Entrepôts de données et analyse en ligne

OLAP (On-Line Analytical Processing)

Bernard ESPINASSE
Professeur à Aix-Marseille Université (AMU)
Ecole Polytechnique Universitaire de Marseille

Mars 2021

- **Introduction et problématique de l'OLAP**
- **Opérations élémentaires OLAP**

Plan

Bibliographie

Ouvrages :

- Benitez-Guerrero E., C. Collet, M. Adiba, « Entrepôts de données : Synthèse et analyse », Rapport de recherche IMAG N°IMAG-RR - 99-1017-I, 1999.
- Franco J-M., « Le Data Warehouse (Le Data Mining) ». Ed. Eyrolles, Paris, 1997. ISBN 2-212-08956-2
- Gardarin G., « Internet/intranet et bases de données », Ed. Eyrolles, 1999, ISBN 2-212-09069-2.
- Han J., Kamber M., « Data Mining: Concepts and Techniques », Morgan Kaufmann Publishers, 2004.
- Kimball R., M. Ross, « Entrepôts de données : guide pratique de modélisation dimensionnelle », 2°édition, Ed. Vuibert, 2003, ISBN : 2-7117-4811-1.
- …

Cours :

- Cours de F. Bentayeb, O. Boussaid, J. Darmont, S. Rabaseda, Univ. Lyon 2
- Cours de P. Marcel, Univ. de Tours
- Cours de G. Gardarin, Univ. de Versailles
- Cours de M. Adiba et M.C. Fauvet, Univ. Grenoble
- …

1 – Introduction et problématique de l'OLAP

- **Entrepôt et OLAP**
- **OLAP versus OLTP**
- **Exemple d'analyses d'un entrepôt**
- **Problématique de l'OPAL**

Entrepôt et OLAP

- **un entrepôt de données (ED) contient des données nombreuses, homogènes, exploitables, multidimensionnelles, consolidées**
- **comment exploiter ces données à des fins d'analyse ?**
  - traditionnellement : les requêtes OLTP sont exécutées sur les données sources
  - l'ED est mis à jour chaque nuit
  - les requêtes OLAP sont exécutées sur les données de l'ED
- **analyser les données d'un ED c'est :**
  - résumer
  - consolider
  - observer
  - appliquer des formules statistiques
  - synthétiser des données selon plusieurs dimensions
  - …

OLAP versus OLTP

OLTP (On Line Transaction Processing) :

- Les applications OLTP sont des applications opérationnelles (de production), constituées de traitements factuels concernant les produits, les ressources ou les clients de l'entreprise
- Les requêtes OLTP sont exécutées sur les données sources

OLAP (On Line Analytical Processing) :

- Les applications OLAP sont des applications d'aide à la décision
- Elles sont constituées de traitements ensemblistes réduisant une population à une valeur ou un comportement.
- Les requêtes OLAP sont exécutées sur l'ED

Le terme OLAP désigne :

- L'ensemble des moyens et techniques à mettre en œuvre pour réaliser des systèmes d'aide à la décision efficaces
- Des traitements semi-automatiques visant à interroger, visualiser et synthétiser les données, traitements définis et mis en œuvre par les décideurs
- **On-Line** :signifie que le processus se fait en ligne, l'utilisateur doit avoir la réponse de façon quasi-instantanée

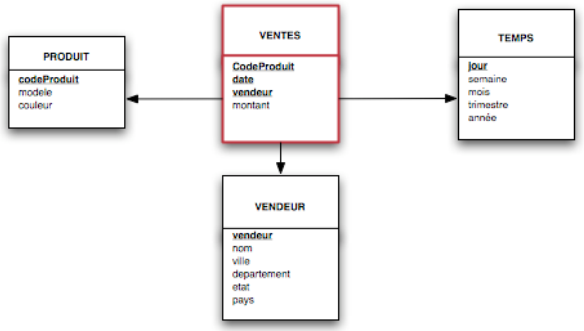
OLTP versus OLAP

	Caractéristiques	OLTP	OLAP
Conception	Orientation	Transaction	Analyse
	Conception	Entité-Relation	Etoile/flocon
Données	Granularité	Détail	Résumées, agrégées
	Nature	Relationnelle	Multidimentionnelle
	Actualisation	Actualisées, mises à jour	Historisées, recalculées
	Taille	100 Mo/Go	100 Go/To
Traitements	Unité de travail	Transaction simple	Requête complexe
	Accés	Lecture/écriture	Lecture
	Nb de tuples accédés	Dizaines	Millions
	Métrique	Débit de transactions	Temps de réponse
Utilisateurs	Utilisateur	Agent opérationnel	Analyste/décideur
	Nombre d'utilisateurs	Milliers	Centaines

