Bases de données avancées
Indexation

Sarah Cohen-Boulakia
Laboratoire de Recherche en Informatique
Université Paris Sud
http://www.lri.fr/~cohen/BD.html

Un exemple pour ce chapitre

- Schéma : EMP(Nom, Age, Salaire)
- Instance : éléments quantitatifs sur le stockage
  - 1 000 000 (un million) d'employées
  - Un enregistrement : 120 octets
  - Un bloc = 4K (34 enregistrements)
  - Fichier de données (table) = 30 000 blocs = 120 Mo
- Modèle de coût
  - B = nb pages de données
  - R = nb enregistrements par page
  - D : tps moyen de transfert

Les opérations de recherche

- **Recherche par clé d'index**

  attention : pas nécessairement la clé primaire de la relation

  – Nom='Dupont'
- **Recherche par préfixe**

  – Nom like 'Dupont%'
- **Recherche par intervalles**

  – Age > 18 and Age < 65
- **Autre opérations**

  – insertion, suppression (sur critères)

Cout des opérations

- Rappel
  - B : nb pages; D : temps transfert
- Coût pour un fichier

	non trié	versus trié sur l'attribut
• Parcours	: BD	versus D $\log_2$ B (dichotomie)
• Recherche		
▪ (=) :	BD	versus D $\log_2$ B
▪ ([ ]) :	BD	versus D $\log_2$ B
• Insertion	(en fin) : 2D	(vs recherche + *décalage*)
• Suppression	: (B+1) D	(vs recherche + *compactage*)

Les index : types et propriétés

Index

- Clé de recherche (1 attribut ou une liste triée d'attributs)
  - AGE
- Attention : clé de recherche ≠ clé (primaire) d'une relation
- Index = fichier
  - Enregistrement d'un index = entrée de l'index
- Recherche = accès index puis accès direct aux données

La recherche d'une clé dans l'index doit être rapide et elle sera suivie d'un accès direct à l'enregistrement

- Un index accélère l'accès au fichier de données

→Attention : coût de l'index

Temps de création et maintenance

coût en temps et en espace

Types d'index

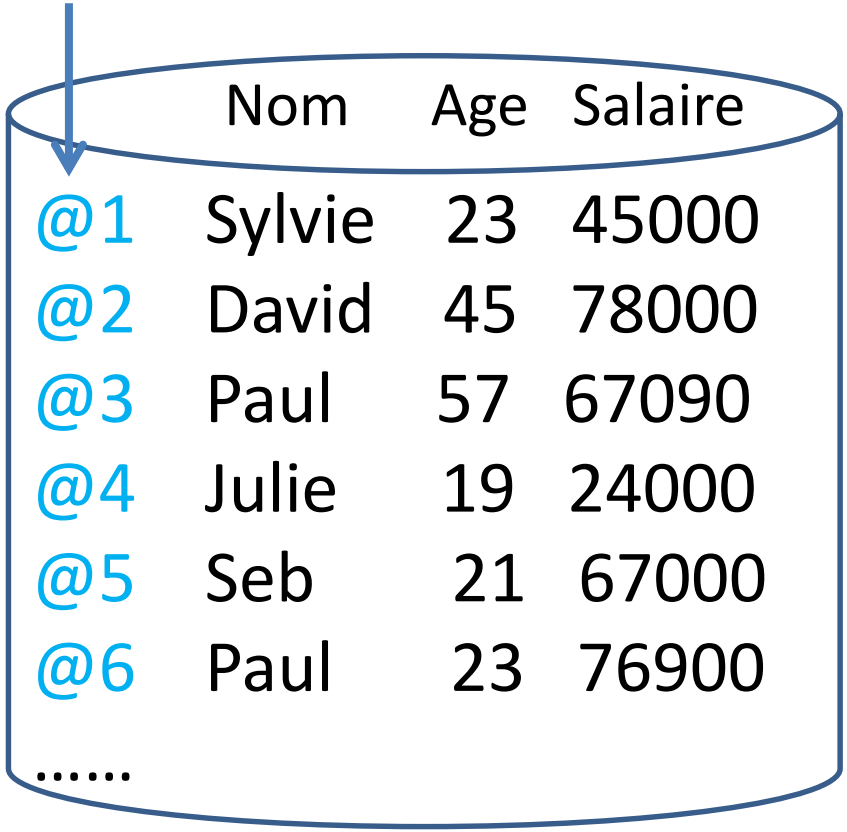
- Entrée d'index (notée k*)

