

Dissimilarité analogique et apprentissage d'arbres

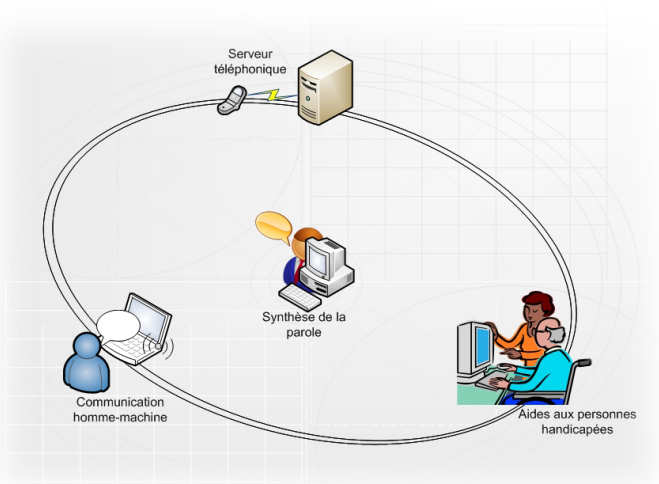
A.BEN HASSENA L.MICLET

Cordial-Irisa - Lannion
Université de Rennes 1

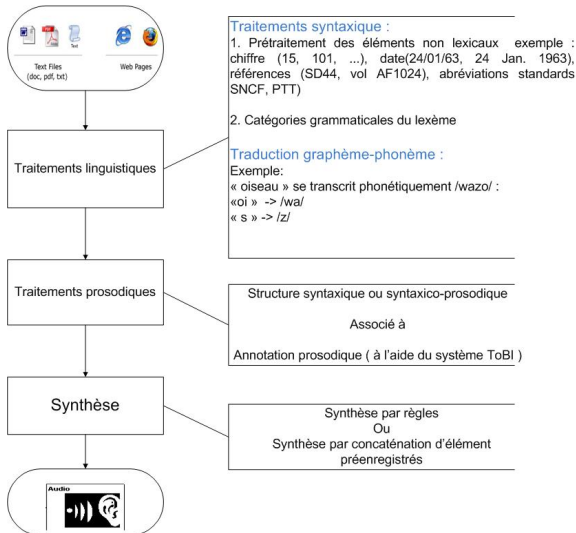
27 mai 2009

- 1 Cadre des travaux
- 2 Proportion analogique
- 3 Dissemblance analogique entre arbres
- 4 Conclusion et perspectives

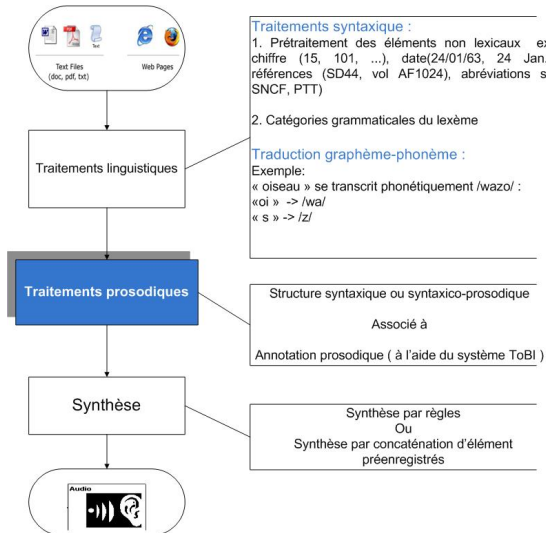
Synthèse de la parole



Synthèse de la parole à partir du texte



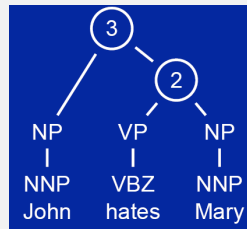
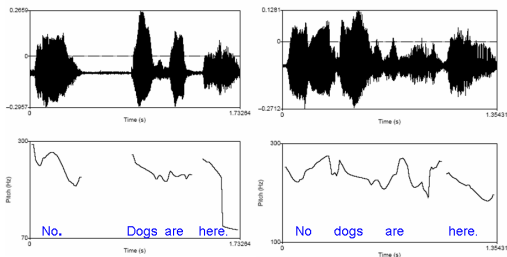
Synthèse de la parole à partir du texte



La prosodie

● La prosodie :

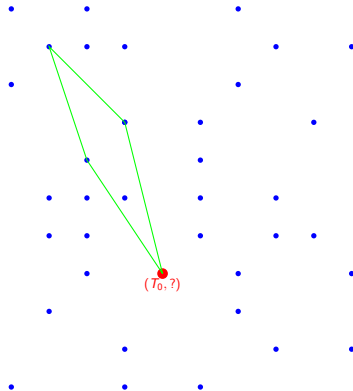
- est l'accent, la mélodie et l'intonation de prononciation.
- modélise l'évolution temporelle de la fréquence fondamentale (durée, pause et intensité).



