 0.14 | 0.37 | 0.33 | 0.40 | 0.16 | −0.03 | −0.07 | −0.10 | −0.04 |
| computer | 0.15 | 0.51 | 0.36 | 0.41 | 0.24 | 0.02 | 0.06 | 0.09 | 0.12 |
| user | 0.26 | 0.84 | 0.61 | 0.70 | 0.39 | 0.03 | 0.08 | 0.12 | 0.19 |
| system | 0.45 | 1.23 | 1.05 | 1.27 | 0.56 | −0.07 | −0.15 | −0.21 | −0.05 |
| response | 0.16 | 0.58 | 0.38 | 0.42 | 0.28 | 0.06 | 0.13 | 0.19 | 0.22 |
| time | 0.16 | 0.58 | 0.38 | 0.42 | 0.28 | 0.06 | 0.13 | 0.19 | 0.22 |
| EPS | 0.22 | 0.55 | 0.51 | 0.63 | 0.24 | −0.07 | −0.14 | −0.20 | −0.11 |
| survey | 0.10 | 0.53 | 0.23 | 0.21 | 0.27 | 0.14 | 0.31 | 0.44 | 0.42 |
| trees | −0.06 | 0.23 | −0.14 | −0.27 | 0.14 | 0.24 | 0.55 | 0.77 | 0.66 |
| graph | −0.06 | 0.34 | −0.15 | −0.30 | 0.20 | 0.31 | 0.69 | 0.98 | 0.85 |
| minors | −0.04 | 0.25 | −0.10 | −0.21 | 0.15 | 0.22 | 0.50 | 0.71 | 0.62 |

R=0.94

R=-0.83

# Exemple d'utilisation de LSA (8/8)



# Plan de l'exposé

- Introduction
- Méthode
- Mesure de similarité utilisée
- Exemple
- Perspectives : pré-traitement des données
- Discussion

# Perspectives : pré-traitement des données

- Corpus étudié
  - corpus (3784 Ko) en français, propriété de la société *PerformanSe*, commentant les résultats d'un test de psychologie dans le domaine des Ressources Humaines [Roche & Kodratoff, 03]

# Perspectives : pré-traitement des données

- Lemmatisation et LSA

| Lemmatisation | non | oui |
|---|---|---|
| Similarité (cosinus) | 0.3 | |
| % de termes correctement associés (c-à-d. % de couples corrects) | 17.7 % (28/158) | 19.2 % (31/161) |
| Similarité (cosinus) | 0.4 | |
| % de termes correctement associés (c-à-d. % de couples corrects) | 25.5 % (12/47) | 32.1 % (9/28) |
| Similarité (cosinus) | 0.5 | |
| % de termes correctement associés (c-à-d. % de couples corrects) | 20.0 % (3/15) | 42.9 % (3/7) |
| Similarité (cosinus) | 0.6 | |
| % de termes correctement associés (c-à-d. % de couples corrects) | 75.0 % (3/4) | 75.0 % (3/4) |

# Perspectives : pré-traitement des données

- Suppression des mots vides

  - similarité de **0.3**, une Précision de 17.1% en prenant en compte les mots « vides » --> 19.2% sans les prendre en compte.

  - similarité de **0.4**, nous obtenons une Précision de 24% avec prise en compte des mots « vides » --> 32.1% sans leur prise en compte.

# Discussions

- Rehder *et al.* ont montré que si les contextes (documents) possèdent moins de 60 mots alors la méthode LSA se révèle décevante [Rehder *et al.*, 98]
- Ordre des mots non pris en compte
- Modification de l'algorithme : Wiemer-Hastings [Wiemer-Hastings, 00]
- Travaux de Peter Turney [Turney, 01]

# Construction des classes sémantiques

Les distances entre les vecteurs représentant les mots ou les termes peuvent être regroupés en utilisant des algorithmes classiques de Fouille de Données :

- K plus proches voisins
- K moyennes

# Description de deux méthodes de classification

**K plus proches voisins (KPPV) - approche supervisée :**

- **But** : déterminier les K plus proches voisins des textes à prédire.
- **La classe majoritaire propre à ces K plus proches voisins est choisie pour les textes à prédire** (ou la classe majoritaire après pondération avec la mesure de similarité).
- Cette méthode utilise deux paramètres : la **valeur K** et la **mesure de similarité** (par exemple, la mesure cosinus)

# Description de deux méthodes de classification

**Les K-moyennes - approche non supervisée :**

- Choix d'un nombre K de groupes à constituer.
- K textes consitueront les K centres initiaux des classes.
- Le but est alors d'associer chaque texte représenté sous forme vectorielle au groupe qui est le plus proche.
- Pour chaque nouveau groupe constitué, le nouveau centre est calculé (grâce au calcul de la moyenne)
- Lorsque les groupes sont stables (aucun texte n'a changé de groupe), l'algorithme prend fin.

*Méthode sensible au choix des centres initiaux*

# Ajout de la syntaxe à LSA (1/4)

- **Associer la syntaxe à LSA** [Wiemer-Hastings, 1999].

- Chaque phrase est **décomposée** en (sujet, verbe, objet). Moyenne calculée avec les matrices LSA formées à partir de chacune des composantes

- **Avantages :**

  **Prise en compte de mots "vides"** (« if », « because », « have », etc.).

  Décomposition des phrases ayant un **même verbe** associé à plusieurs sujets ou plusieurs objets.

# Ajout de la syntaxe à LSA (2/4)

**Autres pistes :**

- Ajouter un poids aux mots partageant les **mêmes structures syntaxiques**.
- Donner un **poids plus importants** à certaines structures syntaxiques (par exemple, les verbes).
- Mettre en oeuvre des **méthodes d'apprentissage supervisé** pour déterminer ces poids.

# Ajout de la syntaxe à LSA (3/4)

## Autres pistes : ajout de connaissances syntaxico-sémantiques (Nicolas Béchet, LIRMM)

- Enrichissement du contexte avec une mesure de proximité comme Asium

- Exemple (calculer le cosinus avant et après expansion) :

*1. Le chat poursuit la souris*

*2. Le chaton joue avec le mulot*

Expansion: souris -> (souris ou mulot)

mulot -> (souris ou mulot)

# Ajout de la syntaxe à LSA (3/4)

## Autres pistes : ajout de connaissances syntaxico-sémantiques

- Expansion grâce aux relations syntaxiques (voir cours Asium) :

➔ *chasser souris, chasser mulot, poursuivre souris, poursuivre rat*

- **Limite** : problème de polysémie (exemple : souris !)
- **Possibilités** : enrichissement grâce à des connaissances du domaine ou des mesures fondées sur les chaînes de caractères (exemple : chat/chaton)