Contient toujours une valeur k de la clé de recherche

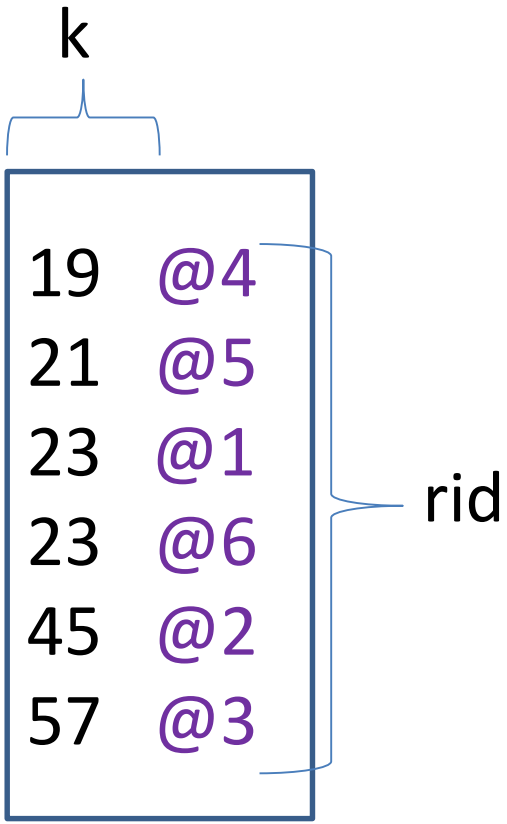
- 3 types d'index
  - Type 1 : k*=enregistrement
  - Type 2 : k*=(k, rid) `//record id`
  - Type 3 : k*=(k, liste de rid)
- Organisation des entrées
  - Triées sur la clé de recherche
  - Dans une table de hachage, dans un arbre de recherche…