- est représenté structurellement par des arbres syntactico-prosodique.

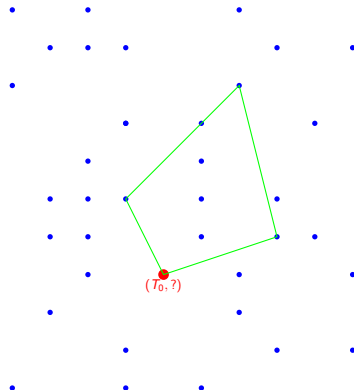
Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.
- $P_2 = f(P_3)$
- $P_0 = f(P_1)$



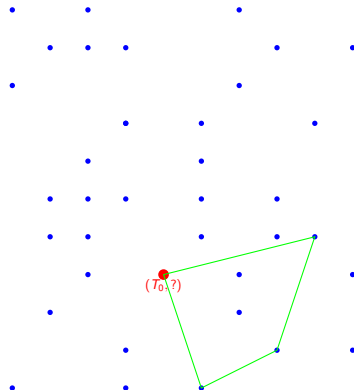
Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.
- $P_2 = f(P_3)$
- $P_0 = f(P_1)$



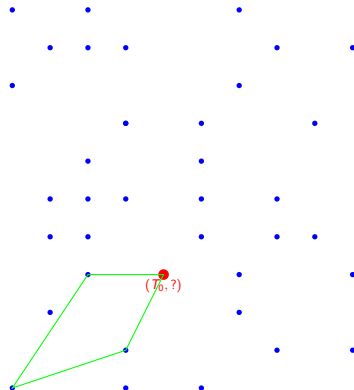
Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.
- $P_2 = f(P_3)$
- $P_0 = f(P_1)$



Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.
- $P_2 = f(P_3)$
- $P_0 = f(P_1)$

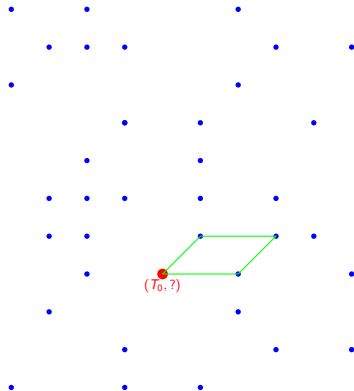
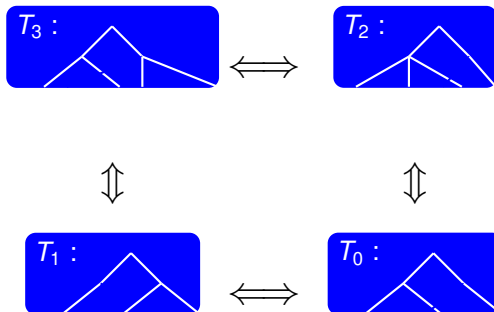


Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.

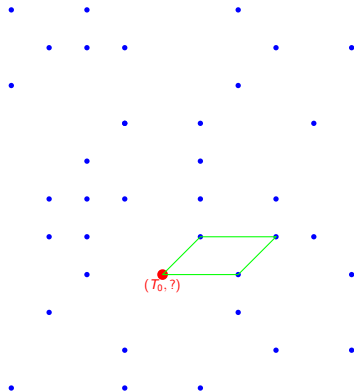
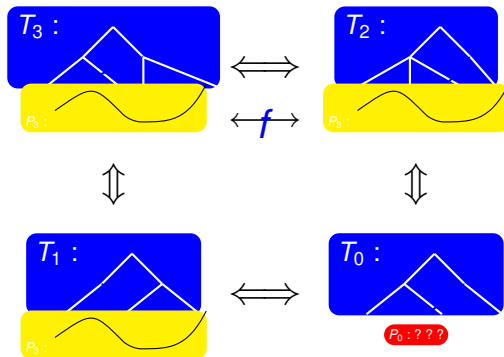
- $P_2 = f(P_3)$

