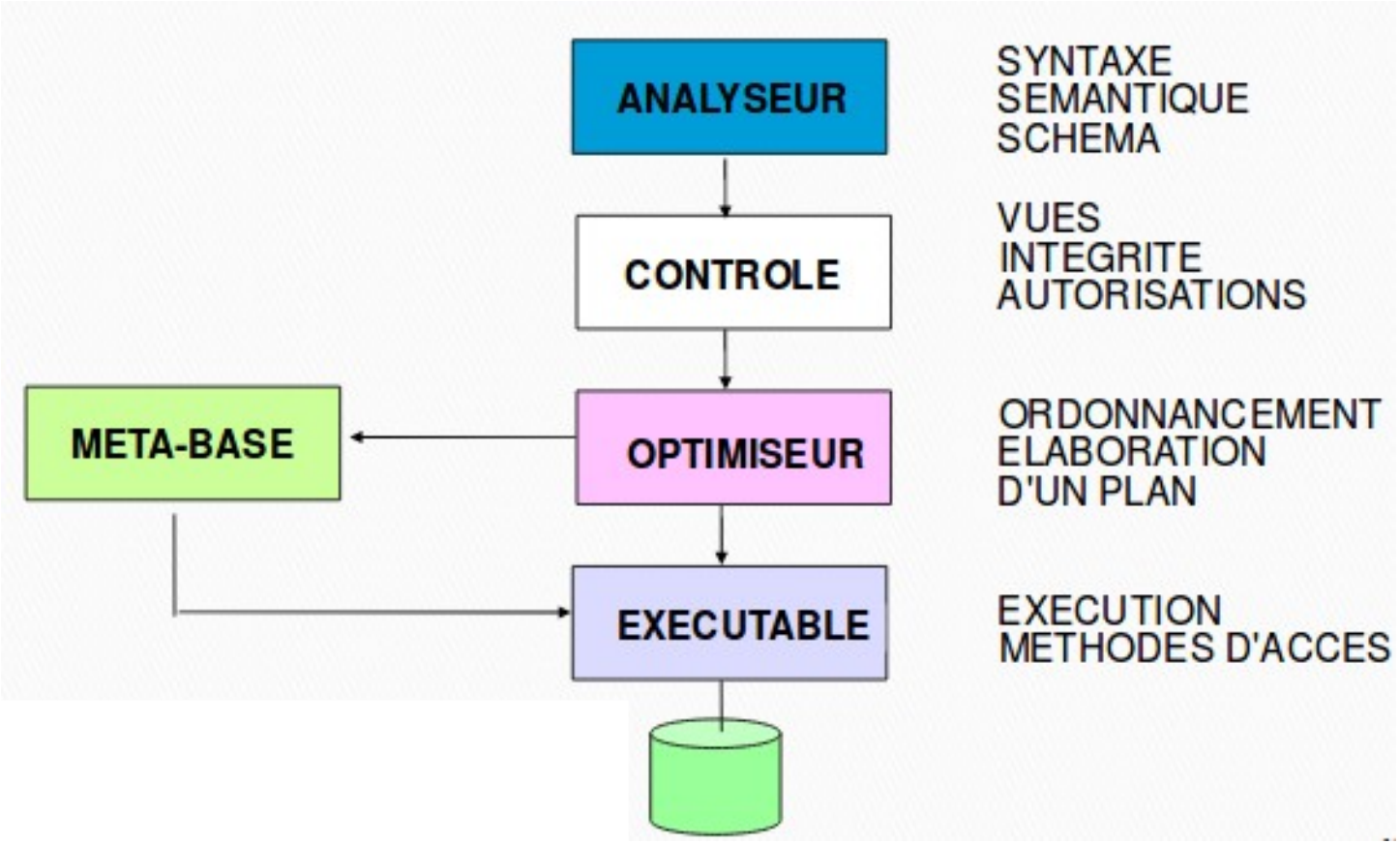
Entrepôts de Données et Big Data - HAI708I

Optimisation de Requête

Référence : cours de Serge Abiteboul

Architecture type d’un SGBD



Pourquoi on s'intéresse à l'optimisation ?

- **Volume de données (>~1000 lignes)**
- **Requêtes consommatrices de temps et de ressources**
- **Optimisation = tâche du SGBD**

- **Mais**
  - requête mal écrite
    ➡ mauvaise optimisation
  - possibilité d'influer sur l'optimisation faite par le SGBD
    ➡ meilleure optimisation

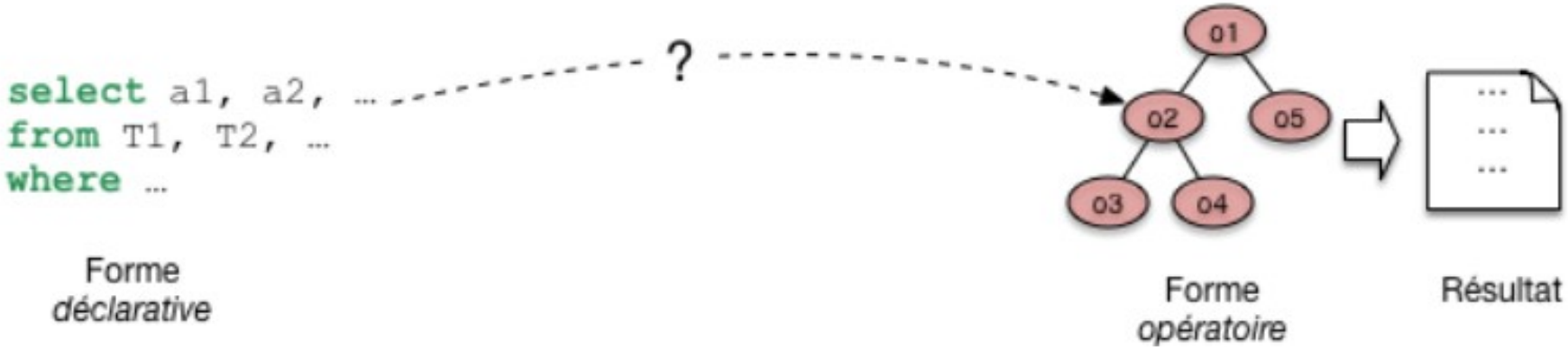
➡ **Nécessité de comprendre les mécanismes de l'optimisation de requêtes**

Les bonnes pratiques pour écrire une requête

- **Index non utilisé si :**
  - fonction ou d'opérateur utilisés sur une colonne indexée
  - comparaison des colonnes indexées avec la valeur null
- **Éviter les opérations inutiles**
  - le select *
  - le tri
  - filtre sur les données le plus tôt possible dans le cas de requêtes imbriquées et de jointures
- **Favoriser les opérations les moins coûteuses**
  - Favoriser les UNION/UNION ALL aux OR
  - Favoriser le EXISTS par rapport au IN lorsque la liste à parcourir est issue d'une sous-requête et pas d'une liste statique
  - Attention au IN/NOT IN lorsqu'il y a des valeurs nulles : il ne peut pas les comparer et considère qu'elles n'existent pas.