Exemple d'entrepôt (1)

Soit l'entrepôt en schéma étoile suivant :

- ventes(codeProduit, date, vendeur, montant) *(table faits)*
- produits(codeProduit, modèle, couleur) *(table dimension)*
- vendeurs(nom, ville, département, état, pays) *(table dimension)*
- temps(jour, semaine, mois, trimestre, année) *(table dimension)*

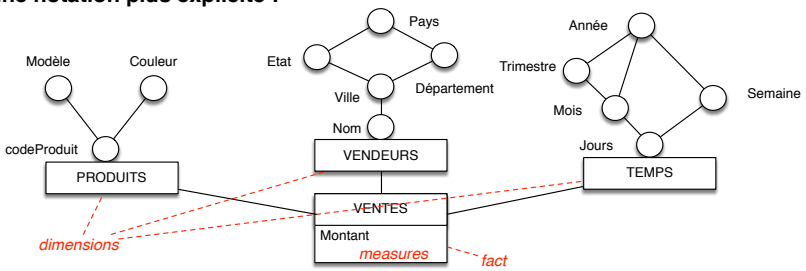


Exemple d'entrepôt (2)

Hiérarchies des dimensions :

- ***Dimension « temps» :***
  - H1 : jour -> mois -> année ;
  - H2 : jour -> mois -> trimestre -> année ;
  - H3 : jour -> semaine -> année ;
- ***Dimension « géographie » :***
  - H1 : vendeur -> ville -> département -> pays
  - H2 : vendeur -> ville -> état -> pays
- ***Dimension « produit » :*** aucune hiérarchie spécifique

Selon une notation plus explicite :



Besoins d'analyse

Analyse des ventes de divers produits

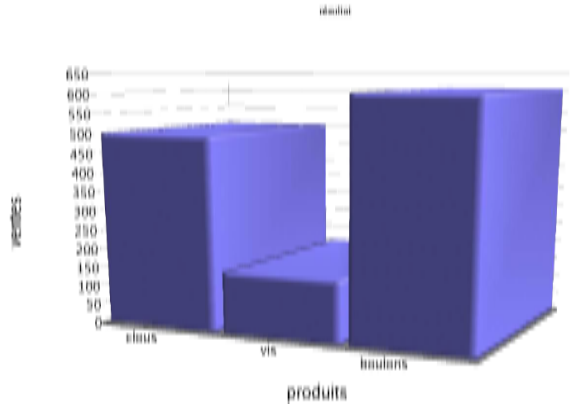
Exemple de questions associées :

- **Quels sont les produits dont les ventes ont chuté l'an dernier?**
- **Quelles sont les quinze meilleures ventes par magasin et par semaine durant le premier trimestre de l'année 2001?**
- **Quelle est la tendance des chiffres d'affaire (CA) par magasin depuis 3 ans?**
- **Quelles prévisions peut-on faire sur les ventes d'une catégorie de produits dans les 6 mois à venir ?**

Exemple d'analyse (1)

⇨ **Analyse des ventes de divers produits :**

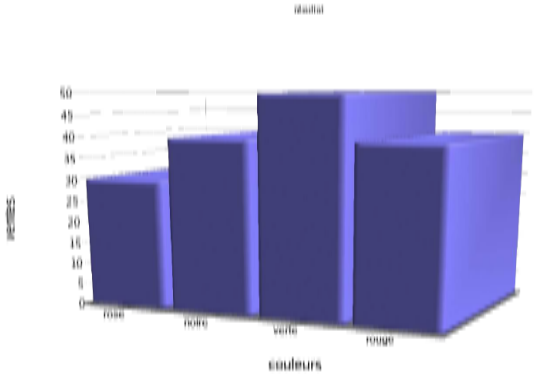
```
SELECT modele, SUM(montant)
FROM ventes, produits
WHERE ventes.codeProduit = produits.codeProduit
GROUP BY modele ;
```



Exemple d'analyse (2)

⇨ Les ventes de vis sont plus faibles que prévu... **quelles couleurs sont-elles responsables** ?