- $P_0 = f(P_1)$



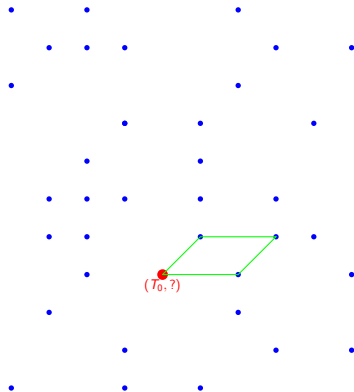
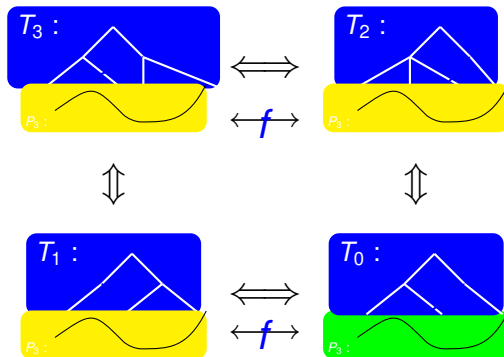
Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.
- $P_2 = f(P_3)$
- $P_0 = f(P_1)$



Prédiction de la prosodie par analogie

- Recherche $[T_1, P_1], [T_2, P_2], [T_3, P_3]$
tel que, $T_3 : T_2 :: T_1 : T_0$.
- $P_2 = f(P_3)$
- $P_0 = f(P_1)$



Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes

EA : Est Adulte

EM : Est Mâle

BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes

EA : Est Adulte

EM : Est Mâle

BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

veau **est à** *taureau* **ce que** *chaton* **est à** *matou*

Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes

EA : Est Adulte

EM : Est Mâle

BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

veau **est à** *taureau* **ce que** *chaton* **est à** *matou*
Ruminant **est à** *Ruminant* **ce que** *Félin* **est à** ?

Idée : Apprentissage d'une règle de classification par analogie

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	Félin

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)

veau **est à** *taureau* **ce que** *chaton* **est à** *matou*
Ruminant **est à** *Ruminant* **ce que** *Félin* **est à** **Félin**

Définition et axiomes

Définition d'après Lepage [*HDR 2003*].

a, b, c, d sont de même nature.

a est à b ce que c est à d

Définition et axiomes

Définition d'après Lepage [HDR 2003].

a, b, c, d sont de même nature.

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

$$3 : 6 :: 4 : 8$$

Définition et axiomes

Définition d'après Lepage [HDR 2003].

a, b, c, d sont de même nature.

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

$$3 : 6 :: 4 : 8$$

Symétrie de la relation "ce que" : $c : d :: a : b$

$$4 : 8 :: 3 : 6$$

Échange des moyens : $a : c :: b : d$

$$3 : 4 :: 6 : 8$$

Déterminisme : si $a : a :: b : x$ alors $x = b$

Définition et axiomes

Définition d'après Lepage [HDR 2003].

a, b, c, d sont de même nature.

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

$$3 : 6 :: 4 : 8$$

Symétrie de la relation "ce que" : $c : d :: a : b$

$$4 : 8 :: 3 : 6$$

Échange des moyens : $a : c :: b : d$

$$3 : 4 :: 6 : 8$$

Déterminisme : si $a : a :: b : x$ alors $x = b$

Définition et axiomes

Définition d'après Lepage [HDR 2003].

a, b, c, d sont de même nature.

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

$$3 : 6 :: 4 : 8$$

Symétrie de la relation "ce que" : $c : d :: a : b$

$$4 : 8 :: 3 : 6$$

Échange des moyens : $a : c :: b : d$

$$3 : 4 :: 6 : 8$$

Déterminisme : si $a : a :: b : x$ alors $x = b$

Proportions Analogiques sur les Objets composés

$$a : b :: c : d \Leftrightarrow a_j : b_j :: c_j : d_j \quad \forall 1 \leq j \leq m$$

Proportion Analogique entre séquence [Bayouduh, 2007]

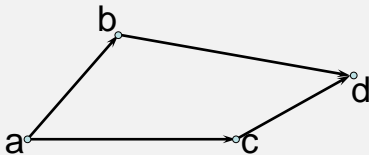
$S_1 : a \ c \ b \ b$	$a \ c \ b \ \lambda \ b \ \lambda$
$S_2 : a \ b \ a \ c$	$a \ \lambda \ b \ a \ c \ \lambda$
$S_3 : a \ c \ c \ b \ a$	$a \ c \ c \ \lambda \ b \ a$
$S_4 : a \ c \ a \ c \ a$	$a \ \lambda \ c \ a \ c \ a$

Proportion analogique vraie

Dissemblance Analogique entre objets

a est à b à peu près ce que c est à d , [Miclet et al., JAIR 2008]