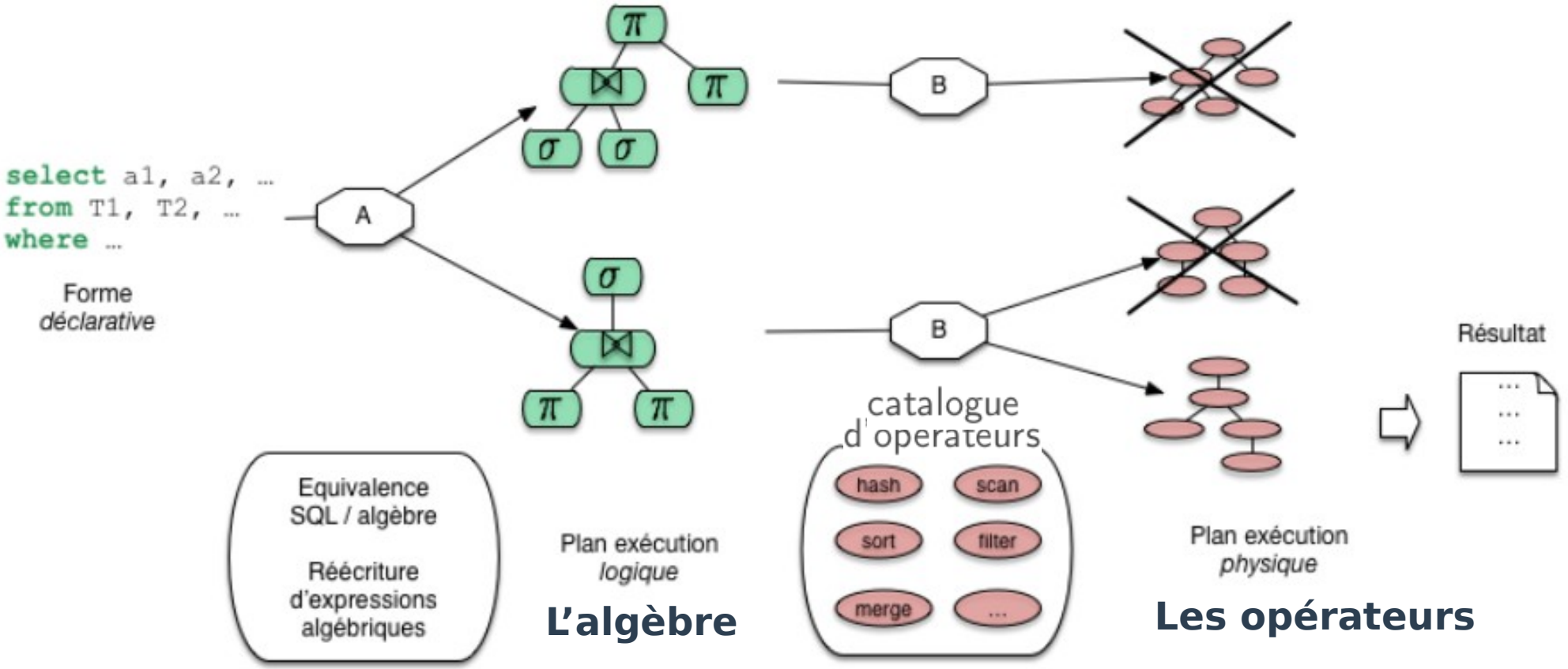
Qu’est-ce que « optimiser » ?

- **Requête SQL déclarative : elle ne dit pas comment calculer le résultat.**
- **Besoin d’un programme : le plan d’exécution = arbre constitué d’opérateurs**



Qu’est-ce que « optimiser » ?

- **Deux étapes pour obtenir le plan d’exécution**



- **À chaque étape, plusieurs choix : le SGBD les évalue et choisit le « meilleur »**

Un exemple

- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL

```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```

2 sélections
1 jointure
1 projection

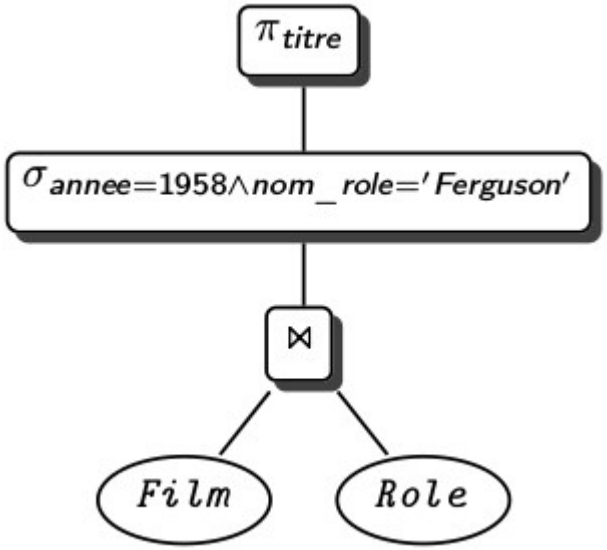
Un exemple

- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique (l'algèbre)**

$$\pi_{titre}(\sigma_{annee=1958 \wedge nom\_role='\text{Ferguson}'}(Film \bowtie_{id=id\_film} Role))$$

