

Statistiques pour la linguistique

Damien Nouvel



Plan

1. Prétraitements
2. Statistiques textuelles
3. Annotation morpho-syntaxique

Données du corpus

- ▶ Corpus comme ensemble de **documents** (ou parties)
 - ▶ Deux éléments
 - Le **contenu** (diverses structures)
 - Les **métadonnées** :
 - Auteur
 - Date de création
 - Mots-clés
 - ...
- ⇒ Le titre, le résumé sont-ils du contenu ou des métadonnées ?
- ▶ Focale sur le **contenu** comme **texte brut** :
 - Suite de caractères **UTF-8** segmentés en mots
 - Peu de prise en compte de la mise en page
- ⇒ Un document, un fichier `doc1.txt`
- ⇒ Prétraitements pour accéder à la linguistique
- ⇒ Suite/ensemble de **tokens** porteurs de **sens**

Segmentation

- ▶ Séparer un texte (en phrases puis) en mots, les **tokens**
 - ▶ Difficultés pour le français :
 - **Clitiques**, composition semi-soudées
 - **Expressions multi-mots/composées**
- ⇒ Utilisation d'automates
- ⇒ Utilisation répandue de **TreeTagger**
- ⇒ En python, plusieurs tokenizers, dont la fonction `word_tokenize`

```
nlTK.word_tokenize("Bonjour, le monde!")
```

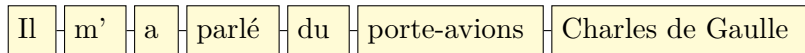
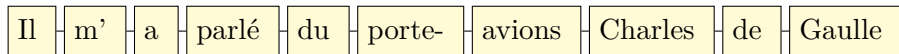
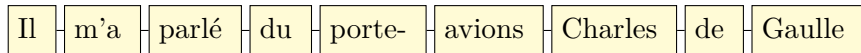
Représentation séquentielle

- ▶ Notations

- **Séquence** : $\langle c_1, c_2 \dots c_n \rangle$
- **Item** : c_1 élément de la séquence

⇒ Suite de lettres, de mots, de caractères

- ▶ Exemple “*Il m’a parlé du porte-avions Charles de Gaulle*”



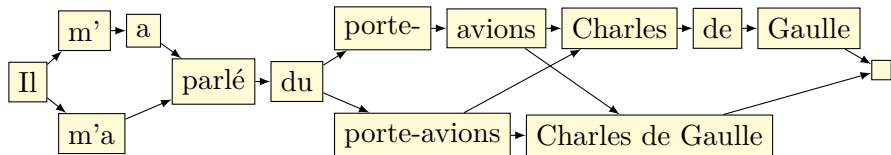
Ambiguïtés et graphes

- ▶ Formalisme pour les ambiguïtés :
 - **Nœud** : mot ou suite de mots
 - **Arc** (flèche) : choix d'un chemin

⇒ Chemin est une analyse possible

⇒ Combinatoire des analyses

- ▶ Exemple *“Il m’a parlé du porte-avions Charles de Gaulle”*



Autres représentations

- ▶ De nombreuses autres représentations possibles :
 - Arbres syntaxiques
 - Graphes de dépendances
 - Sacs de mots
 - Chaînes de coréférence
 - “Cadres” sémantiques (frames)
 - ...
- ⇒ Et pour chacune, N possibilités pour faire des statistiques ...

Plan

1. Prétraitements
2. Statistiques textuelles
3. Annotation morpho-syntaxique

Représentation matricielle

► Hypothèses

- Corpus séparé en **documents** ou **parties**
- Textes déjà segmenté (tokenisé)
- Corpus comme matrice termes / documents (sacs de mots)

⇒ **Fréquences** des termes dans les documents

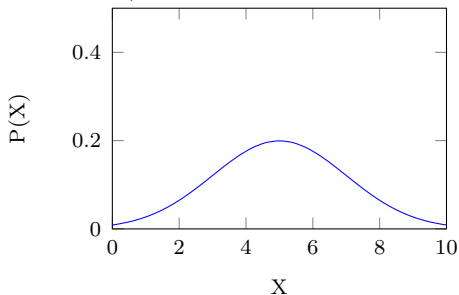
	t_1	t_2	t_3	...
d_1	f_{11}	f_{12}	f_{13}	...
d_2	f_{21}	f_{22}	f_{23}	...
d_3	f_{31}	f_{32}	f_{33}	...
...