Exemple : Type 2

Adresses physiques sur le DDur



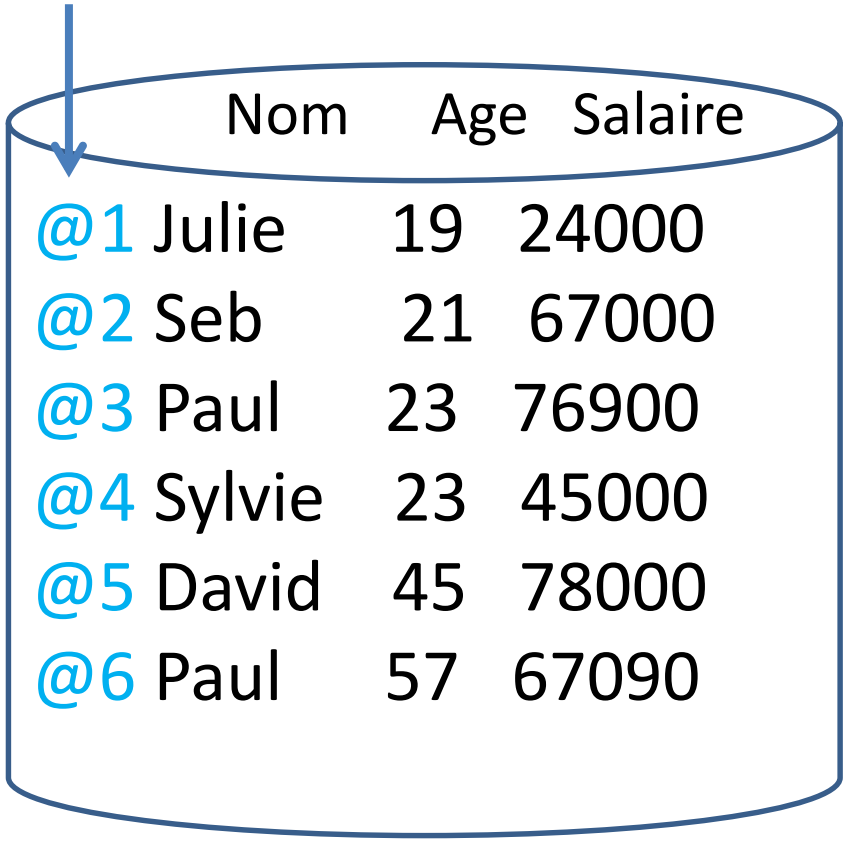
Disque Dur



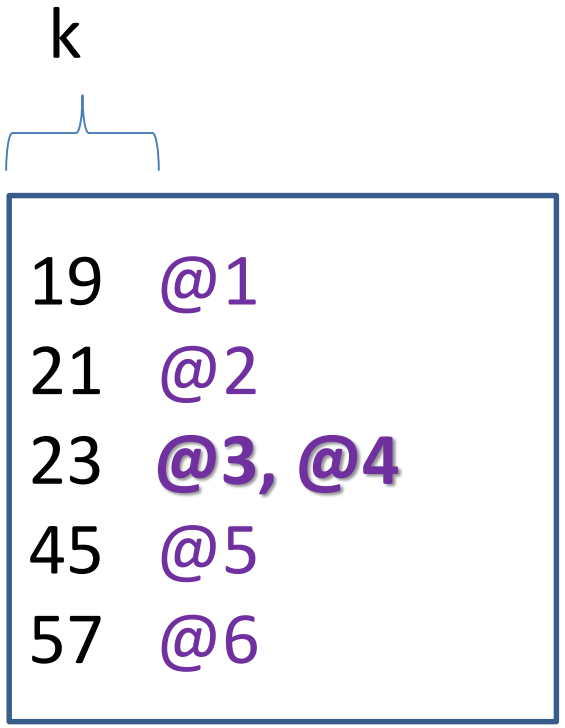
Fichier d'index
Clé d'index k : Age

Exemple : Type 3

Adresses physiques sur le DDur



Disque Dur

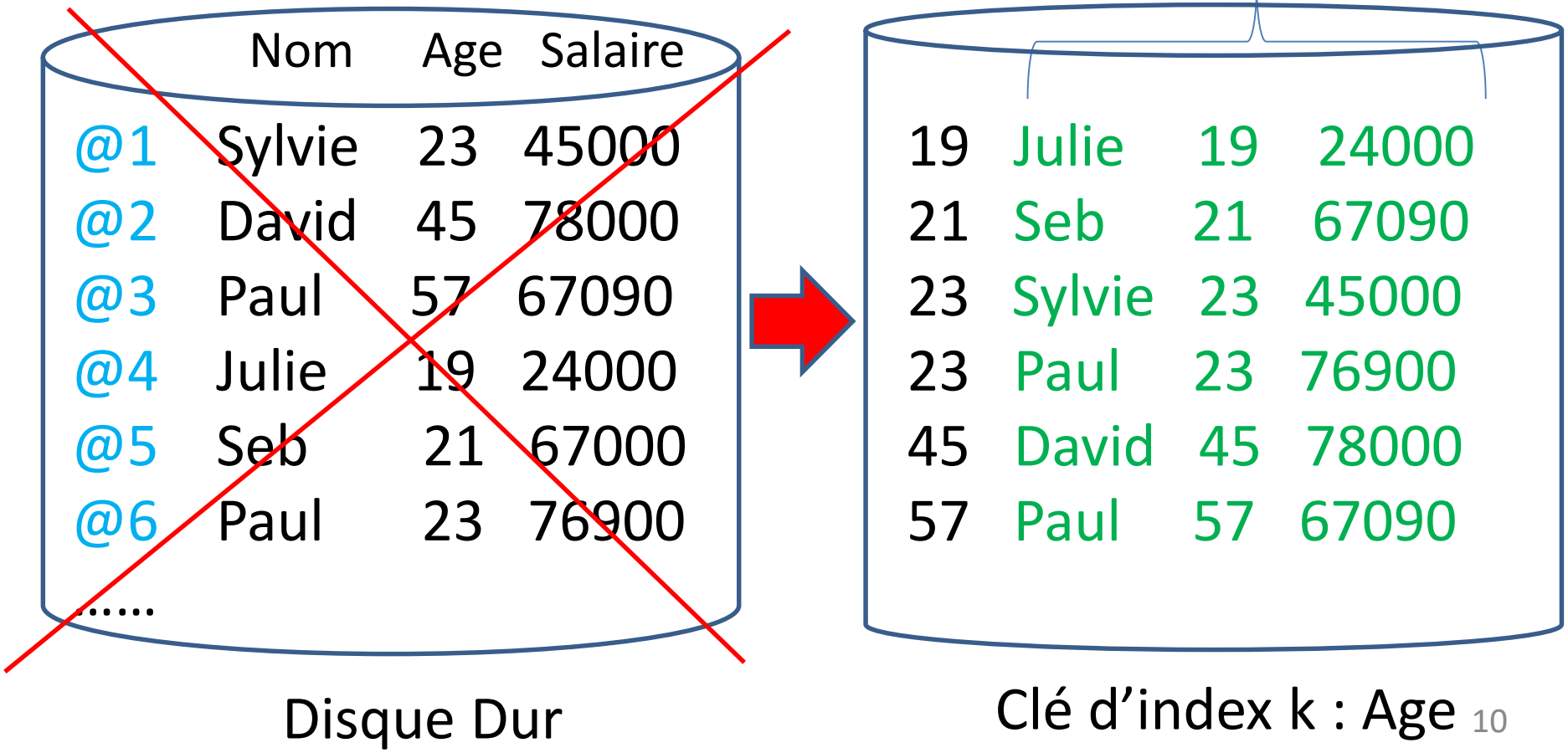


Fichier d'index
Clé d'index k : Age

Exemple : Type 1

L'index contient toute l'info (triée sur la clé d'index)

Pas de copie :
on remplace



Disque Dur

Clé d'index k : Age

Index groupant

- Lorsque l'index et le fichier de données sont organisés de façon identique relativement à une clé