```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```



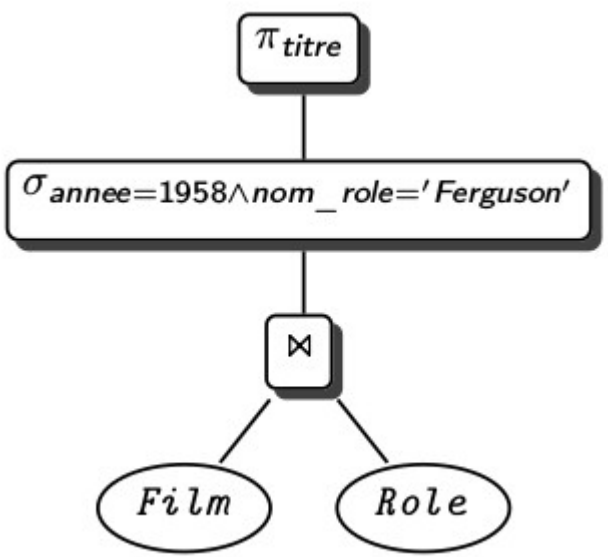
2 sélections
1 jointure
1 projection

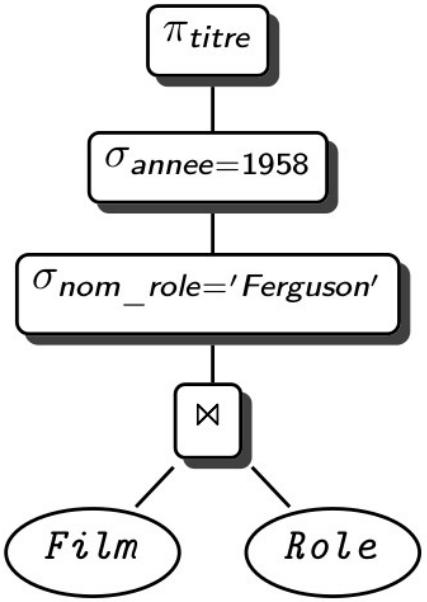
Un exemple

- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique (l'algèbre)**

```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```



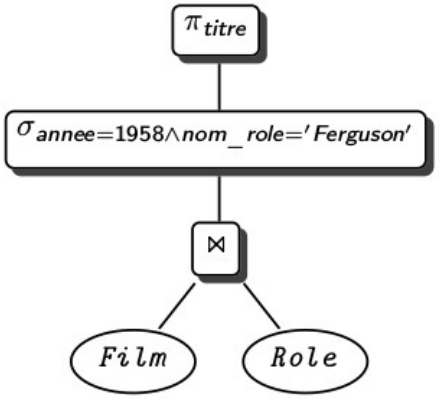


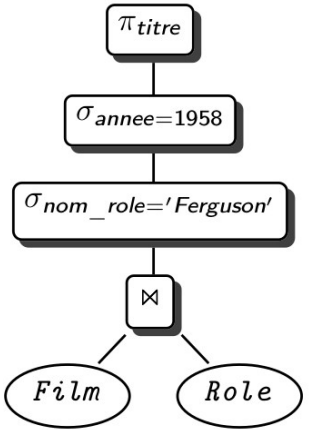
Un exemple

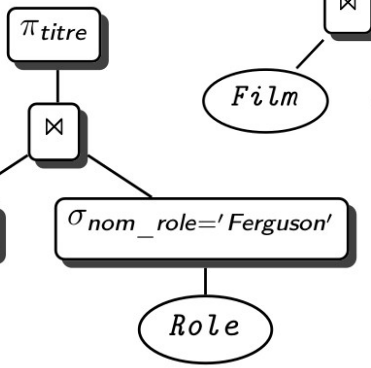
- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique (l'algèbre)**

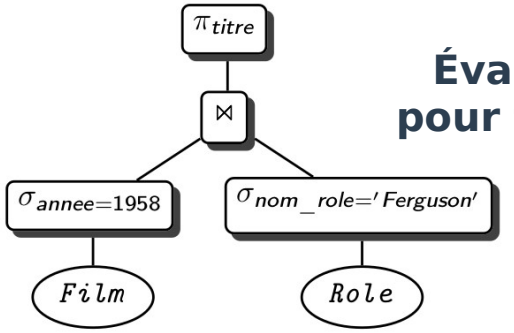
```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```







Plusieurs écritures possibles ⬅ **Évaluation des coûts pour trouver le meilleur plan logique**

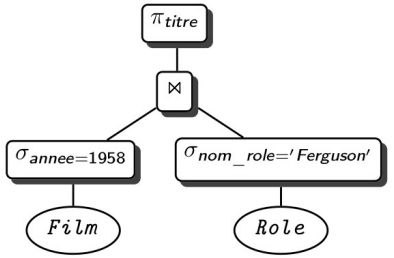


Un exemple

- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique (l'algèbre)**

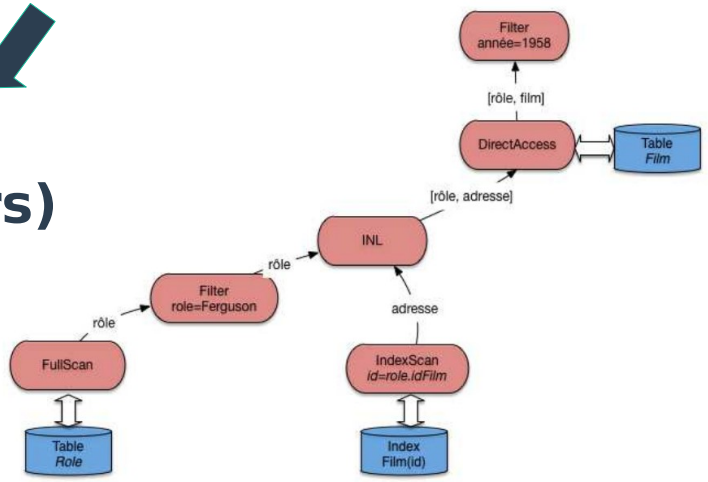
```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```



Plan d'exécution physique (opérateurs)

Un opérateur = une opération

Plusieurs algorithme par opération

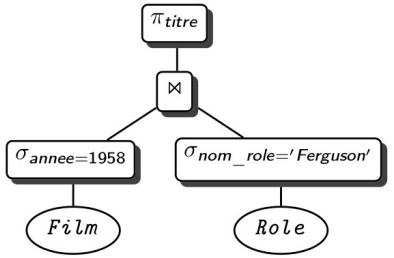


Un exemple

- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique (l'algèbre)**

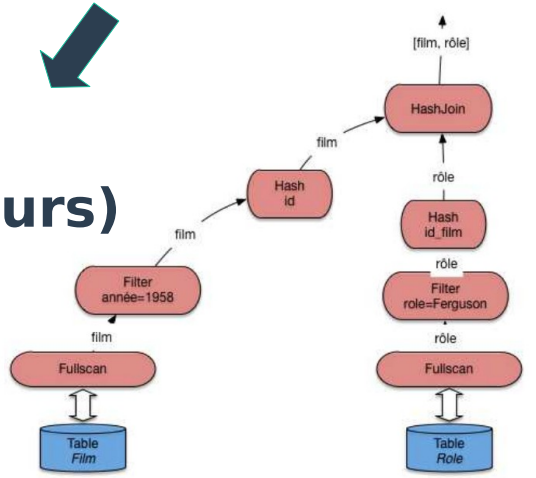
```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```



Plan d'exécution physique (opérateurs)

Un opérateur = une opération

Plusieurs algorithme par opération



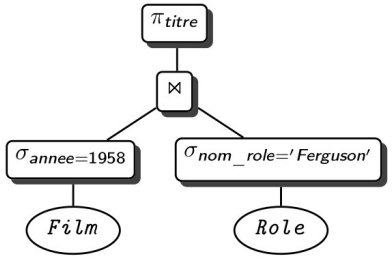
Plusieurs plan possibles

Un exemple

- **Titre des films parus en 1958, où l'un des acteurs joue le rôle de John Ferguson.**

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique (l'algèbre)**

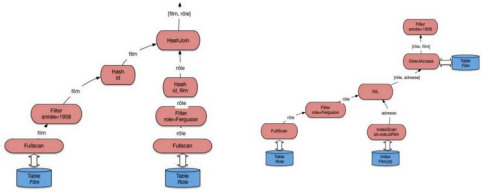
```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```



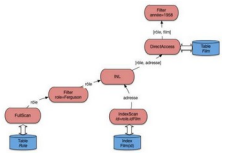
Plan d'exécution physique (opérateurs)

Un opérateur = une opération

Plusieurs algorithme par opération



Plusieurs plan possibles ➡ **Évaluation des coûts pour trouver le meilleur plan physique**

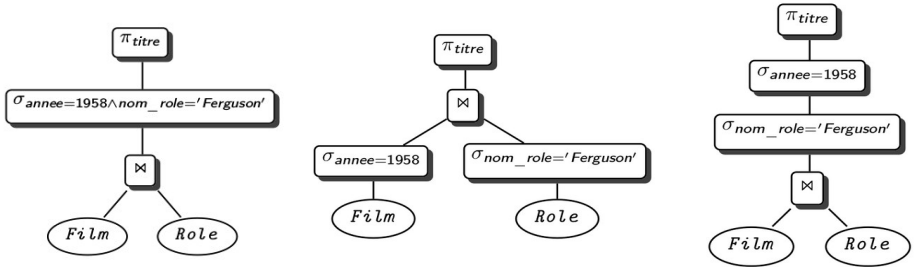


Le rôle de l'optimiseur

Trouver les expressions équivalentes

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique - PEL (l'algèbre)**

```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```

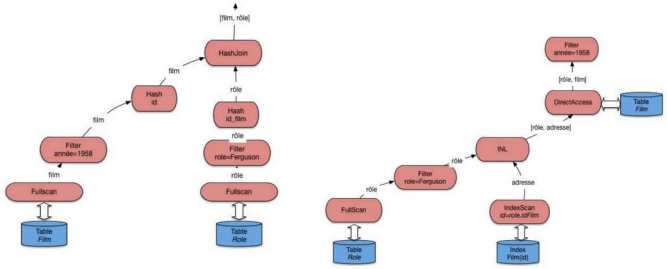


Choisir le bon algorithme pour chaque opération

Plan d'exécution physique – PEP (opérateurs)

