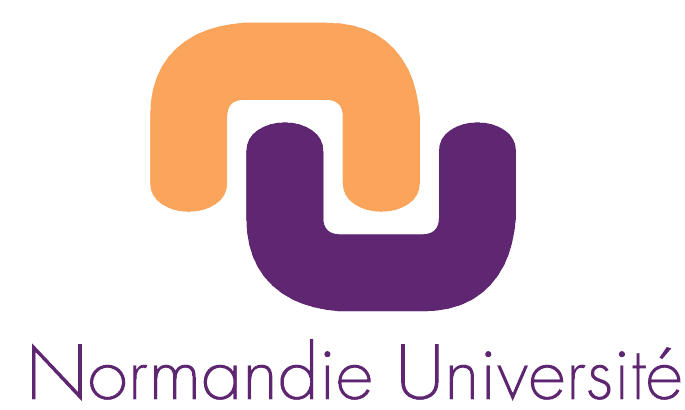


# Lecture de séquences ADN: K-mers et K-mers espacés



Gabriel Toubanc  
Master IGIS ITA  
2015 - 2017



## Introduction

L'analyse de séquençage ADN appliqué à la Bio-Informatique a connu un développement important dans les années 2000.

Le séquençage ADN est effectué de deux façons différentes, par le biais de lectures sur des brins d'ADN:

- **Les lectures longues** (Nanopore, PacBio, ...)
- **Les lectures courtes** (Illumina, Roche, ...)

Les **lectures longues** ont l'avantage de nécessiter que d'une **petite quantité** d'entre elles pour quadriller le génome d'un être vivant, mais le gros désavantage d'être **hautement imprécises** (15 à 30 % d'erreurs)

Les **lectures courtes**, en revanche, ont le net avantage d'être **très précises**, avec un taux d'erreur de moins de 1 %. Leur inconvénient principal est qu'il faut **de nombreuses lectures** courtes afin de reconstruire le génome, ce qui est coûteux et peu pratique.

Dans les faits, le génome peut être reconstruit grâce à un nombre déraisonnable de lectures courtes, ou en corrigeant les lectures longues grâce aux lectures courtes. Plusieurs **méthodes de corrections** ont été développées à ce sujet [1].

Afin de pouvoir se passer des lectures courtes, et d'ainsi corriger les lectures longues d'elles-mêmes, une branche de la bioinformatique s'intéresse à l'étude des **k-mers**.

## K-mers

Les **k-mers** sont les facteurs de taille **k** d'une séquence ADN donnée. Pour une lecture de taille **L**, on a donc  **$L - k + 1$**  k-mers possibles.

**Ex:** Avec une séquence  $x = AACCGGTT$ , on a les  $k$ -mers de taille 6 (6-mers) suivants:

$k_1$  : A A C C G G T T  
 $k_2$  : A A C C G G T T  
 $k_3$  : A A C C G G T T

**6-mers:** {AACCGG, ACCGGT, CCGGTT}

Afin d'énumérer les k-mers de grands jeux de données, divers outils logiciels ont été développés. L'objectif de ces outils est d'extraire les k-mers de façon à **grouper** les doublons, d'avoir un **temps d'exécution** viable et d'utiliser le moins d'**espace mémoire** possible.

Le logiciel **Jellyfish** [2] surpasse ses concurrents dans ce domaine, avec des performances bien supérieures, tout facteur confondu.

Les k-mers ainsi extraits sont principalement utilisés pour **l'alignement et l'assemblage** de lectures.

Dans le cas présent, l'utilisation des k-mers a pour but de **trouver des répétitions** au sein des lectures longues afin de pouvoir **identifier les nucléotides erronées**, afin de pouvoir les corriger.

## K-mers espacés à délétion

Les **k-mers espacés** sont utilisés afin de simuler les erreurs d'insertions et de délétions sur les lectures longues.

Au lieu de prendre les facteurs de taille  $k$  d'une séquence, on va sélectionner les k-mers espacés selon un motif précis.

Avec les **k-mers espacés à délétion**, chaque **0** du motif correspond à une nucléotide à supprimer.

Par ex, un motif  $m = 111011$  créera tous les 5-mers espacés à partir des 6-mers en supprimant le 4<sup>ème</sup> nucléotide.

**Ex:** Avec une séquence  $x = AACCGGTT$  et le motif  $m = 111011$ , on a les 5-mers espacés suivants:

$k_1$  : A A C G G T T  
 $k_2$  : A A C G T T  
 $k_3$  : A A C C G T T

**5-mers:** {AACGG, ACCGT, CCGTT}

## K-mers espacés à insertion

Avec les **k-mers espacés à insertion**, chaque **0** du motif correspond à une nucléotide à insérer.

Toutes les nucléotides possibles pour chaque **0** sont extraites, ce qui produit  $(L - k + 1 + t) * 4^t$  k-mers espacés possibles, avec  $t$  = nombre de zéros dans le motif.

**Ex:** Avec une séquence  $x = AACCGGTT$  et le motif  $m = 111011$ , on a les 6-mers espacés suivants:

$k_1$  : A A C A,C,G,T C G G T T  
 $k_2$  : A A C C A,C,G,T G G T T  
 $k_3$  : A A C C G A,C,G,T G T T  
 $k_4$  : A A C C G G A,C,G,T T T

**6-mers:** { AACACG, AACCCG, AACGCG, AACTCG, ACCAGG, ACCCGG, ACCGGG, ACCTGG, CCGAGT, CCGCGT, CCGGGT, CCGTGT, CGGATT, CGGCTT, CGGGTT, CGGTTT }

## Références

### References

- [1] Pierre Morisse, Thierry Lecroq, and Arnaud Lefebvre. Hg-color: Hybrid-graph for the error correction of long reads. In *Actes des Journées Ouvertes Biologie Informatique et Mathématiques*, 2017.
- [2] Guillaume Marcais and Carl Kingsford. A fast, lock-free approach for efficient parallel counting of occurrences of k-mers. *Bioinformatics*, 27(6):764–770, 2011.