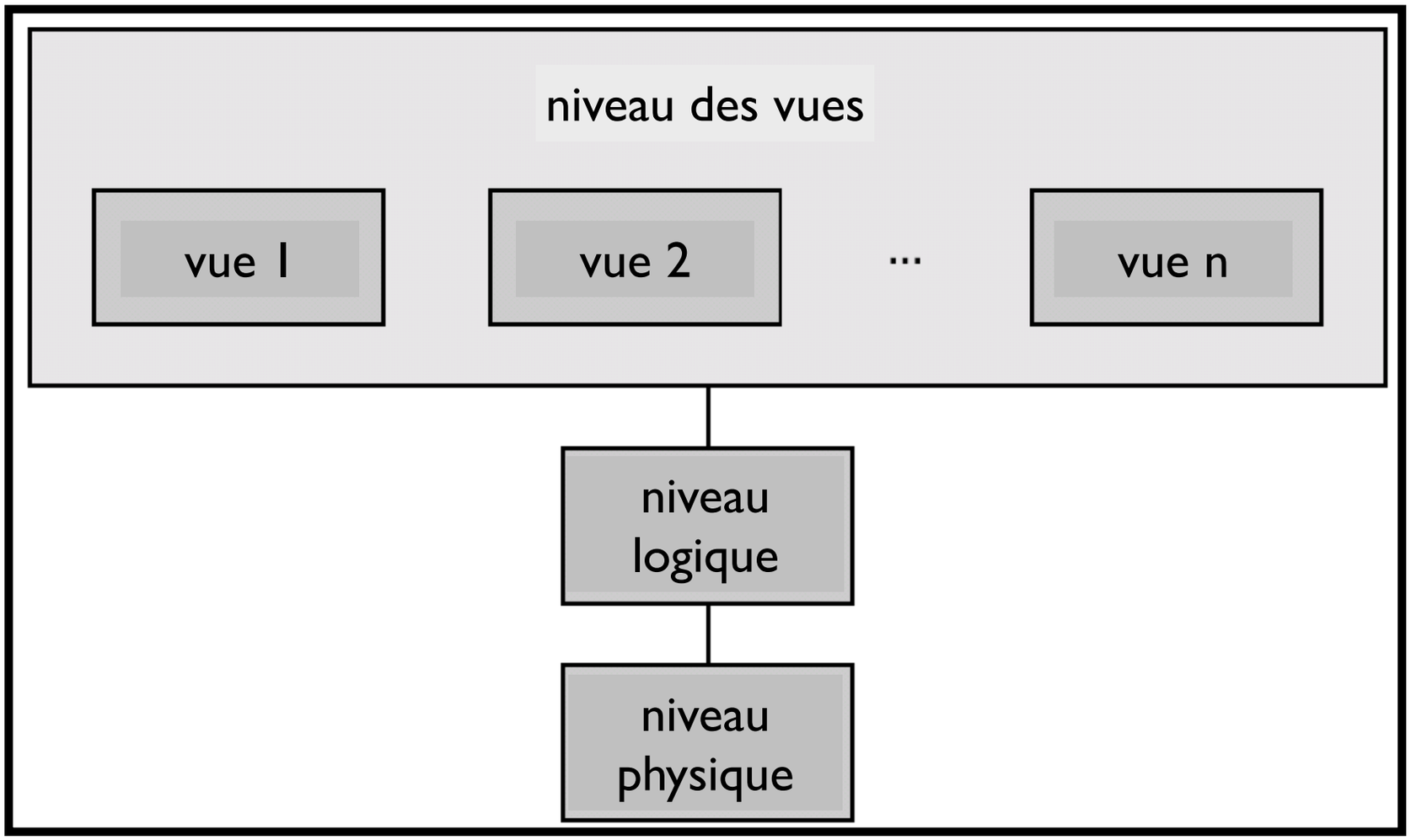
Vues, tables temporaires et requêtes récursives

Bases de données

Amélie Gheerbrant
IRIF, Université Paris Diderot
amelie@irif.fr

Rappel: architecture de base d'un SGBD



- Les vues constituent un mécanisme pour spécialiser une bases de données ; elles sont utilisées également pour créer des tables temporaires virtuelles