→Les données sont directement triées sur le DDur dans l'ordre des valeurs de la clé d'index

- Un seul index groupant par fichier
- Impact sur la recherche par clé et par intervalle
- Quel type d'index est toujours groupant ?

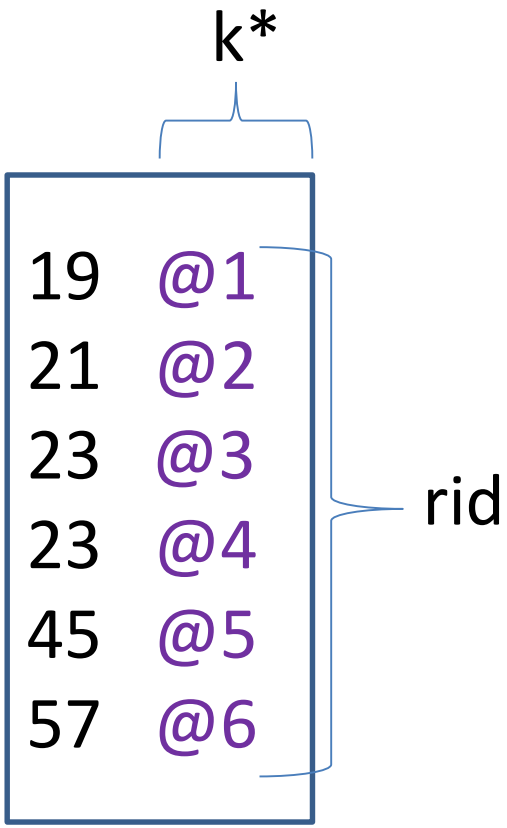
Attention : index groupant est très couteux à maintenir !

Exemple : Index groupant sur Age (type 2 ici)

	Nom	Age	Salaire
@1	Julie	19	24000
@2	Seb	21	67000
@3	Sylvie	23	45000
@4	Paul	23	76900
@5	David	45	78000
@6	Paul	57	67090
.....			

