

Alignement de séquences

1. Présentation du sujet

On dispose de deux chaînes de caractères : A , qui vaut `INFORMATIQUE`, et B , qui vaut `NUMERIQUE`. On aimerait mettre ces deux chaînes de caractères en correspondance de la manière suivante :

- On place les 2 chaînes l'une en dessous de l'autre ;
- Si les derniers caractères des deux chaînes coïncident, alors on passe aux caractères suivants ;
- Sinon, on va ajouter un trou dans une des deux chaînes, symbolisé par un - et on passe aux caractères suivants.

Voici un exemple d'alignement optimal :



Dans cette situation on a besoin de 9 tirets, pas moins.

L'objectif est d'aligner le maximum de lettres (donc de mettre le moins de - possible). Ce n'est pas un problème simple, surtout quand les chaînes sont longues, comme pour les séquences d'ADN par exemple :

```
TTCACCAAGAAAAGA - - ACACGGTAGTTA - CGAG - - TCCAATATT - GTTAA - - - ACC - - G
TTCA - C - GAAAA - AGTA - ACGG - - G - - - CCGA - TCTCCAATA - - AG - T - - GCGACCGAG
```

2. Résolution par une méthode récursive

Le principe est présenté dans la vidéo suivante :

Pour les mots GRAS et GERS, l'arbre obtenu est le suivant :



Après application d'une méthode dynamique (**Top Down**) (c'est-à-dire récursive avec mémorisation), on obtient le graphe suivant :



3. Résolution par une méthode itérative

3.1. Activité débranchée

Considérons les deux chaines de caractères `GENOME` et `ENORME`. Afin de chercher le nombre minimal d'insertion à effectuer, nous allons compléter le tableau suivant, avec la convention suivante : à l'intersection de la colonne `N` et de la première ligne `E` se trouve le nombre minimal d'insertion nécessaire pour aligner les chaines `EN` et `GE`, c'est-à-dire 2 tirets. Par convention la première ligne et la première colonne correspondent à une chaine vide.

| | - | E | N | O | R | M | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | | | | | | | |
| G | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| N | | | | | | | |
| O | | | | | | | |
| M | | | | | | | |
| E | | | | | | | |

Question

Enoncé

En quoi la méthode ci-dessus est-elle une méthode itérative (Bottom Up) ?

Réponse

1. Pour compléter le tableau, on va commencer par compléter la première ligne et la première colonne. Par exemple, la case de la première ligne correspondant à l'intersection de R et de - doit contenir le nombre minimal de tirets nécessaire pour aligner ENOR avec une chaîne vide, c'est-à-dire 4.

| | - | E | N | O | R | M | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| G | 1 | | | | | | |
| E | 2 | | | | | | |
| N | 3 | | | | | | |
| O | 4 | | | | | | |
| M | 5 | | | | | | |
| E | 6 | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| E | N | O | R |
| - | - | - | - |

2. Pour compléter ensuite le reste du tableau, il faut concevoir deux cas différents :
- a. Soit la case correspond aux deux même lettres, comme dans l'exemple ci-dessous :

| | - | E | N | O | R | M | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| G | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| E | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| N | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| O | 4 | 3 | 2 | ? | | | |
| M | | | | | | | |
| E | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| - | E | N | O |
| G | E | N | O |

- Le meilleur alignement de ENO et de GENO contient autant de tirets que le meilleur alignement de EN et de GEN, donc ici 1.
- b. Soit les deux lettre sont différentes, et on peut considérer deux situations :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | - | E | N | O | R | M | E |
| - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| G | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| E | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| N | 3 | 2 | 1 | ? | | | |
| O | | | | | | | |
| M | | | | | | | |
| E | | | | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| - | E | N | O | - |
| G | E | - | - | N |

On considère la case comme étant une de l'alignement de ENO et GE , qui contenait 3 tirets, vers l'alignement de ENO et GEN , qui en contiendra donc **un de plus**, soit 4.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|----|---|---|---|
| | - | E | N | O | R | M | E |
| - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| G | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| E | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| N | 3 | 2 | 1 | →? | | | |
| O | | | | | | | |
| M | | | | | | | |
| E | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| - | E | N | O |
| G | E | N | - |

On considère la case comme étant une de l'alignement de EN et GEN , qui contenait 1 unique tiret, vers l'alignement de ENO et GEN , qui en contiendra donc **un de plus**, soit 2.

Comme nous cherchons un alignement minimisant le nombre de tirets, on va alors compléter la case avec la valeur 2, provenant de la situation de droite ci-dessus.

3. On termine alors de compléter le tableau :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | - | E | N | O | R | M | E |
| - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| G | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| E | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| N | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| O | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| M | 5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| E | 6 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |

3.2. Application en Python

L'activité est disponible sous la forme d'un [notebook capytale](#)