Vues

- Parfois il n'est pas souhaitable que tous les utilisateurs voient le modèle logique entier (i.e, toutes les vraies relations stockées dans la BD)
- **Exemple** : quelqu'un a besoin d'accéder au numéros de tous les prêts d'une banque, mais pas le droit de voir les montants de ces prêts. Cette personne devrait uniquement voir une relation décrite, en SQL, par :

```
SELECT nom_client, num_prêt
FROM Client C, Credit Cr
WHERE C.id_client = Cr.id_client  ;
```

- Une **vue** fournit un mécanisme pour cacher ou restructurer les données accessibles à certains utilisateurs.
- Une relation qui n'était pas dans le schéma de la base de données, mais est rendue visible à un utilisateur en tant que "relation virtuelle" est appelé une **vue**.

Le schéma relationnel d'une banque

- Agence (nom_agence, ville_agence, capital)
- Client (id_client, nom_client)
- Compte (num_compte, nom_agence , montant)
- Prêt (numero_prêt, nom_agence, montant)
- Propriétaire (id_client, num_compte)
- Credit (id_client, id_prêt)

Définition de vue

- Une vue est définie en utilisant la commande **`CREATE VIEW`** :

`CREATE VIEW` Nom_Vue **`AS`** < *requête* >

où `Nom_Vue` est le nom de la vue et `<requête>` est toute requête SQL légale.

- Une liste de nom d'attributs $(att_1,\ldots,att_n)$ après *Nom_Vue* est optionnelle
- Une fois la vue définie, *Nom_Vue* peut être utilisé dans les requêtes à la place d'une table
- Seulement une forme restreinte de mise à jour peut être appliquée à une vue (cf. plus tard)
- Définir une vue n'est pas la même chose que créer une nouvelle relation à partir du résultat de l'évaluation de `<requête>` : le contenu d'une vue n'est pas matérialisé dans une nouvelle table, mais il est réévalué à chaque nouvel usage de la vue, il change donc automatiquement quand la base de données est modifiée

Exemples

- Création d'une table qui fournit les agences et leurs clients

```
CREATE TABLE Tous_les_clients  AS
(SELECT nom_agence, id_client
 FROM Proprietaire P, Compte C
 WHERE  P.num_compte = C.num_compte)
UNION
(SELECT nom_agence, id_client
 FROM  Credit C, Pret P
 WHERE  C.id_pret = P.numero_pret);
```

- Si un nouveau client de l'agence 'Paris 13' est inséré dans la base via Propriétaire et Compte, il ne sera pas retourné par:

```
SELECT id_client
FROM Table
WHERE nom_agence = 'Paris 13';
```

Exemples

- Utiliser plutôt une vue qui fournit les agences et leurs clients

```
CREATE VIEW Tous_les_clients  AS
(SELECT nom_agence, id_client
 FROM Proprietaire P, Compte C
 WHERE  P.num_compte = C.num_compte)
UNION
(SELECT nom_agence, id_client
 FROM  Credit C, Pret P
 WHERE  C.num_pret = P.num_pret);
```

- Si un nouveau client de l'agence 'Paris 13' est inséré dans la base via Propriétaire et Compte, il sera retourné par:

```
SELECT id_client
FROM Tous_les_clients
WHERE nom_agence = 'Paris 13';
```

Les vues peuvent simplifier des requêtes complexes

Exemple

Trouver les réalisateurs ayant généré le plus de recettes :

```
CREATE VIEW RealRecet (real, recettes) AS
SELECT réalisateur, SUM(recette)
FROM Film F, Finance Fi
WHERE F.titre=Fi.titre
GROUP BY réalisateur ;
```

```
SELECT réalisateur, recettes
FROM RealRecet
WHERE recettes = (SELECT MAX(recettes)
FROM RealRecet);
```

Les vues peuvent simplifier des requêtes complexes

Formulation alternative (sans vue)

Trouver les réalisateurs ayant généré le plus de recettes :

```
SELECT réalisateur, SUM(recette)
FROM Film F, Finance Fi
WHERE F.titre=Fi.titre
GROUP BY réalisateur
HAVING SUM(recette) >= ALL(SELECT SUM(recette),
                           FROM Film, Finance
                           WHERE F.titre=Fi.titre
                           GROUP BY réalisateur) ;
```