► Calculs statistiques facilités

- Taille moyenne des documents
- Fréquence moyenne d'un terme par document
- Cooccurrences de termes
- ...

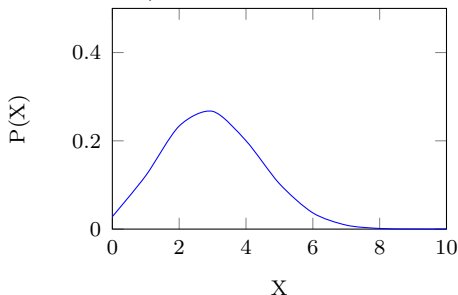
Loi normale

- ▶ Principes généraux
 - Aucun *a priori* sur la répartition des données
 - Paramètres : moyenne, écart-type
 - ⇒ Peu adaptée aux fréquences de termes
- ▶ Formule : $P(X = x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2}\right)$
- ▶ Courbe ($\mu_x = 5$, $\sigma_x = 2$) :



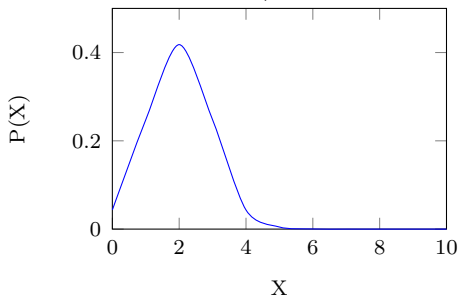
Loi binomiale

- ▶ Principes généraux
 - **Répétition d'une épreuve** n fois avec remise
 - Combien de « succès » ?
 - ⇒ Entre 0 et n , selon la probabilité
 - Paramètres : probabilité p , répétition n
- ▶ Formule : $P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$
- ▶ Courbe ($p = 0,3$, $n = 10$) :



Loi hypergéométrique

- ▶ Principes généraux
 - Répétition d'une épreuve n fois **sans remise**
 - Combien de « succès » ?
- ⇒ Entre 0 et n , avec une probabilité décroissante
 - Paramètres : probabilité p , répétition n , nombre total N
- ▶ Formule : $P(X = k) = \binom{pN}{k} * \binom{(1-p)N}{n-k} / \binom{N}{n}$
- ▶ Courbe ($p = 0,3$, $n = 10$, $N = 20$) :



Calcul des spécificités

- ▶ Statistique sur les **fréquences des termes dans les parties**
 - Formule sur la matrice termes / documents (parties)
 - f_{ij} (fréquence dans une partie i d'un terme j)
 - $T = \sum_{ij} f_{ij}$ (taille totale du corpus)
 - $d_i = \sum_j f_{ij}$ (taille d'une partie i)
 - $t_j = \sum_i f_{ij}$ (nombre total d'occurrence du terme j)
 - ⇒
$$P(f_{ij} = k) = \frac{\binom{t_j}{k} * \binom{T-t_j}{d_i-k}}{\binom{T}{d_i}}$$
- ▶ **Spécificités** pour la partie au regard du corpus
 - Probabilité faible (fréquence inattendue) selon un **seuil** (0,05)
 - Spécificités **positives** : fréquence forte, sur-représentation
 - Spécificités **négatives** : fréquence faible, sous-représentation
 - ⇒ Permet de **caractériser** la sous-partie du corpus
- ▶ On peut travailler sur plusieurs **partitions** du corpus