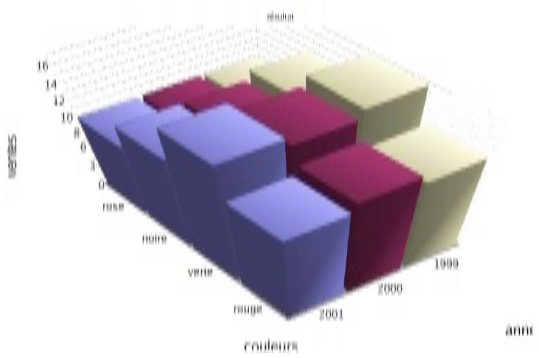
```
SELECT couleur, SUM(montant)
FROM ventes, produits
WHERE ventes.codeProduit = produits.codeProduit
     AND modele = "vis"
GROUP BY couleur ;
```



Exemple d'analyse (3)

⇨ Les ventes de vis sont plus faibles que prévu... **quelles années sont-elles responsables ?**

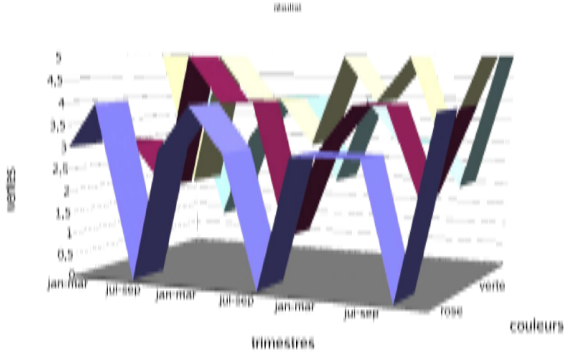
```
SELECT couleur, annees, SUM(montant)
FROM ventes, produits, temps
WHERE ventes.codeProduit = produits.codeProduit
     AND ventes.date = temps.jour
     AND modele = "vis"
GROUP BY couleur, annees ;
```



Exemple d'analyse (4)

⇨ Les ventes de vis sont plus faibles que prévu... **Quels trimestres sont-ils responsables ?**

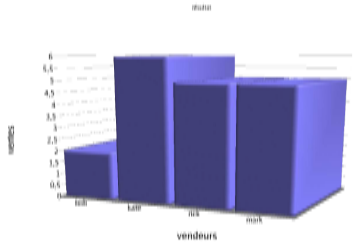
```
SELECT couleur, trimestre, SUM(montant)
FROM ventes, produits, temps
WHERE ventes.codeProduit = produits.codeProduit
     AND ventes.date = temps.jour
     AND modele = "vis"
GROUP BY couleur, trimestre ;
```



Exemple d'analyse (5)

⇨ Les ventes de vis sont plus faibles que prévu... **Quels vendeurs sont-ils responsables ?**

```
SELECT vendeur, somme
FROM(
     SELECT trimestre, vendeur, SUM(montant) as somme
     FROM ventes, produits, temps, vendeur
     WHERE ventes.codeProduit = produits.codeProduit
         AND ventes.date = temps.jour
         AND ventes.vendeur = vendeurs.nom
         AND modele = "vis"
     GROUP BY trimestre, vendeur)
 WHERE trimestre = "jui-sep";
```



Exemple de traitements (6)

⇨ Quels sont les résultats cumulés des vendeurs par mois ?

```
SELECT vendeur, mois, CSUM(resultat,vendeur,mois) as cumul
FROM (
     SELECT vendeur, mois, Sum(montant) as resultat
     FROM ventes, produits, temps
     WHERE ventes.codeProduit = produits.codeProduit
         AND ventes.date = temps.jour
         AND modele = "vis"
         AND couleur = "rose"
     GROUP BY mois, vendeurs)
 ORDER BY mois ;
```

⇨ Quelle est l'évolution de la moyenne des ventes pour une fenêtre de 2 jours ?

```
SELECT date, montant, MAVG(montant,2,date) as moy
FROM ventes, temps
WHERE ventes.date = temps.jour
     AND annee = 2001
ORDER BY date ;
```