Représentation graphique

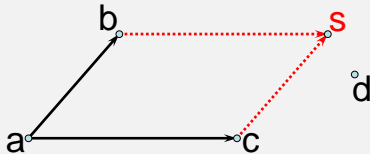


- Cas général :
 - $DA = 0 \Leftrightarrow$ Analogie exacte
 - $DA \nearrow \Leftrightarrow$ Analogie \searrow
- Objets décrits par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

a est à b à peu près ce que c est à d , [Miclet et al., JAIR 2008]

Représentation graphique

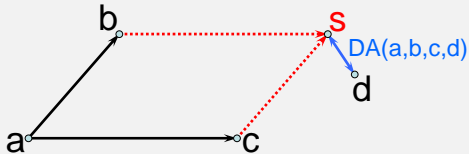


- Cas général :
 - $DA = 0 \Leftrightarrow$ Analogie exacte
 - $DA \nearrow \Leftrightarrow$ Analogie \searrow
- Objets décrits par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

a est à b à peu près ce que c est à d , [Miclet et al., JAIR 2008]

Représentation graphique

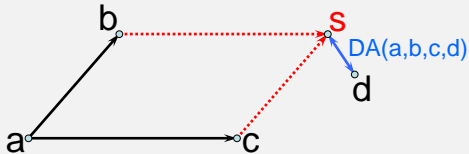


- Cas général :
 - $DA = 0 \Leftrightarrow$ Analogie exacte
 - $DA \nearrow \Leftrightarrow$ Analogie \searrow
- Objets décrits par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

a est à b à peu près ce que c est à d , [Miclet et al., JAIR 2008]

Représentation graphique

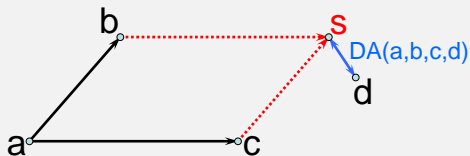


- Cas général :
 - $DA = 0 \Leftrightarrow$ Analogie exacte
 - $DA \nearrow \Leftrightarrow$ Analogie \searrow
- Objets décrits par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

a est à b à peu près ce que c est à d , [Miclet et al., JAIR 2008]

Représentation graphique



- Cas général :

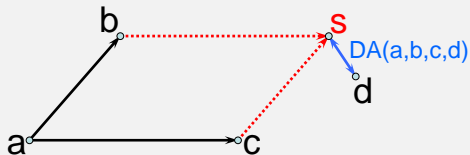
- $DA = 0 \Leftrightarrow$ Analogie exacte
- $DA \nearrow \Leftrightarrow$ Analogie \searrow

- Objets décrits par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

a est à b à peu près ce que c est à d , [Miclet et al., JAIR 2008]

Représentation graphique



- Cas général :
 - $DA = 0 \Leftrightarrow$ Analogie exacte
 - $DA \nearrow \Leftrightarrow$ Analogie \searrow
- Objets décrits par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance analogique entre arbres

- Comment calculer la DA entre arbres ?



- \Rightarrow Technique d'appariement entre arbres

Dissemblance analogique entre arbres

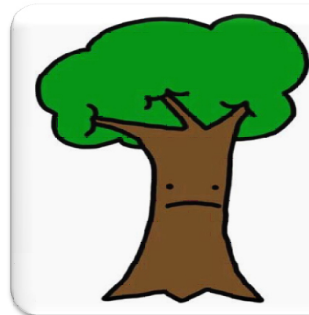
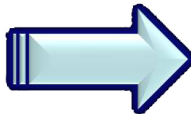
- Comment calculer la DA entre arbres ?



- \Rightarrow Technique d'appariement entre arbres

Distance d'édition entre deux arbres

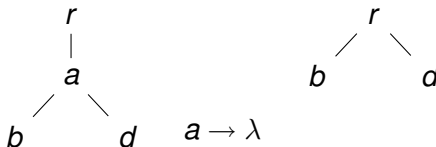
- Coût minimum pour transformer un arbre en un autre.



Opérations d'édition

- Opérations d'édition :

- Suppression
- Insertion
- Substitution



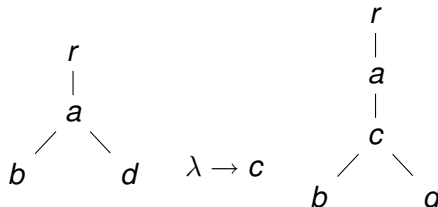
Mapping :

Une description de la façon dont une séquence d'opérations d'édition transforme un arbre en un autre.

Opérations d'édition

- Opérations d'édition :

- Suppression
- Insertion
- Substitution



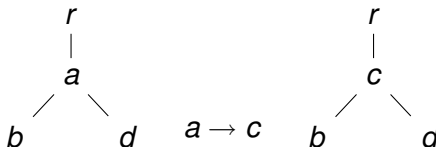
Mapping :

Une description de la façon dont une séquence d'opérations d'édition transforme un arbre en un autre.