Disque Dur

Groupant : Les données ont été triées sur le disque



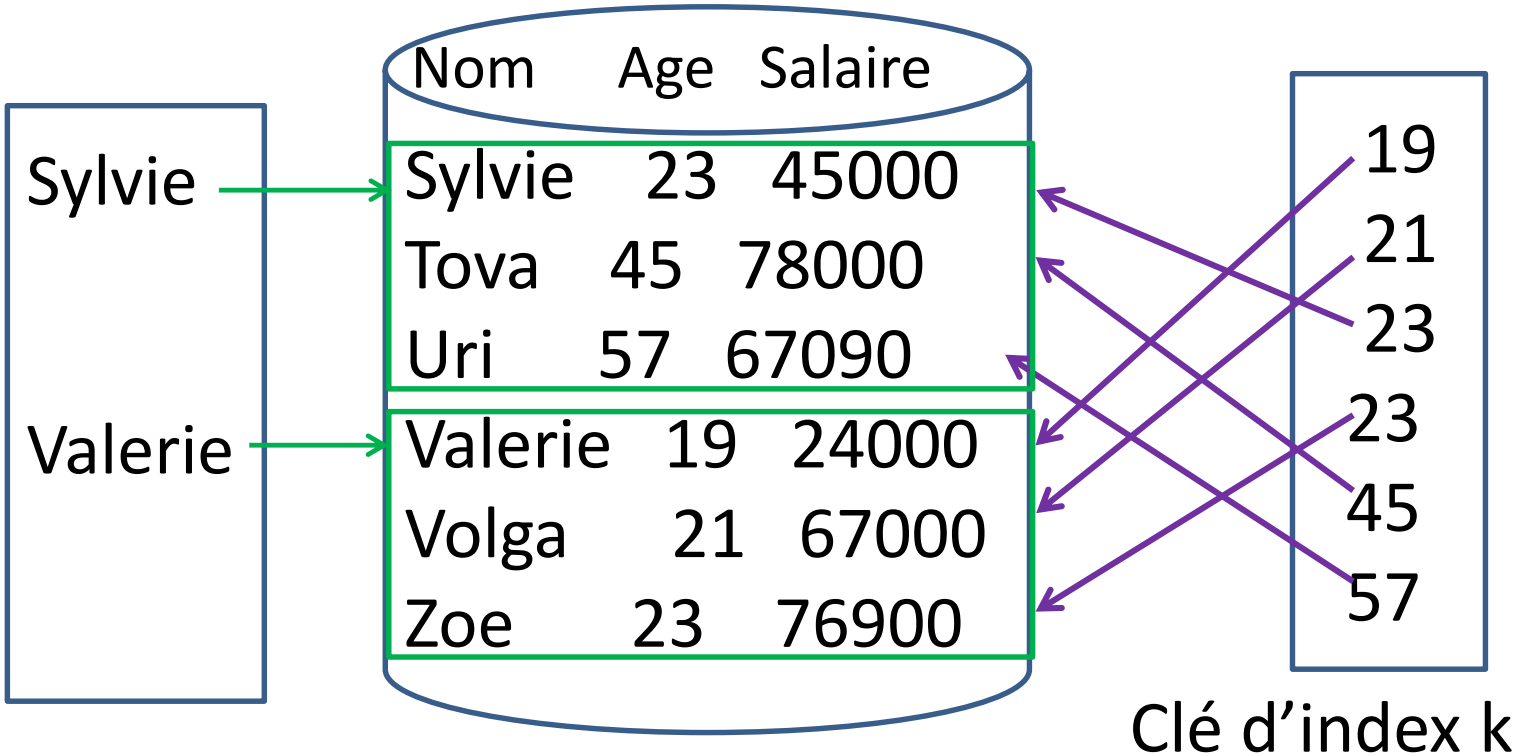
Fichier d'index

Clé d'index k : Age

Index dense et non dense

- Index dense : pour chaque n-uplet du fichier de données il existe une entrée d'index
- Lorsque le fichier d'index lui-même est trop gros on peut l'indexer à son tour (index multi-niveaux)
- Index non dense → index groupant
- |index dense| ≥ |index non dense|
- En chiffres
  - Dans notre exemple
    - Index non dense (Nom) : 200 pages
    - Index dense (Age) : 2 942 pages