Plan

1. Prétraitements
2. Statistiques textuelles
3. Annotation morpho-syntaxique

La catégorisation morpho-syntaxique

- ▶ Affecter des **catégories morpho-syntaxiques** aux **tokens**
- ▶ Un choix toujours ambigu
 - Selon le **lexique**
 - Selon le corpus **d'entraînement**
 - Selon l'**approche** utilisée (vote, HMM, N-grammes, CRF)
- ⇒ Prise de décision selon les mots et le contexte
- ⇒ Pour une phrase de n tokens $\langle m_1 \dots m_n \rangle$, déterminer les étiquettes associées $\langle e_1 \dots e_n \rangle$ qui sont les plus **vraisemblables**
- ⇒ $max_{\langle e_1 \dots e_n \rangle} P(\langle e_1 \dots e_n \rangle \mid \langle m_1 \dots m_n \rangle)$
 - ▶ Corpus étiqueté (TreeTagger) au format “Brown corpus” :
 Passepartout/NAM demeura/VER seul/ADJ dans/PRP
 la/DET maison/NOM de/PRP Saville-row/NAM ./SENT

Etiquetage par classes majoritaires

- ▶ Hypothèse d'**indépendance** sur les mots et les étiquettes :
 $\Rightarrow P(\langle e_1 \dots e_n \rangle \mid \langle m_1 \dots m_n \rangle) = \prod_i P(e_i \mid m_i)$
- ▶ Statistiques simples :
 - Fréquences des **mots** $F(m)$
 - Fréquences des **étiquettes** $F(e)$
 - Fréquence des **associations mots-étiquettes** $F(m, e)$
- ▶ Étiquette qui **maximise la probabilité** sachant le mot :
 - Pour un mot donné, $P(e \mid m) = \frac{F(e, m)}{F(m)}$
 - Or (corpus de taille N), $P(e, m) = \frac{F(m, e)}{N}$ et $P(m) = \frac{F(m)}{N}$
 - Comparaisons pour un m donné : $F(m)$ n'a pas d'influence \Rightarrow Pour un mot donné, **étiquette "majoritaire"** :
 $\max_e F(m, e)$

```
me = {'avoir': {'VER': 30, 'NOM': 5}, 'auras': {'VER': 17}}
etiquette = sorted(me['avoir'].items(), key=lambda x: x[1])[-1][0]
```


Modèle de Markov Caché

⇒ Quelle suite d'états a pu “générer” la phrase mot à mot ?

▶ Décomposition de la probabilité :

• Approche **bayésienne** :

$$\Rightarrow P(\langle e_1 \dots e_n \rangle | \langle m_1 \dots m_n \rangle) = \frac{P(\langle (e_1, m_1) \dots (e_n, m_n) \rangle)}{P(\langle m_1 \dots m_n \rangle)}$$

• Hypothèse **markovienne** de contexte limité :

$$\Rightarrow P(\langle (e_1, m_1) \dots (e_n, m_n) \rangle) = P(e_1, m_1) * \prod_i P(e_i, m_i | e_{i-1})$$

• Vraisemblance selon les **générations** et **transitions** :

$$\Rightarrow P(e_i, m_i | e_{i-1}) \sim P(e_i | e_{i-1}) * P(m_i | e_i)$$

▶ Ajout des statistiques :

• D'émission des mots : $P(m|e) = \frac{F(m,e)}{F(e)}$

• De **transition** d'étiquettes (bigrammes : $P(e_1|e_2) = \frac{F(e_1,e_2)}{F(e_2)}$)

▶ Suite d'étiquettes qui maximise la probabilité de génération :

$$\Rightarrow \max_{\langle e_1 \dots e_n \rangle} P(m_1 | e_1) * \prod_{i=1 \dots n} P(e_i | e_{i-1}) * P(m_i | e_i)$$

Utilisation des lexiques

- ▶ Objectifs multiples :
 - **Catégoriser** les mots (morphologie, syntaxe, etc.)
 - Affecter des **classes sémantiques** aux **tokens**
 - Constituer ou utiliser une **terminologie**
 - **Normalisation** de termes ou d'entités spécifiques
- ⇒ Inventaire de **mots** ou d'**expressions** et de propriétés
- ⇒ Reconnaissance par **automates déterministes**
- ▶ Exemple de difficultés rencontrées avec les lexiques :
 - **Synonymie** : plusieurs mots peuvent avoir la même sémantique
 - ⇒ Agrandit la taille du lexique
 - **Homonymie** : un même mot (typographique ou phonétique) peut avoir de multiple sens
 - ⇒ Ambiguïté du mot
 - **Métonymie** : la sémantique d'un mot peut changer en