Un opérateur = une opération

Plusieurs algorithme par opération

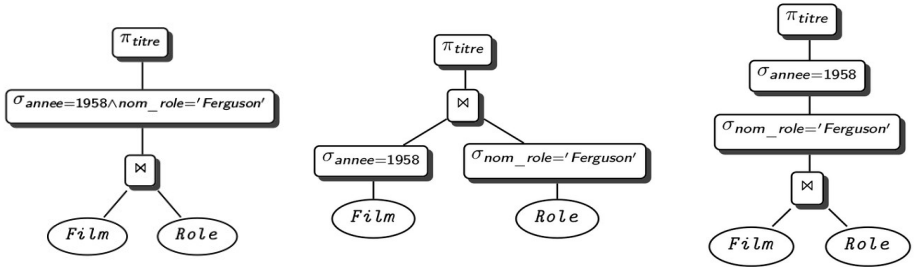


Le rôle de l'optimiseur

Trouver les expressions équivalentes

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique - PEL (l'algèbre)**

```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```

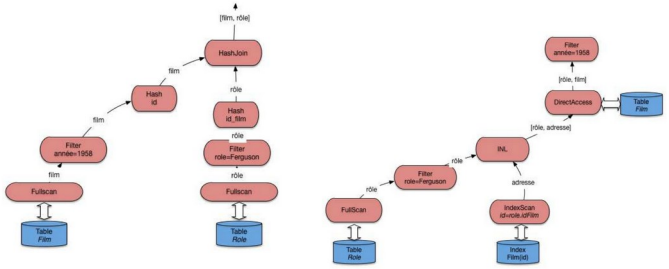


Choisir le bon algorithme pour chaque opération

Plan d'exécution physique – PEP (opérateurs)

Un opérateur = une opération

Plusieurs algorithme par opération



Le rôle de l’optimiseur : la réécriture algébrique (PEL)

- **Problème :**
  - suivant l'ordre des opérateurs algébriques dans un arbre, le coût d'exécution est diffèrent

- **Pourquoi?**
  - le coût des opérateurs varient en fonction du volume des données traitées : plus le nombre de n-uplets des relations traitées est petit, plus les coûts cpu et d'E/S sont minimisés
  - certains opérateurs diminuent le volume des données (restriction, projection, …)

➡ **Restructuration algébrique**

Le rôle de l'optimiseur : la réécriture algébrique (PEL)

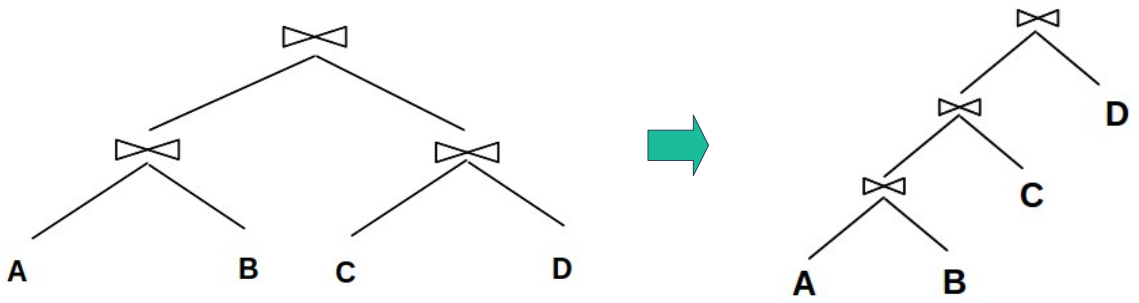
- **Trouver les expressions équivalentes**
  - l'algèbre permet d'obtenir une version opératoire de la requête
  - les équivalences algébriques permettent d'explorer un ensemble de plans
  - l'optimiseur évalue le coût (entrée / sortie) de chaque plan : différentes fonctions / modèles de coût existantes

Exemples de règles de réécriture

1. **Commutativité des jointures** : $R \bowtie S \equiv S \bowtie R$
2. **Regroupement des sélections** : $\sigma_{A='a' \wedge B='b'}(R) \equiv \sigma_{A='a'}(\sigma_{B='b'}(R))$
3. **Commutativité de σ et de π** : $\pi_{A_1,A_2,\ldots A_p}(\sigma_{A_i='a'}(R)) \equiv \sigma_{A_i='a'}(\pi_{A_1,A_2,\ldots A_p}(R))$
4. **Commutativité de σ et de $\bowtie$** : $\sigma_{A='a'}(R[\ldots A \ldots] \bowtie S) \equiv \sigma_{A='a'}(R) \bowtie S$

Le rôle de l'optimiseur : la réécriture algébrique (PEL)

- **Trouver les expressions équivalentes**
  - MAIS impossible d'énumérer tous les plans possibles
    - ➡ Utilisations d'heuristiques
  - Heuristique classique = réduction de la taille des données
    - ➡ Opérations réductrices (sélections et projections) groupées sur chaque relation le plus tôt possible, et jointures regroupées
      - grouper les restrictions aux feuilles (dégrouper puis descendre)
      - descendre les projections
      - regrouper les jointures du même coté de l'arbre (deep-left plan)



Détails sur le calcul du coût : un exemple de fonction de coût

Fonction / Modèle de coût :

- **Facteur de sélectivité s :** utile pour estimer le coût si on ne connaît pas la répartition exacte des données
  - Proportion de n-uplets d'une relation qui satisfont une condition