Exple : dense (Age), non dense (Nom)



Clé d'index k : Nom (Non dense)

Une valeur par page est dans l'index (toujours la première valeur de la page)

Clé d'index k : Age (dense)

Autant de valeurs dans l'index que dans la base

Structures pour un index

Structures pour un index

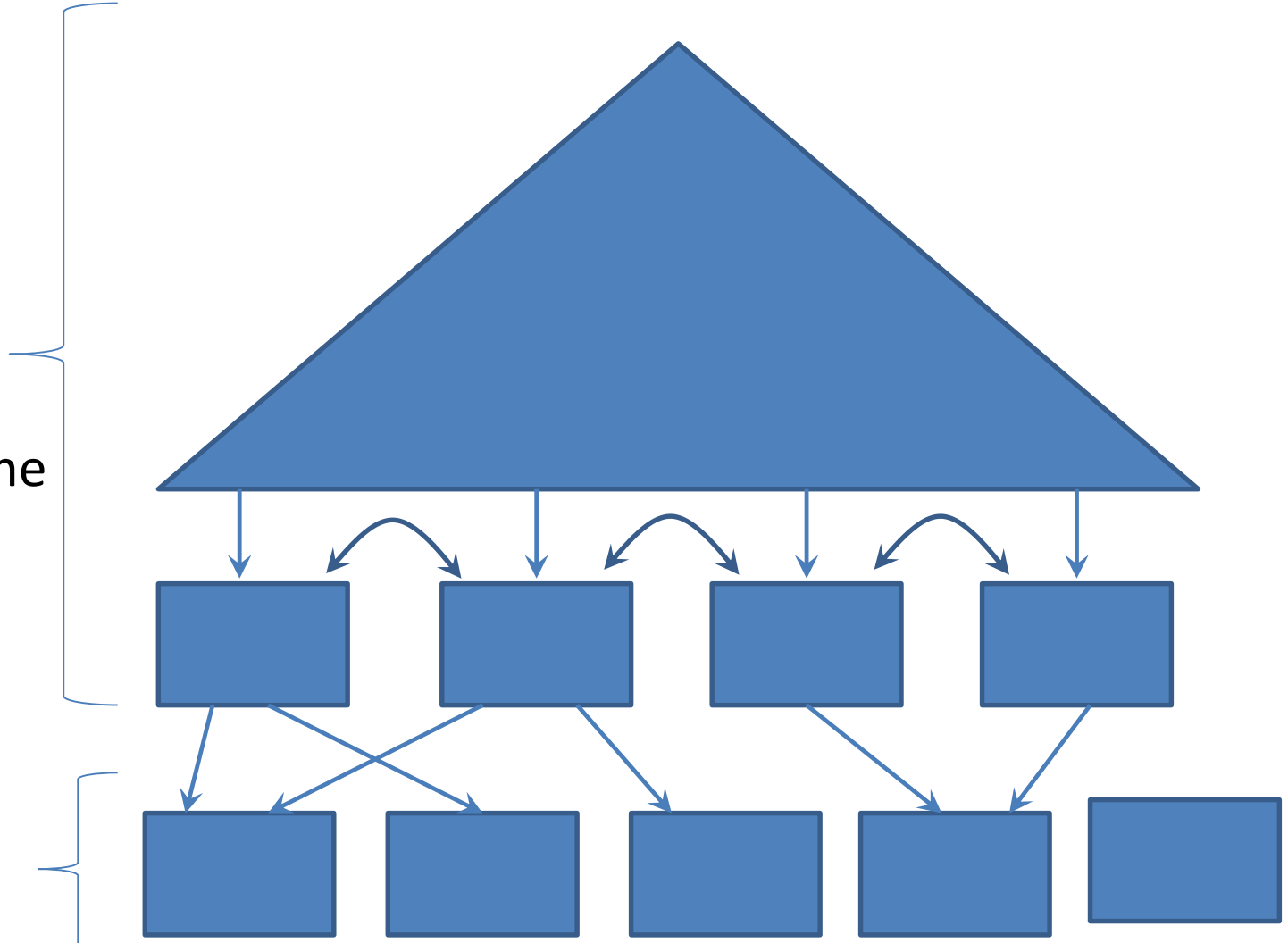
- Un fichier trié
- Index bitmap
  - Considère toutes les valeurs possibles de l'attribut indexé
  - Table de n (nb de valeurs possibles) * l (nb de lignes) bits