Les vues peuvent simplifier des requêtes complexes

Exemple

Trouver les acteurs qui jouent dans tous les films de "Fellini" :

```
SELECT acteur FROM Film
WHERE acteur NOT IN

(SELECT F1.acteur
 FROM Film F1, Film F2,
 WHERE F2.realisateur = 'Fellini'
    AND F1.acteur NOT IN
            ( SELECT acteur
              FROM Film
              WHERE titre = F2.titre)
);
```

La requête en gris retourne les acteurs qui ne jouent PAS dans au moins un film de "Fellini"

La même requête en utilisant des vues

```
CREATE VIEW Films-Felli AS
SELECT titre FROM Film WHERE réalisateur = 'Fellini' ;
```

```
CREATE VIEW Pas-tout-Fellini AS
SELECT F.acteur FROM Film F, Films-Felli
WHERE  Films-Felli.titre NOT IN
        (SELECT titre FROM Films
         WHERE acteur = F.acteur);
```

```
SELECT acteur FROM Film WHERE acteur NOT IN
    (SELECT * FROM Pas-tout-Fellini);
```

Un exemple un peu plus compliqué

- Schéma :
  - Film(<u>titre, année</u>, réalisateur, pays, classement, genre, budget, producteur)
  - Distinctions(<u>titre, année, prix</u>, résultat) (résultat $\in$ {gagné, nominé})

Requête : Pour chaque décennie à partir de 1950-59, calculer le pourcentage des prix gagnés par des films US.

On créé d'abord une vue pour stocker tous les films postérieurs à 1949 ayant obtenu un prix, avec leur décennie, titre, année et pays :

```
CREATE VIEW DécennieFilm AS
SELECT (CAST(année/10) AS INTEGER) AS décennie, titre, année, pays
FROM Film
WHERE (titre, année) in
(SELECT titre, année
FROM Distinctions
WHERE résultat='gagné' AND année >= 1950) ;
```

Un exemple un peu plus compliqué

- Maintenant qu'on dispose de la vue DécennieFilm(décennie, titre, année, pays), on écrit :

```
SELECT décennie, (US.No * 100)/Tous.No
FROM (SELECT décennie, COUNT(titre,année) as No
FROM DécennieFilm WHERE pays='US' GROUP by décennie) as US,
    (SELECT décennie, COUNT(titre, année) as No FROM DécennieFilm
    GROUPE BY décennie) as Tous
WHERE Tous.décennie=US.décennie
                UNION
SELECT décennie, 0
FROM ( (SELECT décennie FROM DécennieFilm) EXCEPT
       (SELECT décennie FROM DécennieFilm WHERE pays='US'));;
```

Une syntaxe alternative: la clause **`with`**

```
WITH  Films-Fellini   AS
 SELECT titre FROM Film WHERE réalisateur = 'Fellini',

  Pas-tout-Fellini  AS
  SELECT F.acteur FROM Films F, Films-Fellini
  WHERE  Films-Fellini.titre NOT IN
         (SELECT titre FROM Films
          WHERE acteur = F.acteur),

SELECT acteur FROM Films WHERE acteur NOT IN
         (SELECT * FROM Pas-tout-Fellini) ;
```

Remarque: Films-Fellini et Pas-tout-Fellini sont des tables temporaires,
pas des vues

Implémentation efficace des vues

- Vues matérialisées:

  Créer physiquement et maintenir une table contenant la résultat de l'évaluation de la vue

  - assomption: d'autres requêtes interrogeront la même vue plus tard
  - problématique : maintenir la correspondance entre les tables de la BD et la vue quand la BD est mise à jour
  - stratégies: mise à jour incrémentale de la vue
    - syntaxe PostgreSQL :

```
CREATE MATERIALIZED VIEW vue AS SELECT ... ;
```