- **Exemple :**

  SELECT * FROM R1, R2

  ➡ s = 1

  SELECT * FROM R1 WHERE A = valeur

  ➡ s = 1 / CARD(A) avec un modèle uniforme

Détails sur le calcul du coût : un exemple de fonction de coût

Sélectivité des Restrictions

TAILLE (σ(R)) = s * TAILLE(R) avec :

- s(A = valeur) = 1 / CARD(A)
- s(A > valeur) = (max(A) - valeur) / (max(A) - min(A))
- s(A < valeur) = (valeur - min(A)) / (max(A) - min(A))
- s(A IN liste valeurs) =
  (1/CARD(A)) * CARD(liste valeurs)
- s(P et Q) = s(P) * s(Q)
- s(P ou Q) = s(P) + s(Q) - s(P) * s(Q)
- s(not P) = 1 - s(P)

Détails sur le calcul du coût : un exemple de fonction de coût

Sélectivité des Jointures

- **TAILLE(R1 $\bowtie_{R1.A=R2.B}$ R2) = s * TAILLE(R1) * TAILLE(R2)**
  - s dépend du type de jointure et de la corrélation des colonnes :
    - s = 0 si aucun n-uplet n'est joint
    - s = 1 / MIN(CARD(A),CARD(B)) si distribution uniforme équiprobable des attributs A et B sur un même domaine
    - s = 1 si produit cartésien

- **Cas particulier :**
  - Si A est clé de R1 et B est clé étrangère de R2 alors
    TAILLE(R1 $\bowtie_{R1.A=R2.B}$ R2) = TAILLE(R2)
    s = 1 / MIN(CARD(A),CARD(B))= 1 / CARD (A)
    s ~ 1 / TAILLE(R1)

Un exemple de réécriture algébrique (PEL)

- **Soit le schéma relationnel (notation simplifiée) :**

  Cinéma (ID-cinéma, nom, adresse)

  Salle (ID-salle, ID-cinéma, capacité)

  Séance (ID-salle, heure-début, film)

- **Requête: quels films commencent au Multiplex à 20 heures?**

  SELECT Séance.film

  FROM Cinéma, Salle, Séance

  WHERE Cinéma.nom = 'Multiplex' AND

  Séance.heure-début = 20 AND
  Cinéma.ID-cinéma = Salle.ID-cinéma AND
  Salle.ID-salle = Séance.ID-salle ;

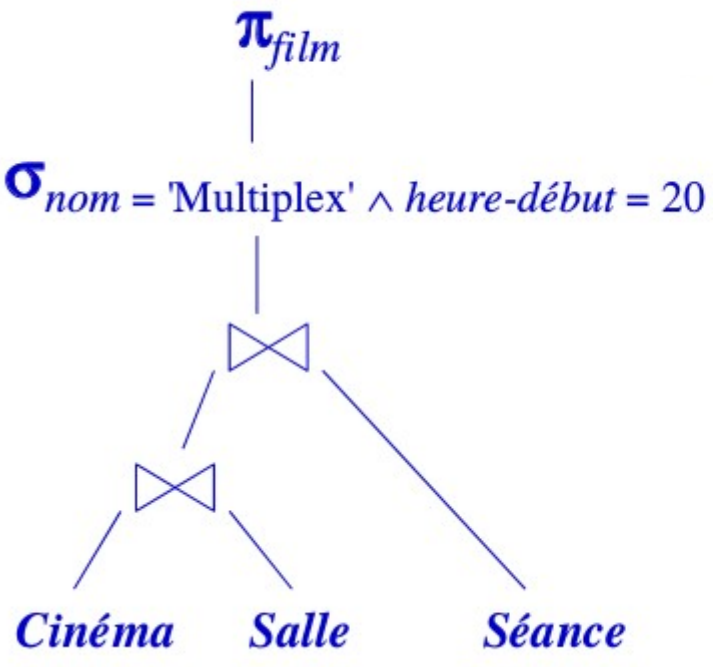
- **Expression algébrique**

$\pi_{\text{film}} (\sigma_{\text{nom = 'Multiplex'} \wedge \text{heure-début=20}} ((\text{Cinéma} \bowtie \text{Salle}) \bowtie \text{Séance}))$

Un exemple de réécriture algébrique (PEL)

- **Arbre algébrique de requête**

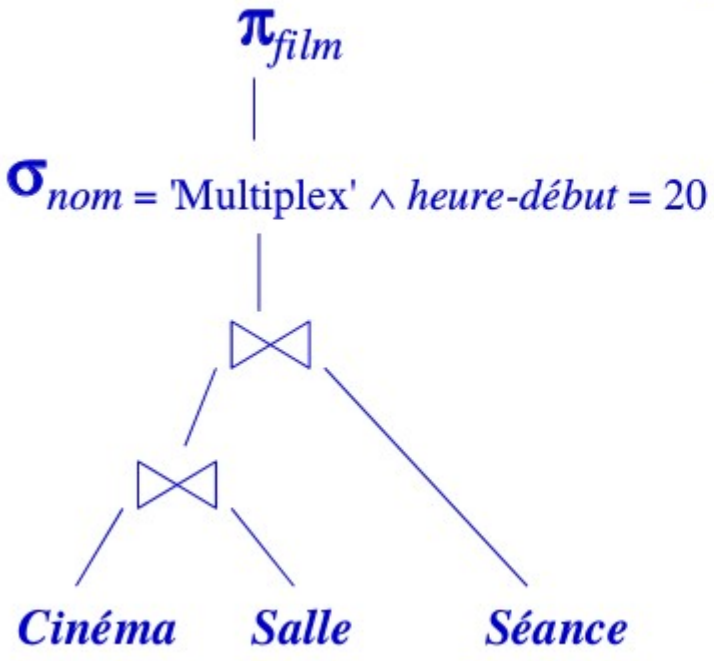
$\pi_{film}(\sigma_{nom = \text{'Multiplex'} \wedge heure\text{-}début=20}((\text{Cinéma} \bowtie \text{Salle}) \bowtie \text{Séance}))$



Un exemple de réécriture algébrique (PEL)

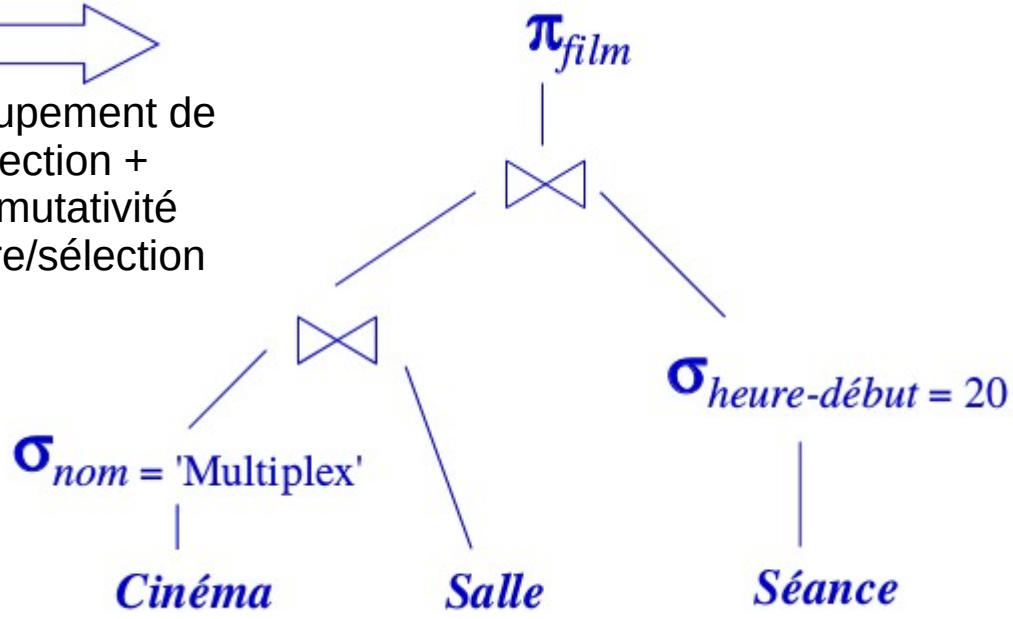
- **Arbre algébrique de requête**

$\pi_{film}(\sigma_{nom = 'Multiplex' \wedge heure\text{-}début=20}((Cinéma \bowtie Salle) \bowtie Séance))$



Règles de réécriture utilisées :

Regroupement de sélection + commutativité jointure/sélection

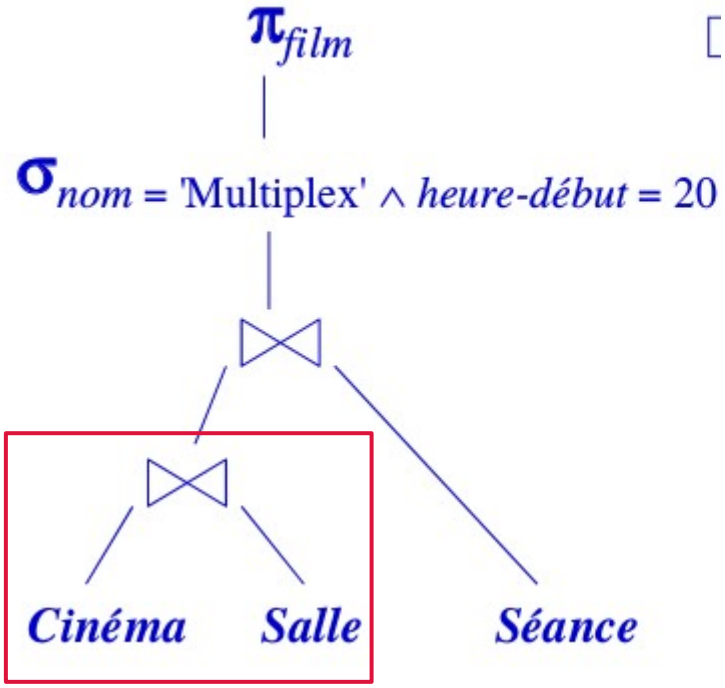


$\pi_{film}(\sigma_{nom = 'Multiplex' \wedge heure\text{-}début=20} Séance) \bowtie ((\sigma_{nom = 'Multiplex'} Cinéma) \bowtie Salle)))$

Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèses (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