Opérations d'édition

- Opérations d'édition :

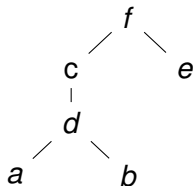
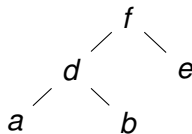
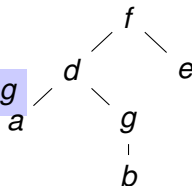
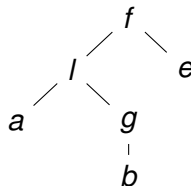
- Suppression
- Insertion
- Substitution



Mapping :

Une description de la façon dont une séquence d'opérations d'édition transforme un arbre en un autre.

Exemple :


 $c \rightarrow \lambda$

 $\lambda \rightarrow g$

 $f \rightarrow f$
 $e \rightarrow e$
 $d \rightarrow l$

 \hookrightarrow

Appariement entre arbres

- Distance d'édition :



Tai, 1979.



Zhang et Shashai, 1989.



Klein, 1998.



Dulucq et Touzet, 2003.



Demaine et al., 2007.

- Distance d'édition sous contraintes :



Zhang, 1995.



Richter, 1997.



Lu, 2001.

- Alignement

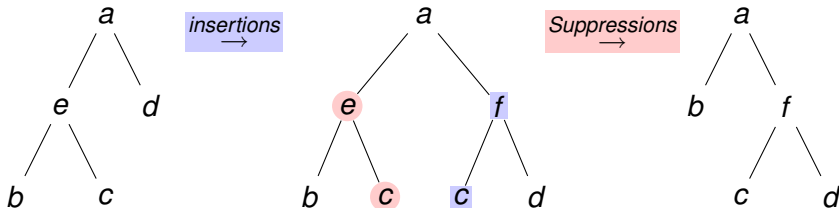


Jiang, 1994.

Alignement 1

Définition(1)

Restriction : toutes les insertions doivent être faites avant toutes les suppressions.

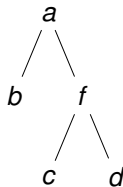
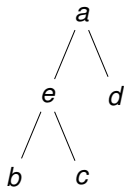


Alignement 2

Définition(2)

Appariement **optimal** nœud à nœud des deux arbres de même structure étendus par des nœuds vides λ .

L'appariement (λ, λ) n'est pas permis.

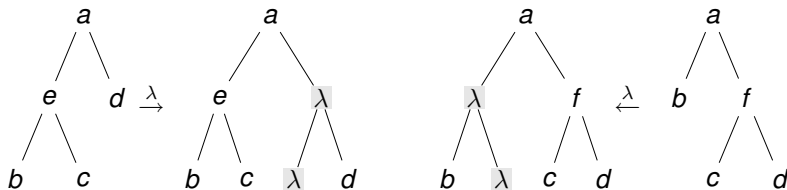


Alignement 2

Définition(2)

Appariement **optimal** nœud à nœud des deux arbres de même structure étendus par des nœuds vides λ .

L'appariement (λ, λ) n'est pas permis.

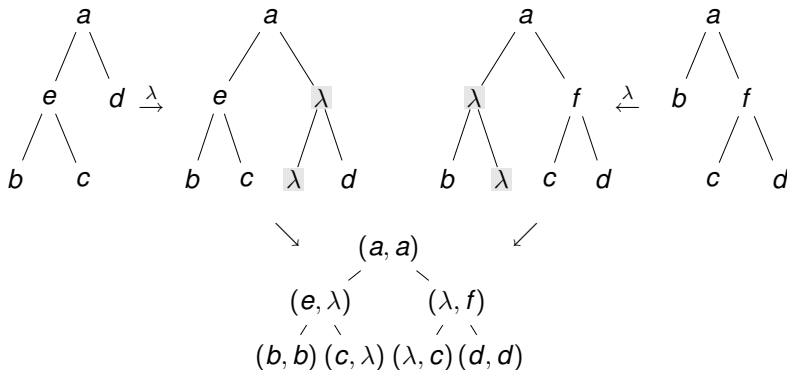


Alignement 2

Définition(2)

Appariement **optimal** nœud à nœud des deux arbres de même structure étendus par des nœuds vides λ .

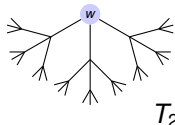
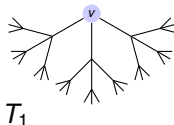
L'appariement (λ, λ) n'est pas permis.