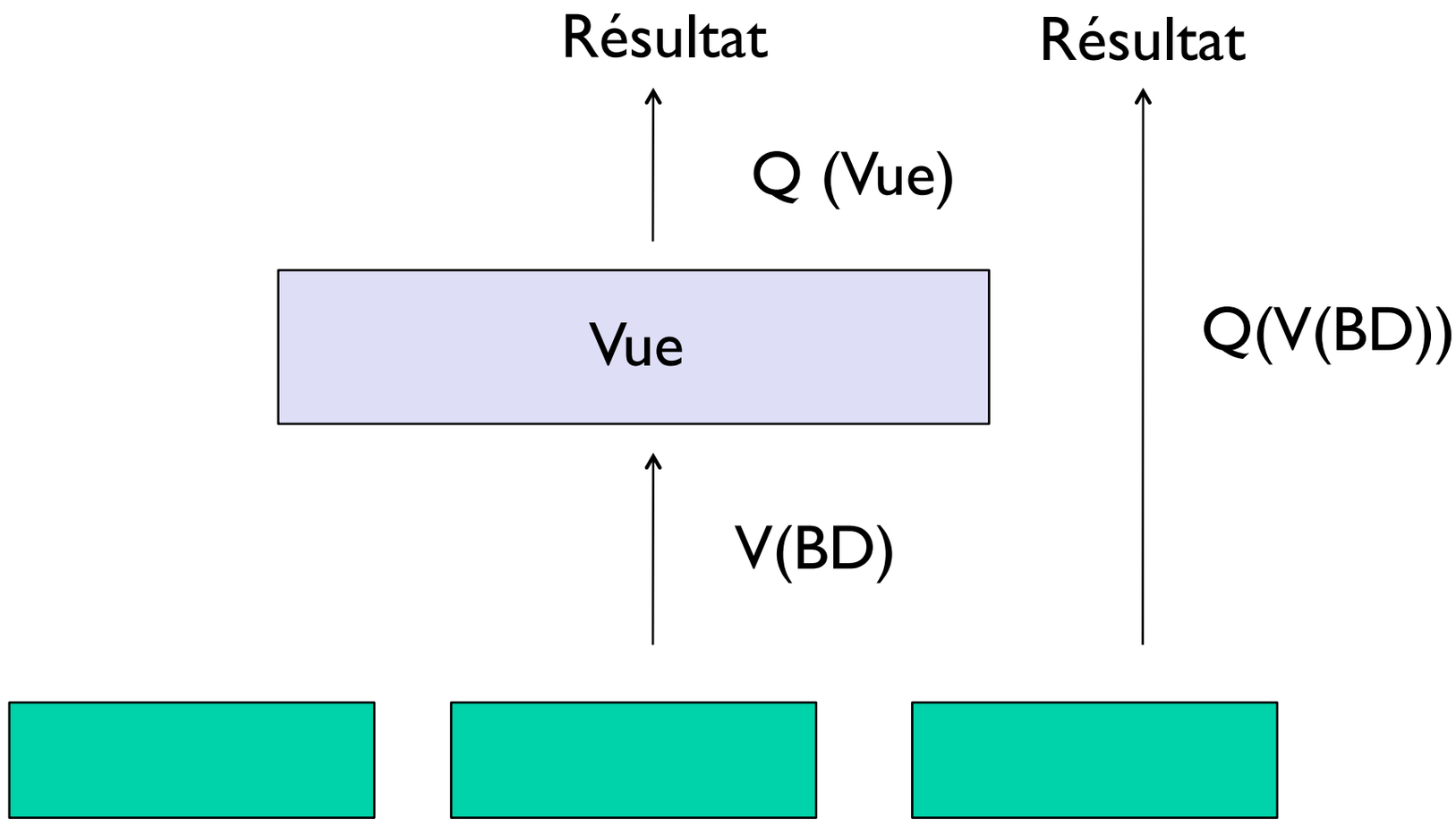
- Attention : la maintenance automatique de vue n'est pas implémentée ! On peut maintenir manuellement une vue avec :

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW vue ;
```

Implémentation efficace des vues

- Vues virtuelles:
  - jamais crées physiquement
  - les requêtes qui utilisent les vues sont d'abord reformulées comme des requêtes sur les tables de base (en remplaçant chaque vue par sa définition - déploiement de vues)
  - inconvénient : inefficace pour des vues définies par des requêtes complexes (spécialement si d'autres requêtes doivent être appliquées sur les mêmes vues en un bref intervalle de temps)
  - avantage : pas besoin de maintenir la correspondance avec les tables de la BD

Déploiement de vues



- V(BD): vue V de la BD
- Q(Vue) : résultat de la requête Q sur la vue V
- Q(V(BD)): résultat de la requête Q sur la vue V de la BD

Exemple de déploiement de vue

```
CREATE VIEW Films-Felli  AS
SELECT titre FROM Films WHERE réalisateur = 'Fellini';
```

Vue