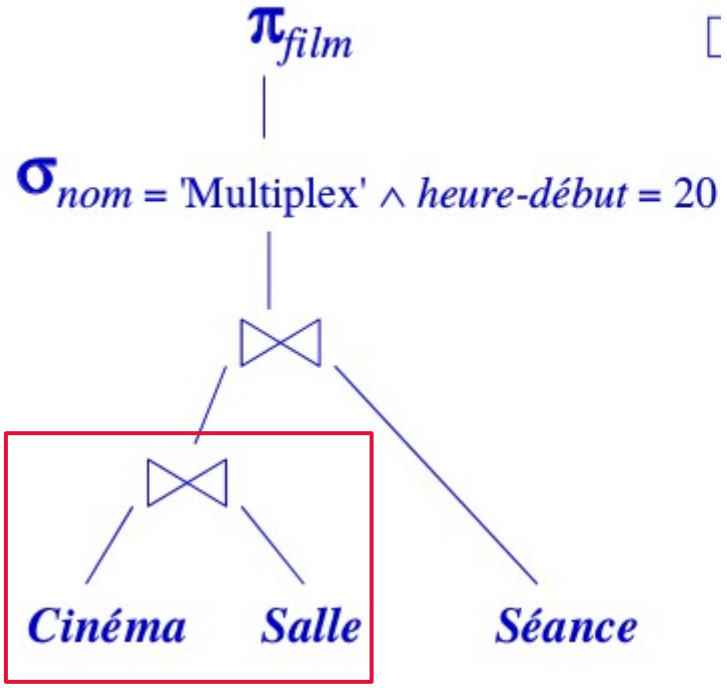
- **Plan 1 :**
  - Jointure : on lit 4 * 6 = 24 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes



Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèses (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

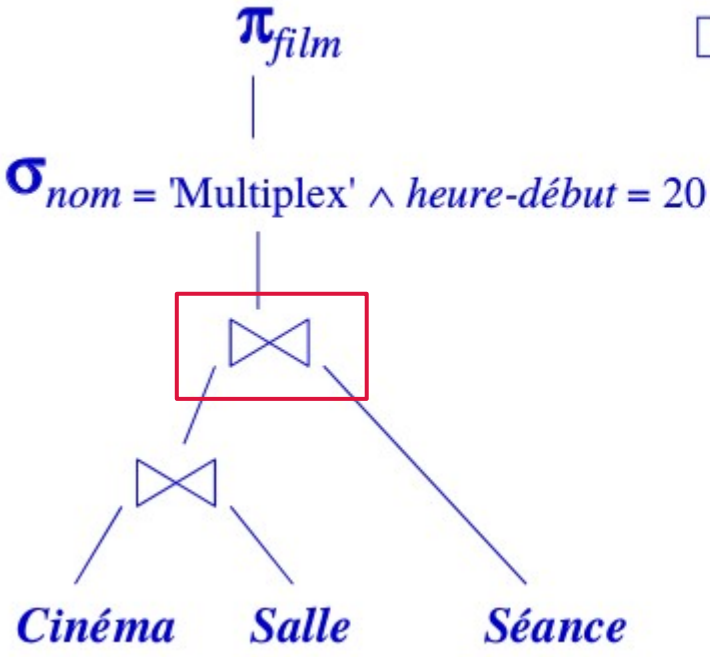
- **Plan 1 :**
  - Jointure : on lit 4 * 6 = 24 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
    => Sélectivité de la jointure = 0,5
    (la moitié des salles sont des salles de Cinéma)



Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèses (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

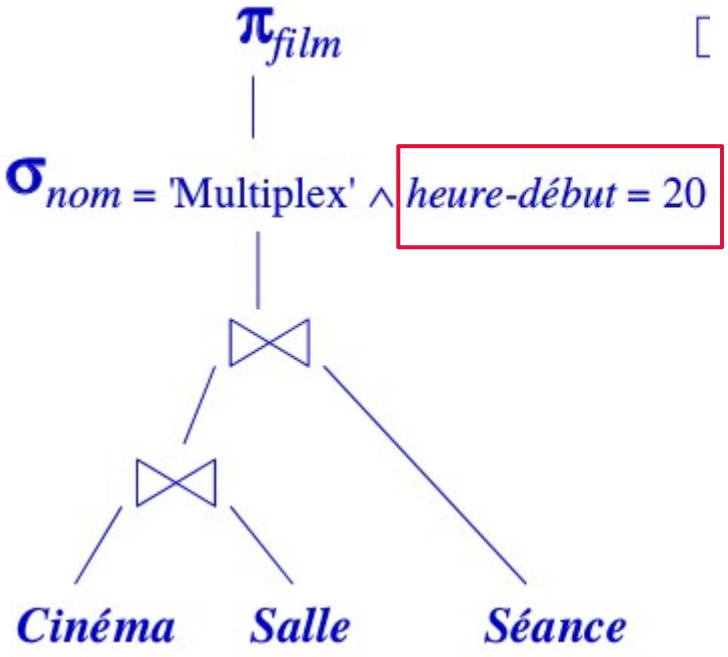
- **Plan 1 :**
  - Jointure : on lit 4 * 6 = 24 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Jointure : on lit 3 * 50 = 150 lignes
    et on produit 50 lignes
    => Sélectivité de la jointure = 1
    (toutes les séances sont des séances de salles de cinéma)



Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèses (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

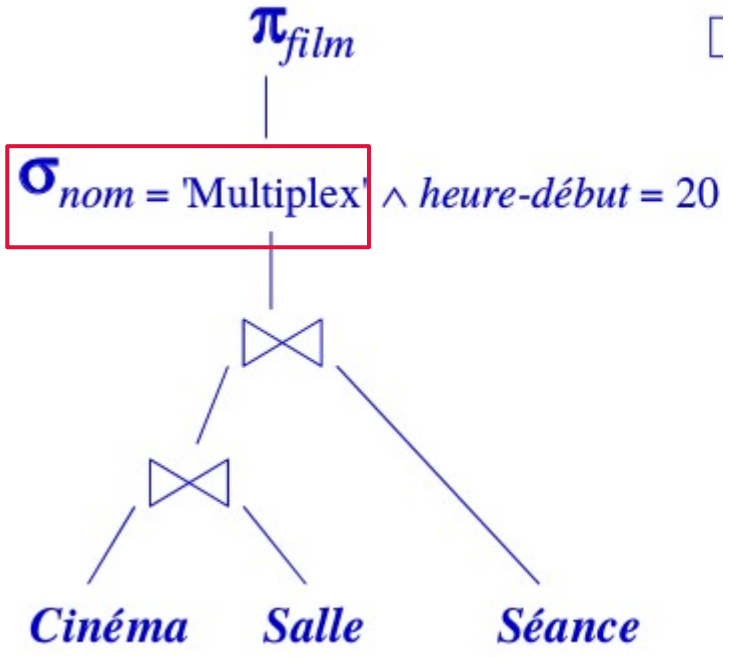
- **Plan 1 :**
  - Jointure : on lit 4 * 6 = 24 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Jointure : on lit 3 * 50 = 150 lignes
    et on produit 50 lignes
  - Sélection : on lit 50 lignes
    et on produit 50 % * 50 = 25 lignes
    => Sélectivité de la restriction = 0,5
    (la moitié des séances sont aprés 20h)



Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèses (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :**
  - Jointure : on lit 4 * 6 = 24 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Jointure : on lit 3 * 50 = 150 lignes
    et on produit 50 lignes
  - Sélection : on lit 50 lignes
    et on produit 50 % * 50 = 25 lignes
  - Sélection : on lit 25 lignes
    et on produit 20 % * 25 = 5 lignes
    => Sélectivité de la restriction = 0,2
    (20 % des cinémas sont des Multiplex)

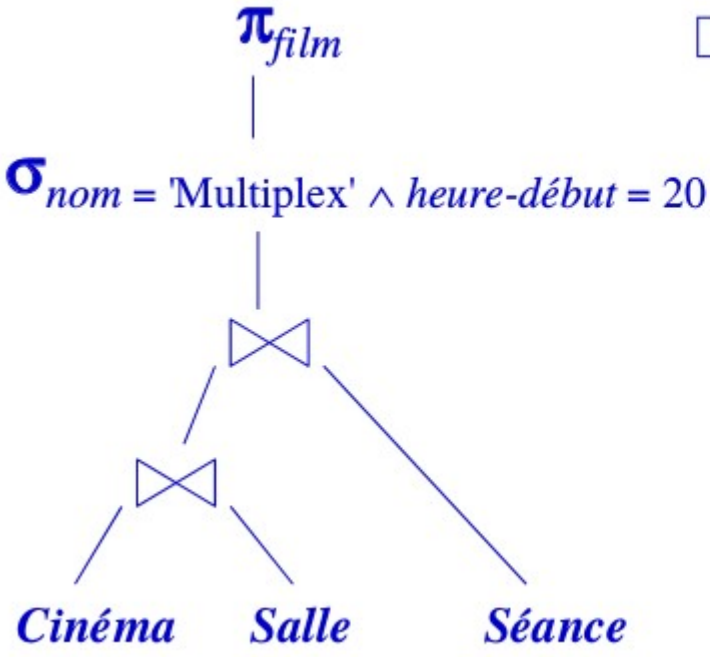


Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèses (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :**
  - Jointure : on lit 4 * 6 = 24 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Jointure : on lit 3 * 50 = 150 lignes
    et on produit 50 lignes
  - Sélection : on lit 50 lignes
    et on produit 50 % * 50 = 25 lignes
  - Sélection : on lit 25 lignes
    et on produit 20 % * 25 = 5 lignes
  - On laisse de côté la projection (même coût dans les deux cas et même nombre de lignes)

➡ Coût (E/S) : 24E + 3S + 150E + 50S +50E + 25S + 25E + 5S = 332 lignes E/S

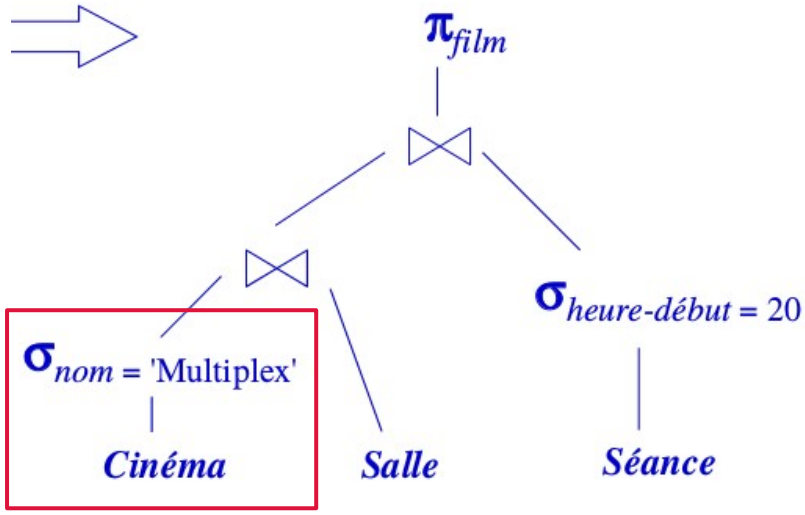


Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèse (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :** coût (E/S) = 332 lignes E/S