Algorithme d'alignement [Jiang, 94] (1)

- Lemme 1 : Alignement des arbres en raisonnant sur les racines

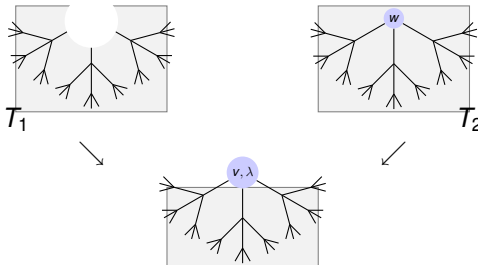
$$A(T_1, T_2) = \min \left\{ \begin{array}{c} \text{Sup}(v) \\ \text{Sup}(w) \\ \text{Sub}(v, w) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{c} (v, \lambda) \\ (\lambda, w) \\ (v, w) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement [Jiang, 94] (1)

- Lemme 1 : Alignement des arbres en raisonnant sur les racines

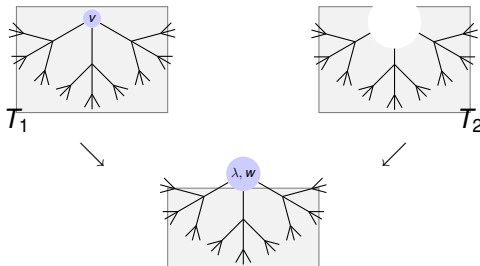
$$A(T_1, T_2) = \min \left\{ \begin{array}{c} \text{Sup}(v) \\ \text{Sup}(w) \\ \text{Sub}(v, w) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{c} (v, \lambda) \\ (\lambda, w) \\ (v, w) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement [Jiang, 94] (1)

- Lemme 1 : Alignement des arbres en raisonnant sur les racines

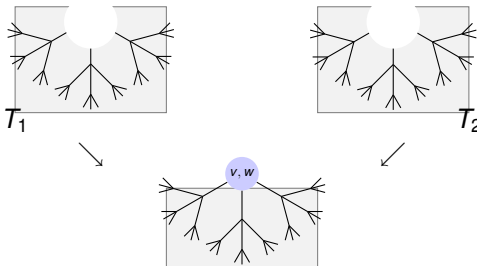
$$A(T_1, T_2) = \min \left\{ \begin{array}{c} \text{Sup}(v) \\ \text{Sup}(w) \\ \text{Sub}(v, w) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{c} (v, \lambda) \\ (\lambda, w) \\ (v, w) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement [Jiang, 94] (1)

- Lemme 1 : Alignement des arbres en raisonnant sur les racines

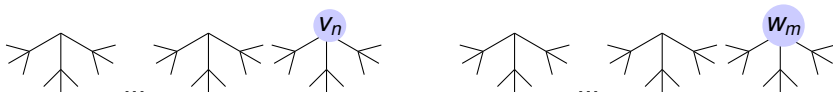
$$A(T_1, T_2) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Sup}(v) \\ \text{Sup}(w) \\ \text{Sub}(v, w) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{l} (v, \lambda) \\ (\lambda, w) \\ (v, w) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement (Jiang 95) (2)

- Lemme 2 : Alignement des forêts en raisonnant sur les *rightmosts* (racine de l'arbre le plus à droite dans la forêt)

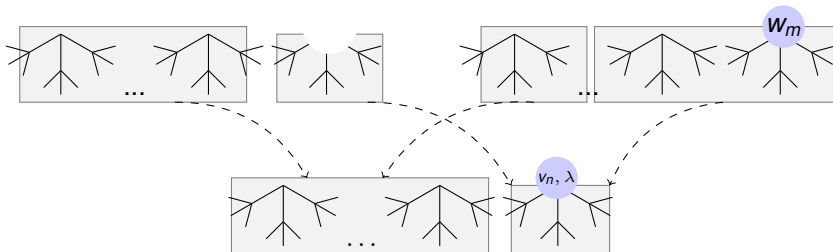
$$A(F, G) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Sup}(v_n) \\ \text{Sup}(w_m) \\ \text{Sub}(v_n, w_m) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{l} (v_n, \lambda) \\ (\lambda, w_m) \\ (v_n, w_m) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement (Jiang 95) (2)

- Lemme 2 : Alignement des forêts en raisonnant sur les *rightmosts* (racine de l'arbre le plus à droite dans la forêt)