  → Très utile si les valeurs de l'attribut sont « catégorisées »
- Une table de hachage
  - Avantage : recherche (=)
  - Typiquement utilisée pour les index uniques (clé primaire)
- Un arbre B
  - Avantage : *range* (intervalles, inégalités)
  - Arbre parfaitement équilibré (*balanced)*
  - *Ordre* d : nombre max d'éléments d'un nœud
  - Ordre de l'arbre lié à la taille de la page
  - Nombre de niveaux (empirique) : 3 à 4

Généralités sur les arbres B

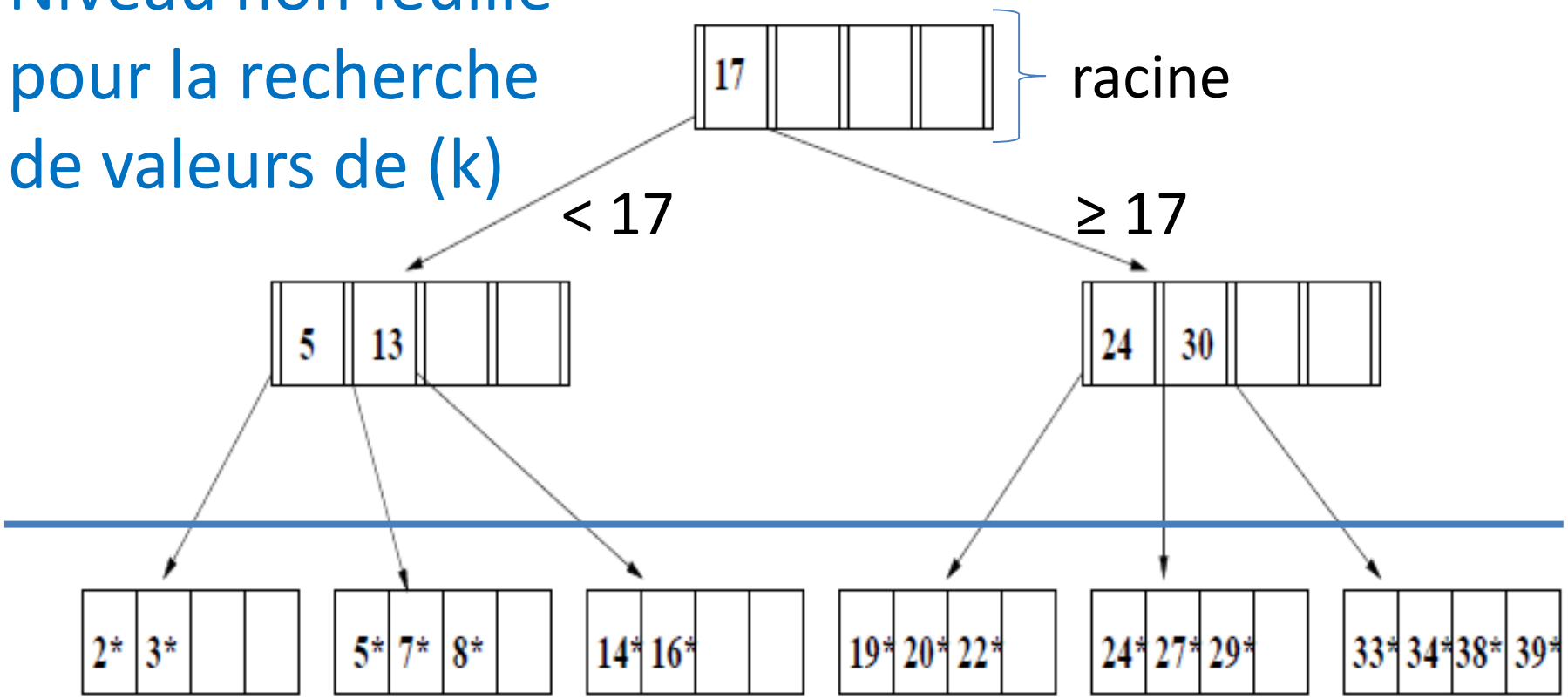
- **Arbre B d'ordre d**
  - Chaque nœud contient k clés triées avec
    - d <= k <= 2d pour les nœuds non racines
    - 1 <= k <= 2d pour la racine
  - Chaque chemin de la racine à une feuille a **la même hauteur**
  - Un nœud est
    - **terminal** (feuille)
    - Ou bien il a **k+1 fils** et les clés du $i^{ème}$ fils ont des valeurs comprises entre les valeurs des $i\text{-}1^{ème}$ et $i^{ème}$ clés du père