Problématique de l'OLAP

- **Supporter des opérations "tableur" sur des BD de plusieurs Go** (Chaudhuri et Dayal 97)
- **Besoins spécifiques :**
  - langages de manipulation
  - organisation des données
  - fonctions d'agrégation
  - …
- **Organisation des données proche des abstractions de l'analyste :**
  - selon plusieurs dimensions
  - selon différents niveaux de détail
  - en ensemble
  - donnée = point dans l'espace associé à des valeurs

De la table … au cube

De la table …

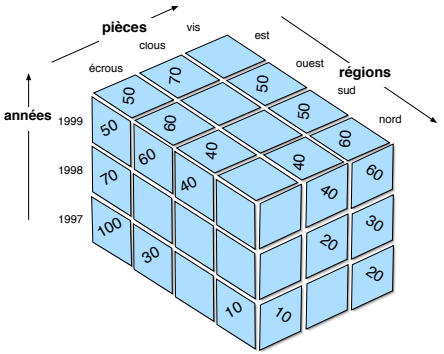
Table Ventes :

VENTES	pièces	Régions	Années	quantités
	écrous	est	1999	50
	clous	est	1997	100
	vis	ouest	1998	50
	…	…	…	…
	écrous	est	total	220
	…	…	…	…
	écrous	total	total	390
	…	…	…	…
	total	total	total	1200

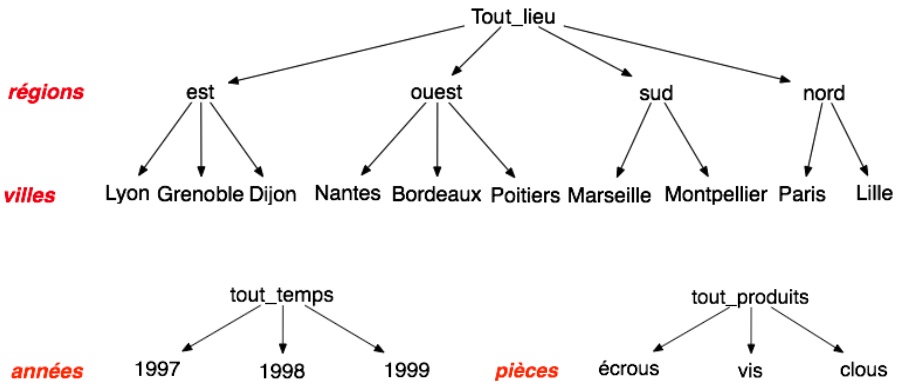
(pièce, région, année) → quantité

… au cube

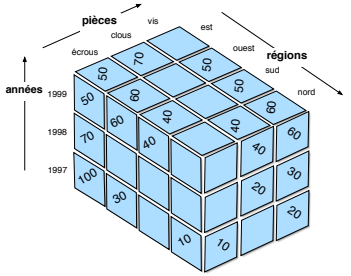
Cube Ventes :



Hiérarchies de granularité



Terminologie autour du cube …



Terme	Valeur
Cube	Ventes
Cellule	ecrous, est, 1997, 100
Référence	ecrous, est, 1997
mesure	100
Membre/paramètre	est
dimension	lieu
niveau	région

2 – Opérations élémentaires OLAP

- **Catégories d'opérations OLAP**
- **Opérations de restructuration : rotate, switch, split, nest, push, pull**
- **Opérations de granularité : roll-up, drill-down**
- **Opérations ensemblistes : slide, dice, jointure(drill-across), data cube**
- **Modèles et langages pour l'OLAP**
- **Les règles de Codd pour les produits OLAP**
- **Problématique de la modélisation logique d'un ED**

Catégories d'opérations OLAP

3 catégories d'opérations élémentaires :

Restructuration : concerne la représentation, permet un changement de points de vue selon différentes dimensions : opérations liées à la structure, manipulation et visualisation du cube :

- **Rotate/pivot**
- **Switch**
- **Split, nest, push, pull**

Granularité : concerne un changement de niveau de détail : opérations liées au niveau de granularité des données :

- **roll-up,**
- **drill-down**

Ensembliste : concerne l'extraction et l'OLTP classique :

- **slice, dice**
- **selection**
- **projection**
- **jointure (drill-across)**

1 - Opérations de restructuration

Permettent un changement de points de vue, une réorientation selon différentes dimensions de la vue multidimensionnelle

Opérations liées à la structure, la manipulation et la visualisation du cube :

- **réorientation :**
  - sélection graphique
  - flexibilité du schéma
  - membres complexes
  - symétrie membres/mesures
- **manipulations :**
  - bijectives
  - relatives
  - à niveau d'information constant

Opérations de restructuration :

- **rotate/pivot**
- **switch**
- **split, nest, push, pull**

1 - Opérations de restructuration

Rotate ou Pivot :

- effectuer à un cube une **rotation autour d'un de ses trois axes passant par le centre de 2 faces opposées**, de façon à présenter un ensemble de faces différent
- une sorte de **sélection de faces** et non des membres.