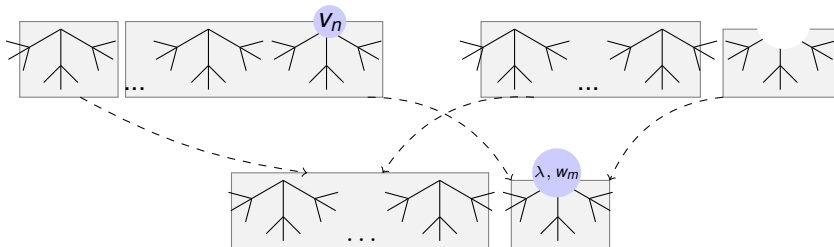
$$A(F, G) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Sup}(v_n) \\ \text{Sup}(w_m) \\ \text{Sub}(v_n, w_m) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{l} (v_n, \lambda) \\ (\lambda, w_m) \\ (v_n, w_m) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement (Jiang 95) (2)

- Lemme 2 : Alignement des forêts en raisonnant sur les *rightmosts* (racine de l'arbre le plus à droite dans la forêt)

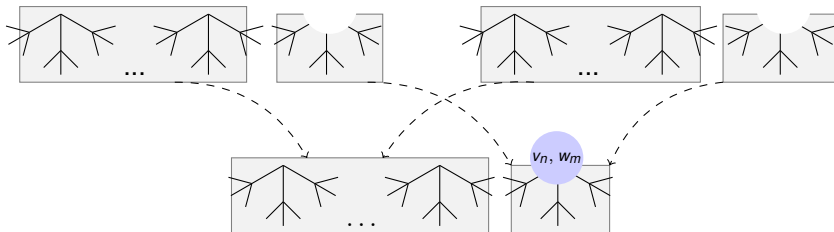
$$A(F, G) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Sup}(v_n) \\ \text{Sup}(w_m) \\ \text{Sub}(v_n, w_m) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{l} (v_n, \lambda) \\ (\lambda, w_m) \\ (v_n, w_m) \end{array} \right\}$$



Algorithme d'alignement (Jiang 95) (2)

- Lemme 2 : Alignement des forêts en raisonnant sur les *rightmosts* (racine de l'arbre le plus à droite dans la forêt)

$$A(F, G) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Sup}(v_n) \\ \text{Sup}(w_m) \\ \text{Sub}(v_n, w_m) \end{array} \right\} \iff \left\{ \begin{array}{l} (v_n, \lambda) \\ (\lambda, w_m) \\ (v_n, w_m) \end{array} \right\}$$



Algorithme

Lemme

Pour $F_1(v_s, v_p)$ et $F_2(w_t, w_q)$ tels que $1 \leq s \leq p \leq i$, et $1 \leq t \leq q \leq j$:

$$\prod(F_1(v_s, v_p), F_2(w_t, w_q)) = \min \begin{cases} c(v_p, w_q) + \prod(F_1(v_p), F_2(w_q)) + \prod(F_1(v_s, v_{p-1}), F_2(w_t, w_{q-1})) \\ c(\lambda, w_q) + \min_{s \leq k \leq (p+1)} \{ \prod(F_1(v_s, v_{k-1}), F_2(w_t, w_{q-1})) + \prod(F_1(v_k, v_p), F_2(w_q)) \} \\ c(v_p, \lambda) + \min_{t \leq k \leq (q+1)} \{ \prod(F_1(v_s, v_{p-1}), F_2(w_t, w_{k-1})) + \prod(F_1(v_p), F_2(w_k, w_q)) \} \end{cases}$$

Complexité :

$$O(|T|^2 \times \deg(T)^2)$$

Extension vers un Alignement multi-arbres

- Un alignement $A^2 \rightarrow 2^2 - 1$ types d'appariement de nœuds.
- Un alignement $A^3 \rightarrow 2^3 - 1$ types d'appariement de nœuds.
- Un alignement $A^4 \rightarrow 2^4 - 1$ types d'appariement de nœuds.
- \vdots
- Un alignement $A^n \rightarrow 2^n - 1$ appariements de nœuds possibles.

Définition

Soit n arbres d'étiquettes $\in \Sigma$. On suppose qu'un coût d'appariement dans Σ_λ^n est défini. Un alignement de ces n arbres est défini comme le coût minimal de la somme des appariements sur chacun de ses nœuds.