```
SELECT cinema FROM Séance WHERE titre IN
    (SELECT * FROM Films-Felli);
```

Requête

```
SELECT cinema FROM Séance WHERE titre IN
      (SELECT titre FROM Films WHERE réalisateur = 'Fellini' );
```

Requête après déploiement des vues

Un autre exemple de déploiement de vues

BD:

Vue
(les médecins de "Bichat"):

```
CREATE VIEW MedecinsBichat AS
SELECT M.* FROM Medecin M, Patient P
WHERE P.hopital = 'Bichat' AND M.docid =
P.docid ;
```

Vue
(les patients de Bichat):

```
CREATE VIEW BichatPatient as
select  * FROM Patient
WHERE hopital = 'Bichat';
```

Requête Bichat
(avec vue):

```
SELECT P.pid, D.docnom
FROM Bichatpatient BP, BichatDoc BD
WHERE BP.docid = BD.docid ;
```

Résultat d'une requête obtenu après déploiement des vues

requête utilisant des vues

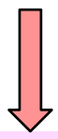
```
select p.pid, d.docnom
from BichatPatient P, BichatDoc D
where P.docid = D.docid
```

vue1

```
create view BichatDoc as
select  D.* from Docteur D, Patient P
where P.hopital = 'Bichat' and P.docid = D.docid
```

Vue2

```
create view BichatPatient as
select  * from Patient
where hopital = 'Bichat'
```



résultat du déploiement des vues

```
select P.pid, D.docnom
from Patient P, Docteur D, Patient P1
where P.docid = D.docid and P.hopital = 'Bichat'
and P1.hopital = 'Bichat' and P.docid = D.docid
```

Mise à jour de vues

- Soit une vue des données de la relation Pret cachant l'attribut montant

```
create view pret_sans_montant as
        select numero_pret, nom_agence
        from pret
```

- Ajoutons maintenant un nouveau tuple dans branche_pret

```
insert into pret_sans_montant
values ('Paris_13', 'L-307',)
```

Cette insertion mène à l'ajout d'un tuple

('Paris_13', 'L-307', NULL)

dans la relation Pret

Mise à jour de vues

- Le standard SQL n'autorise les mises à jour qu'à travers des vues très simples (sélection, projection, renommage) :
  - pas de jointure (une seule relation dans le FROM)
  - pas d'opération ensembliste (union, intersection, différence)
  - pas d'agrégation (ni même de group-by)
  - pas de requête récursive
- Ça ne veut pas dire qu'une mise à jour n'est possible *en théorie* dans aucun autre cas, mais ce n'est pas implémenté

Exemple

```
create view Felli-titres as
select titre from films where realisateur = 'Fellini';
```

- suppression d'un titre T dans la vue → suppression de tous les tuples ayant pour titre T dans Film
- insertion d'un titre T dans la vue → insertion de (T, 'Fellini', NULL) dans Film
- mise à jour de "Strada" vers la "La Strada" dans la vue

→

```
UPDATE Film
   SET titre = 'La Strada'
   where realisateur = 'Fellini' and titre = 'Strada';
```

Exemple

```
create view Same as
select s1.cinema, s2.cinema
from seance s1, seance s2
where s1.titre = s2.titre
and s1.cinema < s2.cinema ;
```

Same contient les paires de cinémas qui passent les mêmes films

- On souhaite insérer (‘Le Champo’, ‘Odeon’) dans Same
- Problème : impossible d’associer à cette insertion une mise à jour de la table `Film`.. en effet le titre commun est `UNKNOWN` et la valeur de `s1.titre = s2.titre` est donc également `UNKNOWN` !
- Exactement le même problème avec `UPDATE` et `DELETE`
- De telles mises à jour de vues sont donc prohibées

Exemple