Switch ou permutation **:**

- consiste à **inter-changer** la **position** des **membres** d'une **dimension**.

Split ou division **:**

- consiste à **présenter chaque tranche du cube** et de passer d'une présentation tridimensionnelle d'un cube à sa présentation sous la forme d'un **ensemble de tables**
- sa généralisation permet de **découper un hypercube** de dimension 4 **en cubes**.

Nest ou l'emboîtement **:**

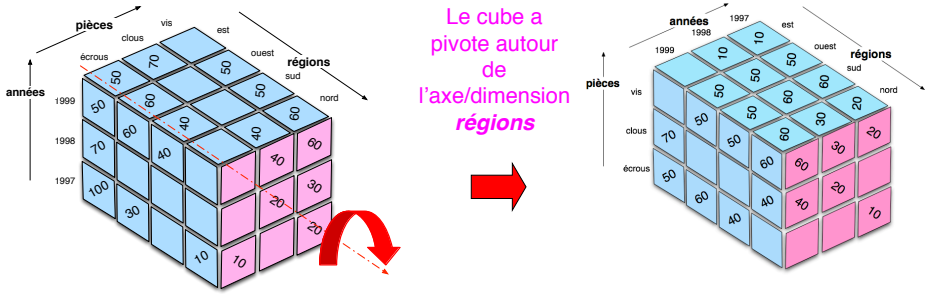
- **imbrication des membres à partir du cube**.
- Permet de grouper sur une même représentation bi-dimensionnelle toutes les informations (mesures et membres) d'un cube quelque soit le nombre de ses dimensions.

Push ou l'enfoncement **:**

- consiste à **combiner les membres d'une dimension** aux mesures du cube, i.e. de faire passer des membres comme contenu de cellules.

Opérations de restructuration : rotate/pivot

Rotate/pivot : effectue au cube une rotation autour d'un de ses 3 axes passant par le centre de 2 faces opposées, de façon à présenter un ensemble de faces différent (sélection de faces)



Le cube a pivoté autour de l'axe/dimension ***régions***

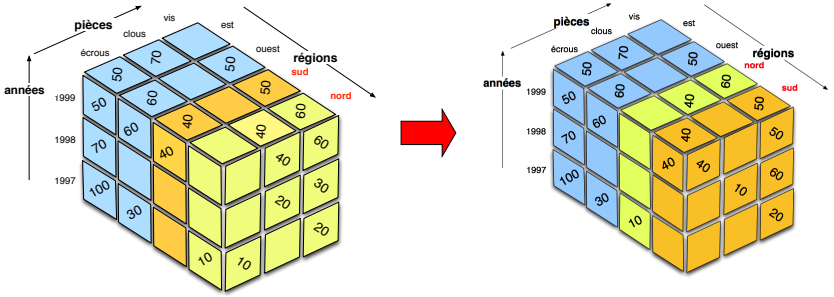
la visualisation résultante est souvent 2D :

nord	1999	1998	1997
vis	60	30	20
clous	40	20	
écrous			10

vis	1999	1998	1997
est		10	10
ouest	50	50	50
sud	50	60	60
nord	60	30	20

Opérations de restructuration : switch

Switch ou permutation **:** consiste à interchanger la position des membres d'une dimension :



Ici sont interchangés les membres *nord* et *sud* de la dimension *régions*

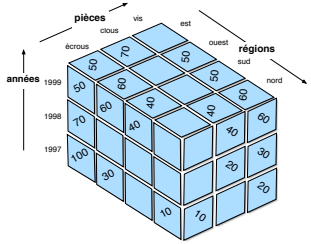
la visualisation résultante est souvent 2D :

nord	1999	1998	1997
vis	60	30	20
clous	40	20	
écrous			10

sud	1999	1998	1997
vis	50	60	60
clous		10	
écrous	40	20	

Opérations de restructuration : split

Split ou division : consiste à présenter chaque tranche du cube et de passer de sa présentation tridimensionnelle à sa présentation sous la forme d'un ensemble de tables.



