

# Structures de données avancées : *Arbres 2-4*

Pr ZEGOUR DJAMEL EDDINE  
Ecole Supérieure d'Informatique (ESI)  
<http://zegour.esi.dz>  
email: [d\\_zegour@esi.dz](mailto:d_zegour@esi.dz)

## Les arbres 2-4

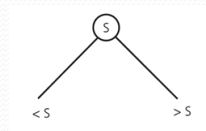
### Arbres 2-4

C'est un arbre équilibré (B-arbre) d'ordre 4

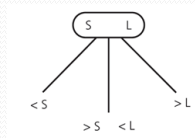
Equilibre garanti par construction

## Les arbres 2-4

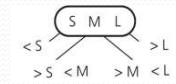
### Arbres 2-4 (Types de nœuds)



2-nœud



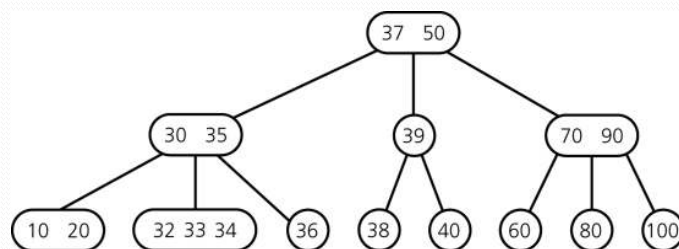
3-nœud



4-nœud

## Les arbres 2-4

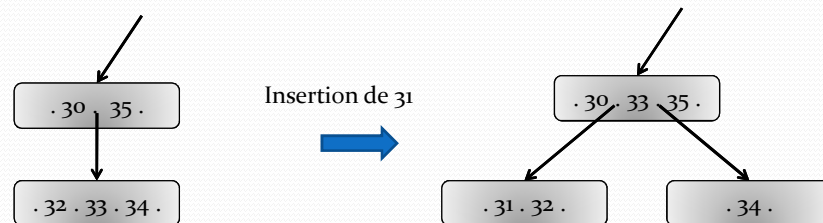
### Arbres 2-4 (Exemple)



## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4(Insertion)

L'insertion peut être ascendante (Bottom up)



Effet de cascade

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4(Insertion)

L'insertion peut être descendante (Top Down)

Insertion Top Down : avantageuse (évite la cascade)

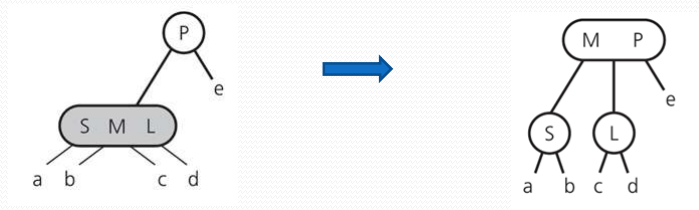
Pendant la recherche, éclater tout 4-noeud rencontré.

L'insertion se fait au niveau de la feuille et l'algorithme se termine

Le noeud éclaté peut être la racine, un 2-noeud ou un 3-noeud.

## Les arbres 2-4

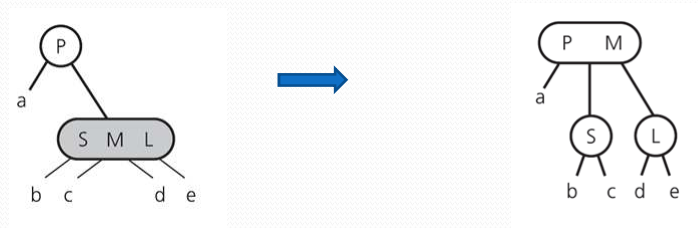
### Arbres 2-4 (Insertion)



Eclatement d'un 4-noeud dont le parent est un 2-noeud durant l'insertion

## Les arbres 2-4

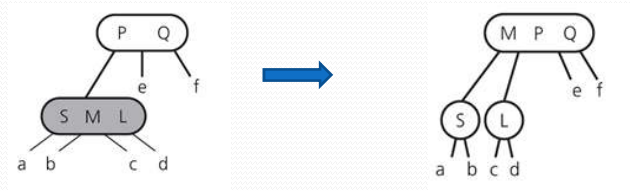
### Arbres 2-4 (Insertion)



Eclatement d'un 4-noeud dont le parent est un 2-noeud durant l'insertion

## Les arbres 2-4

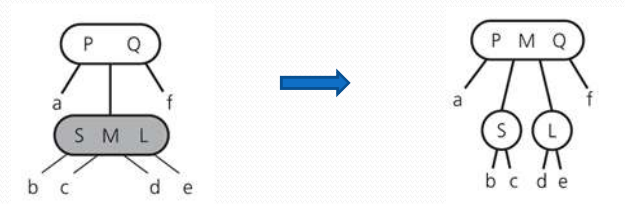
### Arbres 2-4(Insertion)