- **Plan 2 :**
  - Sélection : on lit 4 lignes
    et on produit 20 % * 4 = 1 lignes
    => Sélectivité de la restriction = 0,2
    (20 % des cinémas sont des Multiplex)



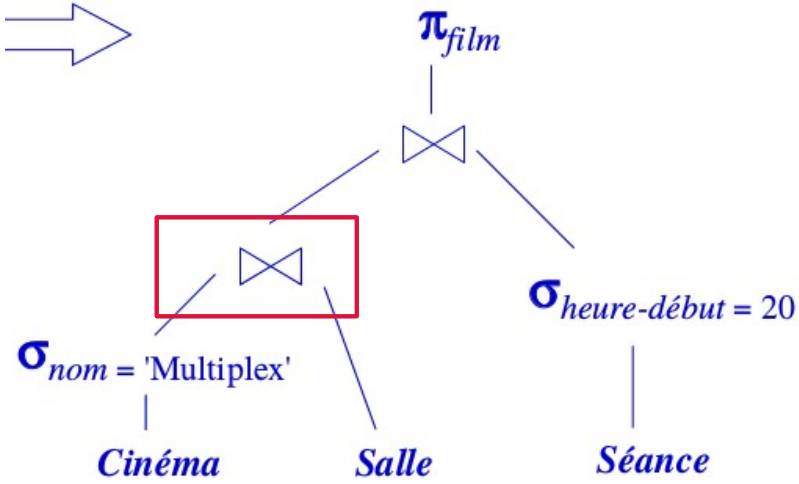
Plan 2 optimal

Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèse (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :** coût (E/S) = 332 lignes E/S

- **Plan 2 :**
  - Sélection : on lit 4 lignes
    et on produit 20 % * 4 = 1 lignes
  - Jointure : on lit 1 * 6 = 6 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
    => Sélectivité de la jointure = 0,5
    => Nombre de lignes MAX : dans le pire des cas, toutes les salles sont des salles du cinéma ‘Mutiplex’



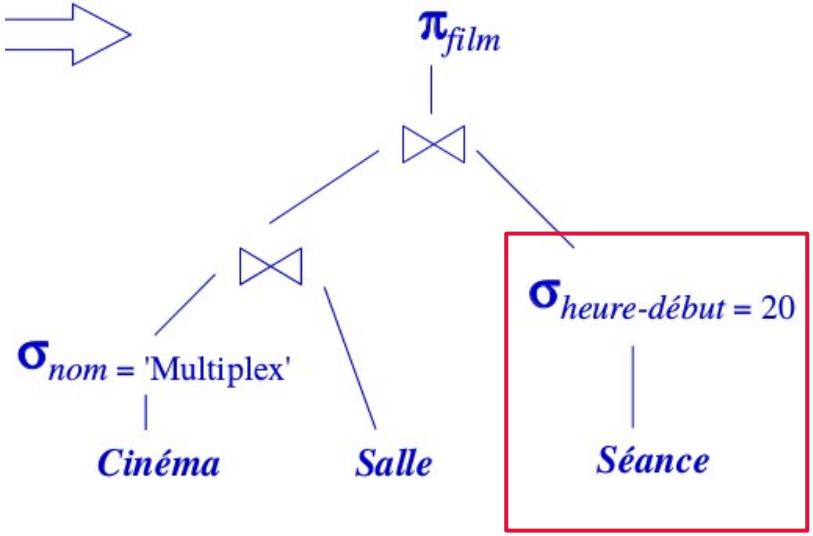
Plan 2 optimal

Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèse (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :** coût (E/S) = 332 lignes E/S

- **Plan 2 :**
  - Sélection : on lit 4 lignes
    et on produit 20 % * 4 = 1 lignes
  - Jointure : on lit 1 * 6 = 6 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Sélection : on lit 50 lignes
    et on produit 50 % * 50 = 25 lignes
    => Sélectivité de la restriction = 0,5
    (la moitié des séances sont aprés 20h)



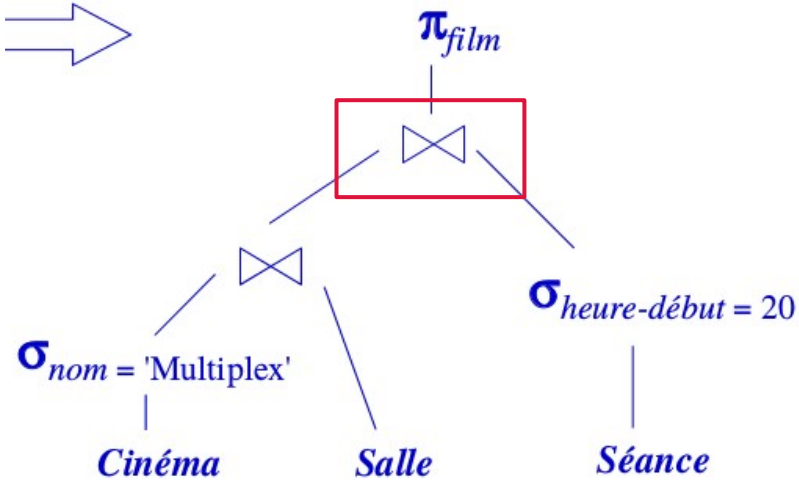
Plan 2 optimal

Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèse (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :** coût (E/S) = 332 lignes E/S

- **Plan 2 :**
  - Sélection : on lit 4 lignes
    et on produit 20 % * 4 = 1 lignes
  - Jointure : on lit 1 * 6 = 6 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Sélection : on lit 50 lignes
    et on produit 50 % * 50 = 25 lignes
  - Jointure : on lit 25 * 3 = 75 lignes
    et on produit 25 lignes
    => Sélectivité de la jointure = 1
    => Nombre de lignes MAX



Plan 2 optimal

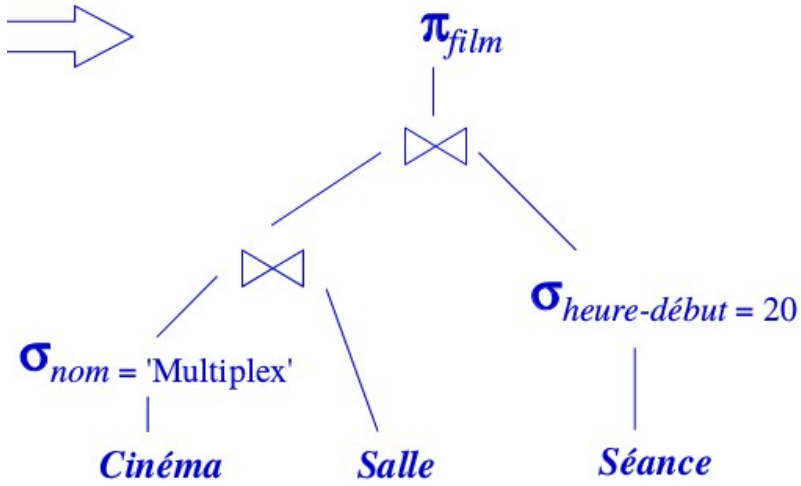
Un exemple de calcul de coût (PEL)

- **Hypothèse (en nombre de lignes) :**
  - Cinéma : 4 lignes dont 20 % de Multiplex
  - Salle : 6 lignes dont 50 % des salles de Cinéma
  - Séance : 50 lignes et 50 % des séances après 20h

- **Plan 1 :** coût (E/S) = 332 lignes E/S

- **Plan 2 :**
  - Sélection : on lit 4 lignes
    et on produit 20 % * 4 = 1 lignes
  - Jointure : on lit 1 * 6 = 6 lignes
    et on produit 50 % * 6 = 3 lignes
  - Sélection : on lit 50 lignes
    et on produit 50 % * 50 = 25 lignes
  - Jointure : on lit 25 * 3 = 75 lignes
    et on produit 25 lignes
  - On laisse de côté la projection (même coût dans les deux cas et même nombre de lignes)

➡ Coût (E/S) : 4E + 1S + 6E + 3S + 50E + 25S + 75E + 25S = 189 lignes E/S



➡ Plan 2 optimal

Un exemple de réécriture algébrique qui échoue (PEL)

- **Question: le plan ainsi obtenu est-il toujours optimal?**