ici un **split(region)** du cube Ventes conduit aux 4 tables suivantes :

ventes est	1999	1998	1997
écrous	50	70	100
vis		10	10
clous	70	70	100

ventes ouest	1999	1998	1997
écrous		10	30
vis	50	50	50
clous		10	40

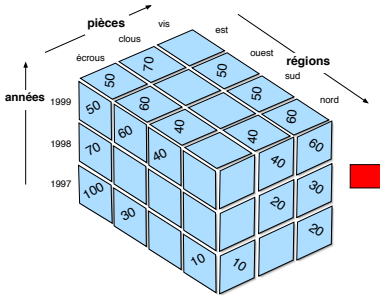
ventes sud	1999	1998	1997
écrous	40	20	
vis	50	60	60
clous		10	

ventes nord	1999	1998	1997
écrous			10
vis	60	30	20
clous	40	20	

Opérations de restructuration : nest

Nest ou l'emboîtement: permet d'imbriquer des membres à partir du cube. L'intérêt de cette est qu'elle permet de grouper sur une même représentation bi-dimensionnelle toutes les informations (mesures et membres) d'un cube quelque soit le nombre de ses dimensions.

nest(pièces, région) :

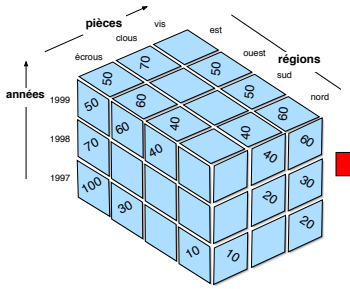


ventes nest		1999	1998	1997
écrous	est	50	70	100
	ouest		10	30
	nord			10
	sud	40	20	
vis	est		10	10
	ouest	50	50	50
	nord	60	30	20
	sud	50	60	60
clous	est	70	70	100
	ouest		10	40
	nord	40	20	
	sud		10	

Opérations de restructuration : push

Push ou l'enfoncement: consiste à combiner les membres d'une dimension aux mesures du cube, i.e. de faire passer des membres comme contenu de cellules.

push(année) :



ventes push	est	ouest	nord	sud
écrous	1999 50 1998 70 1997 100	1998 10 1997 30	1997 10	1999 40 1998 20
vis	1998 10 1997 10	1999 50 1998 50 1997 50	1999 60 1998 30 1997 20	1999 50 1998 60 1997 60
clous	1999 70 1998 70 1997 100	1998 10 1997 40	1999 40 1998 20	1998 10

1 - Opérations de granularité

Granularité :

- hiérarchisation de l'information en différents niveaux de détails appelés **niveaux de granularité**.
- un niveau est un ensemble nommé de **membres**
- le **niveau le plus bas est celui de l'entrepôt**

Des opérations **d'agrégation successives** sur ces données permettent **de nouveaux points de vue de moins en moins détaillés de l'information** et constituent autant de **niveaux supérieurs** :

- **navigation entre les niveaux :**
  - groupements
  - agrégation
- **manipulations :**
  - relatives
  - nécessitant des informations non contenues dans le cube de départ

1 - Opérations de granularité

Opérations de granularité :

- **roll-up,**
- **drill-down**

Les opérations agissant sur la granularité d'observation des données caractérisent la hiérarchie de navigation entre les différents niveaux.

Roll-up ou forage vers le haut :

- consiste à **représenter** les **données** du **cube** à un **niveau de granularité supérieur** conformément à la **hiérarchie définie sur la dimension**.
- une **fonction d'agrégation** (somme, moyenne, etc) en **paramètre** de **l'opération** indique **comment sont calculés les valeurs du niveau supérieur** à partir de celles du niveau inférieur

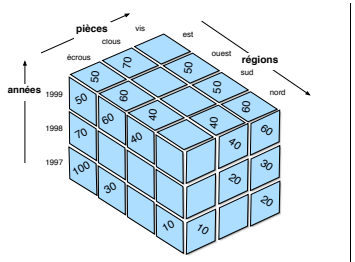
Drill-down ou forage vers le bas :

- consiste à **représenter** les **données** du **cube** à un **niveau de granularité de niveau inférieur**, donc sous une forme **plus détaillée** (selon la hiérarchie définie de la dimension)