Eclatement d'un 4-noeud dont le parent est un 3-noeud durant l'insertion

## Les arbres 2-4

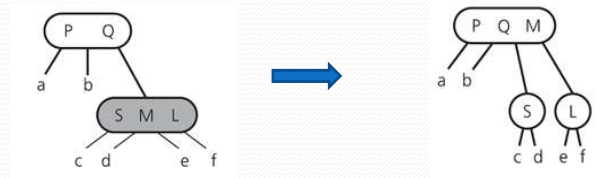
### Arbres 2-4(Insertion)



Eclatement d'un 4-noeud dont le parent est un 3-noeud durant l'insertion

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4 (Insertion)



Eclatement d'un 4-noeud dont le parent est un 3-noeud durant l'insertion

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4 (Suppression Top Down)

Rechercher le noeud n qui contient l'élément à supprimer

Le remplacer par le successeur inordre

Le processus démarre toujours à partir d'une feuille

Si la feuille est un 3-noeud ou un 4 noeud éliminer tout simplement l'élément

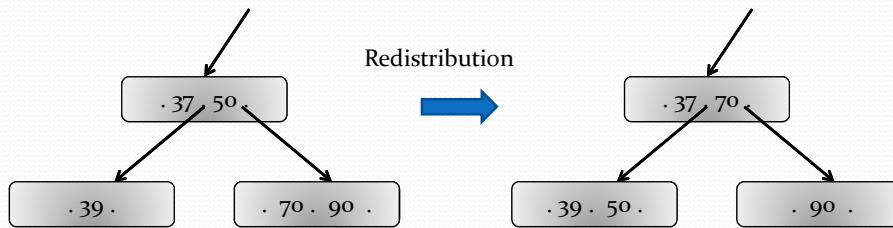
Pour s'assurer que l'élément à supprimer n'apparaît pas dans un 2-noeud :

Transformer chaque 2-noeud rencontré en un 3-noeud ou 4-noeud durant la phase de recherche (Redistribution et Fusion)

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4 (Suppression Top Down)

#### Redistribution



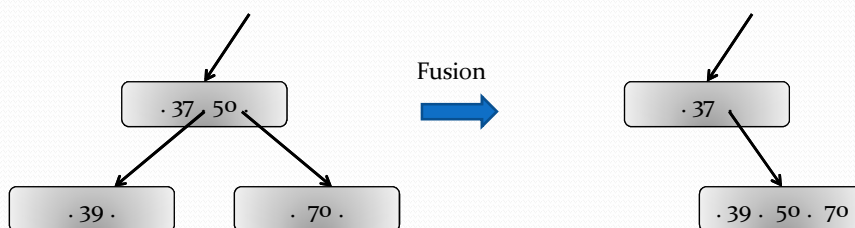
**X**

Transformation d'un 2-noeud en un 3-noeud durant la phase de recherche (Redistribution)

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4 (Suppression Top Down)

#### Fusion



**X**

Transformation d'un 2-noeud en un 4-noeud durant la phase de recherche (Fusion)

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4

Nombre d'éléments dans un arbre 2-4 de hauteur  $h$  est entre  $2^h - 1$  et  $4^h - 1$ .

Donc, la hauteur d'un arbre 2-4 avec  $n$  éléments est entre  $\text{ENT}(\log_4 (N+1))$  et  $\text{ENT}(\log_2 (N+1))$

Avantage d'un arbre 2-4 par rapport à un arbre 2-3 : une seule passe (Top Down) pour les algorithmes d'insertion et de suppression.

Les algorithmes 2-3 : exigent deux passes (Racine vers Feuille puis Feuille vers Racine)

Les algorithmes 2-4 peuvent se faire aussi en deux passes

Les algorithmes dans un arbre 2-4 sont plus simples par rapport à ceux d'un arbre 2-3.

## Les arbres 2-4

### Arbres 2-4(Variantes)

SBB (Symmetric Binary B-tree) : c'est la représentation d'un B-arbre en un arbre de recherche binaire. Les noeuds des arbres internes sont liés horizontalement. Les autres sont liés Verticalement.

Arbres Red-Black : c'est un SBB d'ordre 4 dans lequel les racines des arbres internes portent la couleur Noir et les noeuds liés horizontalement portent la couleur rouge