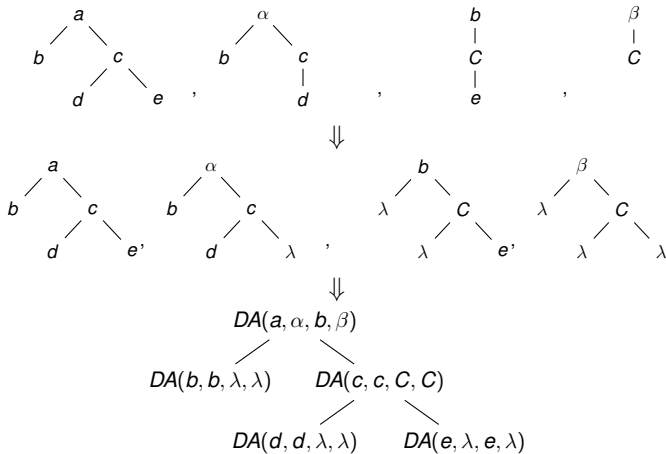
Lemme

$$\prod_{\substack{F_1[i_s, i_d], F_2[j_t, j_q] \\ F_3[k_r, k_f], F_4[l_p, l_h]}} = \min \left\{ \begin{array}{l} DA(\lambda, \lambda, \lambda, l) + \min_{\substack{s \leq u \leq d+1 \\ t \leq v \leq q+1 \\ r \leq w \leq f+1}} \{ \prod_{F_3[k_r, k_{w-1}], F_4[l_p, l_{h-1}]}^{F_1[i_s, i_{u-1}], F_2[j_t, j_{v-1}]} + \prod_{F_3[k_w, k_f], F_4[l_h]}^{F_1[i_u, i_d], F_2[j_v, j_q]} \} \\ DA(\lambda, \lambda, k, l) + \min_{\substack{s \leq u \leq d+1 \\ t \leq v \leq q+1}} \{ \prod_{F_3[k_r, k_{f-1}], F_4[l_p, l_{h-1}]}^{F_1[i_s, i_{u-1}], F_2[j_t, j_{v-1}]} + \prod_{F_3[k_f], F_4[l_h]}^{F_1[i_u, i_d], F_2[j_v, j_q]} \} \\ DA(\lambda, j, k, l) + \min_{s \leq u \leq d+1} \{ \prod_{F_3[k_r, k_{f-1}], F_4[l_p, l_{h-1}]}^{F_1[i_s, i_{u-1}], F_2[j_t, j_{q-1}]} + \prod_{F_3[k_f], F_4[l_h]}^{F_1[i_u, i_d], F_2[j_q]} \} \\ DA(i, j, k, l) + \prod_{F_3[k_r, k_{f-1}], F_4[l_p, l_{h-1}]}^{F_1[i_s, i_{d-1}], F_2[j_t, j_{q-1}]} + \prod_{F_3[k_f], F_4[l_h]}^{F_1[i_d], F_2[j_q]} \} \end{array} \right.$$

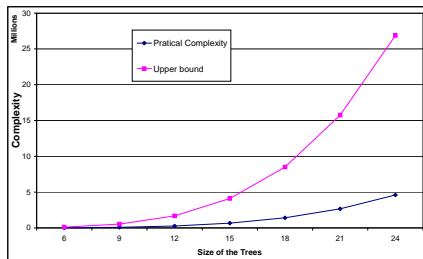
Complexité :

$$O(|T|^n \times \deg(T)^n), \text{ avec } n = 4.$$

- Coût de DA prédéfini sur les étiquettes.
- Exemple d'alignement A^4 :



Complexité



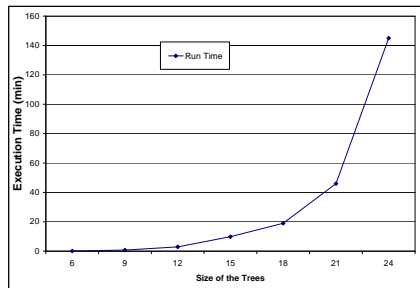
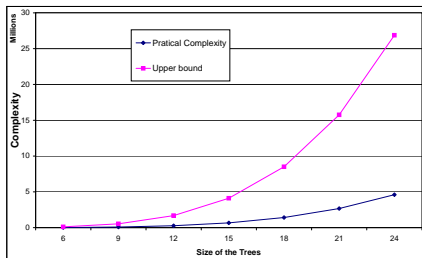
● Temps d'exécution .

● complexité pratique

Vs

$$O(|T|^4 \times \deg(T)^4).$$

Complexité



- complexité pratique
Vs
 $O(|T|^4 \times \deg(T)^4)$.

- Temps d'exécution .

Conclusion & perspectives

- **Objectif** : *Prédiction de la prosodie en synthèse de parole.*
- **Méthode** : *Apprentissage par analogie des structure d'arbres.*
- **Outils** : *Technique d'appariement d'arbres :*
 - *Alignement Multi-arbres.*
 - *De l'analogie sur les étiquettes vers l'analogie sur les arbres.*
- **Perspectives** :
 - Application pour les arbres syntaxico-prosodiques.
 - Dans quels domaines l'utilisation de l'analogie est-elle appropriée ?

Merci de votre attention.