Opérations de granularité : roll-up

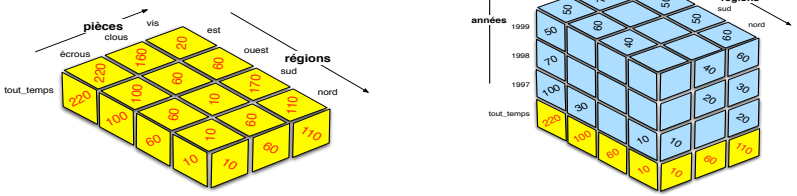
Roll-up ou forage vers le haut: consiste à représenter les données du cube à un niveau de granularité supérieur conformément à la hiérarchie définie sur la dimension.

Soit :



Opérations de granularité : roll-up

roll-up(annee) : Ventes 97-99



roll-up(annees, pieces) : la visualisation est souvent 2D :

nord	1999	1998	1997	tout_temps
vis	60	30	20	110
clous	40	20		60
écrous			10	10
tout_produit	100	50	30	180

Remarque : une fonction d'agrégation (somme, moyenne, …) en paramètre de l'opération indique comment sont calculés les valeurs du niveau supérieur à partir de celles du niveau inférieur

Opérations de granularité : roll-up/cube

l'opération **CUBE** (représentation cubique généralisée du roll-up) consiste à calculer tous les agrégats suivant tous les niveaux de toutes les dimensions :

- **L'union de plusieurs group-by donne naissance à un cube :**

```
Select  ALL, ALL, ALL, Sum(quantité)
From VENTES
UNION Select  pièces, ALL, ALL, Sum(quantité)
From VENTES
Group-By pièces ;
UNION
Select  pièces, années, ALL, Sum(quantité)
FromVENTES
Group-Bypièces, années;
UNION
Select  pièces, années, régions, Sum(quantité)
From VENTES
Group-By pièces, années, régions;
```

- L'opérateur cube est une **généralisation N-dimensionnelle de fonctions d'agrégations** simples. **C'est un opérateur relationnel** :

```
Select  pièces, années, régions, Sum(quantité Ventes)
FromVENTES
Group-By CUBE pièces, années, régions;
```


Opérations de granularité : drill-down (1)

Drill-down ou forage vers le bas : consiste à représenter les données du cube à un niveau de granularité de niveau inférieur, donc sous une forme plus détaillée.

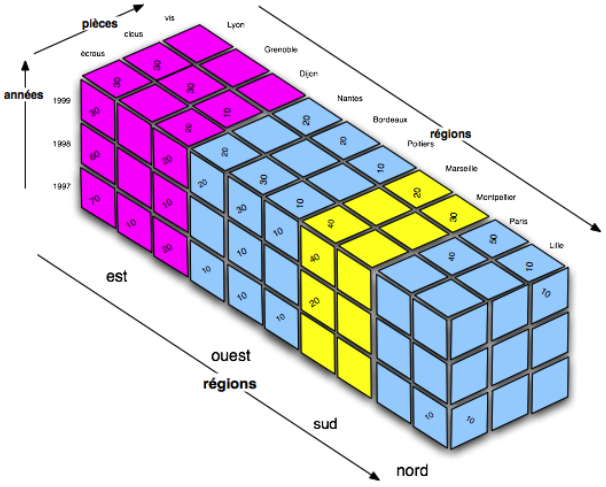
- opération **réciproque de roll-up**, drill-down permet d'**obtenir des détails sur la signification d'un résultat** en affinant une dimension ou en ajoutant une dimension
- opération **coûteuse** d'où son intégration dans le système

Exemple : un chiffre d'affaire suspect pour un produit donné :

- ajouter la dimension temps : envisager l'effet week-end
- ajouter la dimension magasin: envisager l'effet géographique

Opérations de granularité : drill-down (2)

Drill-down du niveau des régions au niveau villes : Drill-down(regions) :



Opérations ensemblistes

Objet des opérations ensemblistes :

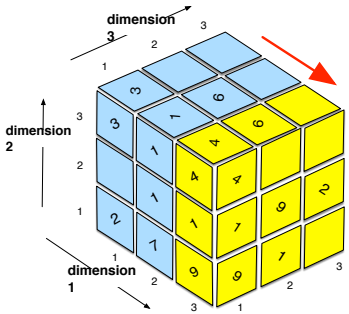
- concernent l'extraction
- manipulations classiques
- extension à plusieurs dimensions