  - Réponse: NON, d'autres facteurs peuvent intervenir
- **On rajoute une table Film, en plus de Cinéma, Salle, Séance**

  Film (film, réalisateur, année)
- **Requête: les réalisateurs des films qu'on peut voir après 14h**

  SELECT Film.réalisateur
  FROM Film, Séance
  WHERE Séance.heure-début > 14 AND Film.film = Séance.film
- **Expressions algébrique**
  - Initiale: $\pi_{\text{réalisateur}}(\sigma_{\text{heure-début} > 14}(\text{Film} \bowtie \text{Séance}))$
  - Optimisée: $\pi_{\text{réalisateur}}(\text{Film} \bowtie \sigma_{\text{heure-début} > 14}(\text{Séance}))$
- **Hypothèses**
  - Film occupe 8 lignes
  - Séance occupe 50 lignes, 90% des séances sont après 14h et 20 % des séances concernent des films

Un exemple de réécriture algébrique qui échoue (PEL)

- **Plan initial: $\pi_{\text{réalisateur}}(\sigma_{\text{heure-début} > 14}(\text{Film} \bowtie \text{Séance}))$**
  - Jointure: on lit 8 * 50 = 400 lignes et on produit 20% * 50 = 10 lignes
  - Sélection: on produit 90% * 10 = 9 lignes de séances après 14h
  - On laisse de côté la projection (même coût dans les deux cas)

  ➡ **Coût (E/S): 400E + 10S + 10E + 9S = 429 lignes E/S**

- **Plan optimisé: $\pi_{\text{réalisateur}}(\text{Film} \bowtie \sigma_{\text{heure-début} > 14}(\text{Séance}))$**
  - Sélection: on lit 50 lignes et on produit 90% * 50 = 45 lignes de séances
  - Jointure: on lit 8 * 45 = 360 lignes et on produit 20% * 45 = 9 lignes

  ➡ **Coût (E/S): 50E + 45S + 360E + 9S = 464 lignes E/S**

➡ **D'aprés la fonction de coût utilisée, le meilleur plan est le plan initial !**
Cas rare: ici la jointure est plus sélective que la sélection

Conclusion sur la réécriture algébrique (PEL)

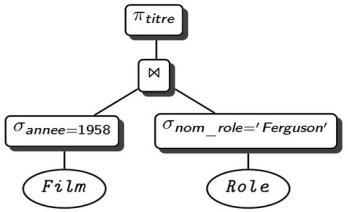
- **La réécriture algébrique est nécessaire, mais pas suffisante**
- **Il faut tenir compte d'autres critères:**
  - **Les chemins d'accès aux données (selon l'organisation physique)**
    - On peut accéder aux données d'une table par accès séquentiel, par index, par hachage, etc.
  - **Les différents algorithmes possibles pour réaliser un opérateur**
    - Il existe par exemple plusieurs algorithmes pour la jointure
    - Souvent ces algorithmes dépendent des chemins d'accès disponibles
  - **Les propriétés statistiques de la base de données**
    - Taille des tables
    - Sélectivité des attributs
    - etc.

Le rôle de l'optimiseur

Trouver les expressions équivalentes

Requête SQL ➡ **Plan d'exécution logique - PEL (l'algèbre)**

```
select titre
from   Film f, Role r
where  nom_role ='Ferguson'
and    f.id = r.id_ilm
and    f.annee = 1958
```



Choisir le bon algorithme pour chaque opération

Plan d'exécution physique - PEP (opérateurs)

Un opérateur = une opération

Plusieurs algorithme par opération