Illustration



Exemple

Niveau non feuille pour la recherche de valeurs de (k)



Niveau feuille (k*)

C'est au niveau feuille que l'on accède aux données (elles-mêmes ou à un pointeur vers les données selon le type d'index 1, 2 ou 3)

Principe d'insertion (arbre B) 1/2

- **Insertion dans une feuille**

Recherche de la feuille d'insertion

Si la feuille n'est pas pleine alors l'insérer *à sa place*

Sinon (la feuille a déjà 2d clés)

- Laisser les **d+1** plus petites valeurs dans le nœud
- Créer un nouveau nœud et y placer les **d** plus grandes valeurs
- Remonter la plus petite clé du nouveau nœud dans le nœud père
- Relancer récursivement

Principe d'insertion (arbre B) 2/2

- **Insertion au niveau non feuille**

Analogue au cas feuille **mais**

- les **d** plus petites valeurs restent dans le nœud courant
- les **d** plus grandes dans le nouveau nœud
- et **la valeur médiane** remonte au niveau du père

Principe de suppression (1/2)

Suppression dans une feuille

Si nb clés restantes $\in$ [d,2d]

→Supprimer et tasser

Si nb clés restantes < d

cas 1 : Si 1 voisin a strictement plus de d clés alors

→ Prendre une clé à voisin

→ Mettre à jour les clés du père *On remplace la valeur du père de tout nœud qui a une nouvelle valeur de gauche*

cas 2 : Si voisin a un nb <= d clés

→ prendre toutes ses valeurs et supprimer voisin

→ supprimer la clé du père inutilisée

remplir tjs le nœud le plus à gauche

[si on fusionne avec le voisin de gauche : la fusion se fait dans le voisin sinon dans le nœud courant]

Principe de suppression (2/2)

Suppression dans un nœud non feuille

Si nb clés restantes $\in$[d,2d]

→Supprimer et tasser

Si nb clés restantes < d

Redistribuer les données uniformément en passant par le nœud père

Bulk loading : Création d'un arbre B

- Principe d'insertion à partir des feuilles
- Extraire et trier les clés à insérer dans l'arbre
- Coût majoré par N/P + (N*3*h)
  - N : nb pages du fichier de données
  - P : nb max de données par page
  - H : hauteur de l'arbre

Et les doublons dans un arbre ?

- Lorsqu'une même valeur de clé d'index est présente plusieurs fois, on crée des *pages de débordement*
  - *Stocker les pointeurs vers tous les enregistrements des personnes qui ont 18 ans*
- *Deux stratégies* possibles (dans un arbre)
  - *Débordement par valeur de clé*
    - A chaque nouvelle valeur déjà dans l'arbre, on crée une feuille de débordement dédiée à cette valeur
    - Une feuille pour les personnes de 18 ans, une pour 19, une pour 20…
  - Débordement par *feuille*
    - Toutes les valeurs qui apparaissent au moins deux fois sont insérés ensemble dans des feuilles