Opérations OLAP ensemblistes :

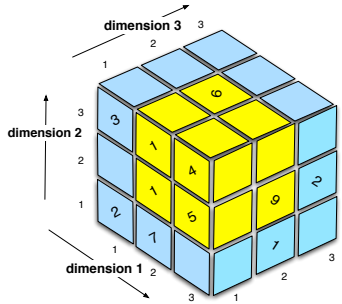
- **slice et dice (sélection et projection)**
- **drill-across (jointure)**

Opérations ensemblistes : slide et dice

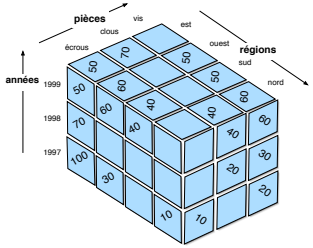
slide : correspond à une **projection** selon une dimension du cube :



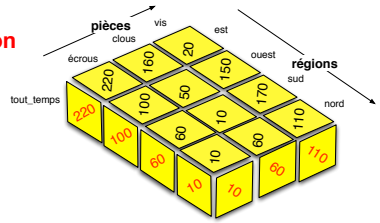
dice : correspond à une **sélection** du cube :



Opérations ensemblistes : slide (projection)



projection



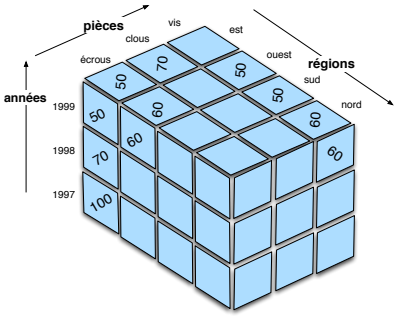
π piece, region :

ventes 97-99	est	ouest	sud	nord
écrous	220	100	60	10
clous	160	50	10	60
vis	20	150	170	110

Opérations ensemblistes : dice (sélection)

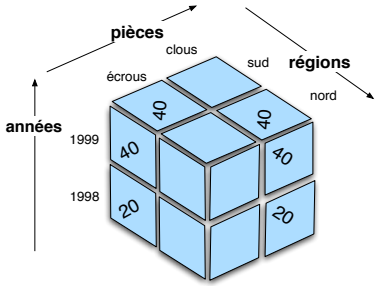
Selection 1

vente ≥ 50



Sélection 2

(regions = nord ou regions = sud) et (pieces = clous ou pieces = ecrous) et (annees = 1998 ou années = 1999)



Opérations ensemblistes : jointure (drill-across)

ventes 97-99 ⋈

prix	97-99
écrous	1
clous	0.7
vis	0.8

=

ventes 97-99	est	ouest	sud	nord
écrous	220 1	100 1	60 1	10 1
clous	160 0.7	50 0.7	10 0.7	60 0.7
vis	20 0.8	150 0.8	170 0.8	110 0.8

Exemple de traitements OLAP

- Quels sont les 10 produits les plus performants ?
- Quels sont les 20 produits les moins performants ?
- Calculer la moyenne glissante des ventes par région et par pièces, pour une fenêtre de 2 années …
- Calculer les prévisions de ventes pour les années 2000 à 2002 avec comme hypothèse un accroissement annuels des ventes de 10% …
- …

Langages pour OLAP : SQL ou MDX

2 langages possibles :

1. SQL étendu (Extensions de SQL-3 / SQL-99 pour OLAP) :

- Nouvelles fonctions SQL d'agrégation: *Rank, N_tile, …*
- Nouvelles fonctions de la clause GROUP BY :
  - *ROLLUP equivalent to "control breaks"*
  - *CUBE equivalent to "cross tabulation"*
  - *GROUPING SETS equivalent to multiple GROUP BYs*
- Fenêtre glissante :
  - *WINDOWS/OVER/PARTITION, …*

2. MDX (Multi Dimensional eXpression) :

- langage de requêtes OLAP
- inventé par Mosha Pasumansky au sein de Microsoft
- présenté en 1997 comme volet de la spécification OLE DB for OLAP (ODBO)
- version commerciale Microsoft OLAP Services 7.0 en 1998
- dernière version de la spécification OLE DB for OLAP en 1999