```
CREATE VIEW Total AS
SELECT realisateur, SUM(duree) AS total
FROM Film
GROUP BY realisateur ;
```

Total contient pour chaque réalisateur la durée totale de sa filmographie

- On souhaite insérer (‘Vigo’, 162) dans Total
- Problème : impossible d’associer à cette insertion une mise à jour de la table `Film`.. insérer un tuple ? plusieurs ? avec quelle valeur de `duree` ?
- Exactement le même problème avec `UPDATE` et `DELETE`
- De telles mises à jour de vues sont donc prohibées

Usage des vues

- Indépendance logique : une application peut accéder à des vues, sans avoir besoin de connaître l'organisation effective des données dans la base (qui peut changer de manière transparente, en redéfinissant les vues)
- Contrôle d'accès : des droits d'accès différents peuvent être donnés aux tables de base et à des vues, pour qu'un utilisateur ou application donnée n'ait accès qu'à un ensemble restreint du contenu de la base
- Intégration de données : des vues peuvent être définies pour regrouper les données de plusieurs sources ayant des schémas relationnels différents
- Optimisation : des vues matérialisées peuvent être définies pour des requêtes fréquentes, pour éviter d'avoir à les ré-évaluer à chaque fois

Vues et tables temporaires

- Nous avons rencontré plusieurs requêtes SQL imbriquées assez complexes
- Les vues constituent un moyen de simplifier ces requêtes, mais créer une vue enrichit le schéma de la BD et ce n'est pas toujours opportun
- En fait, les résultats intermédiaires peuvent être stockés soit dans des « vues », soit dans des « tables intermédiaires » (ou vues éphémères)

Une syntaxe alternative : la clause with

```
WITH Ciredu (ci, real, dur) AS
(SELECT S.cinema, F.realisateur, F.duree
FROM Film F, Séance S
WHERE S.titre=F.titre)

SELECT ci
FROM Ciredu
WHERE dur > 120 AND real LIKE 'K%' ;
```

Syntaxe propre à Postgres

(e.g., n'existe pas dans MySQL)

- Attention : Ciredu est une table temporaire, et non pas une vue
- Différence entre table temporaire et vue :
  - une fois créée, une vue est utilisable dans toutes les requêtes SELECT (sa définition augmente le schéma de la BD)
  - une table temporaire est une façon de nommer une requête dans une autre requête, elle est utilisable uniquement dans la requête qui la définit (sa définition n'augmente pas le schéma)

Une syntaxe alternative : la clause with

- A partir de la durée maximale des films réalisés par chaque réalisateur, calculer la moyenne de ces valeur maximales :

```
WITH Duree-max(real, max_duree) AS
(SELECT realisateur, MAX(duree)
FROM Film
GROUP BY realisateur)

SELECT AVG(max_duree)
FROM Duree-max ;
```

Claues WITH et sous-requête dans le FROM

- Beaucoup plus lisible que la sous-requête dans le FROM d'il y a deux semaines :

```
SELECT AVG(duree)
FROM
(SELECT DISTINCT realisateur, duree
FROM Film
WHERE (realisateur, duree) IN
(Select realisateur, MAX(duree)
FROM Film
GROUP BY realisateur)) AS foo ;
```

Une syntaxe alternative : la clause with

- Il est possible de définir plusieurs tables temporaires dans WITH :

```
WITH Table1 (attribut_1, ..., attribut_n)
AS (SELECT ...)
Table2 (attribut'_1, ..., attribut'_m)
AS (SELECT ...)
...

SELECT ... ;
```

Une syntaxe alternative : la clause with

- Il est possible de définir plusieurs tables temporaires dans WITH :

```
WITH US (décennie, No)
    AS (SELECT décennie, COUNT(titre,année)
    FROM DécennieFilm WHERE pays='US' GROUP by décennie)
    Tous (décennie, No )
    AS (SELECT décennie, COUNT(titre, année) FROM DécennieFilm
    GROUPE BY décennie)

SELECT décennie, (US.No * 100)/Tous.No
FROM US, Tous
WHERE Tous.décennie=US.décennie
        UNION
SELECT décennie, 0
FROM ( (SELECT décennie FROM DécennieFilm) EXCEPT
        (SELECT décennie FROM DécennieFilm WHERE pays='US')) as foo;
```

Vues et tables temporaires : usage

- Trois façons de procéder :
  - Sous requête dans le FROM : à utiliser plutôt si la table temporaire ne sert qu'une fois dans la requête
  - WITH : à utiliser plutôt si la table temporaire ne sert que dans une seule requête (même plusieurs fois)
  - Vue : à utiliser plutôt si la table temporaire sert dans plusieurs requêtes

Les limites de SQL : requêtes d'accessibilité

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	...	...

- Trouver toutes les paires de villes (A, B) t.q. on peut aller de A à B en au plus une escale :

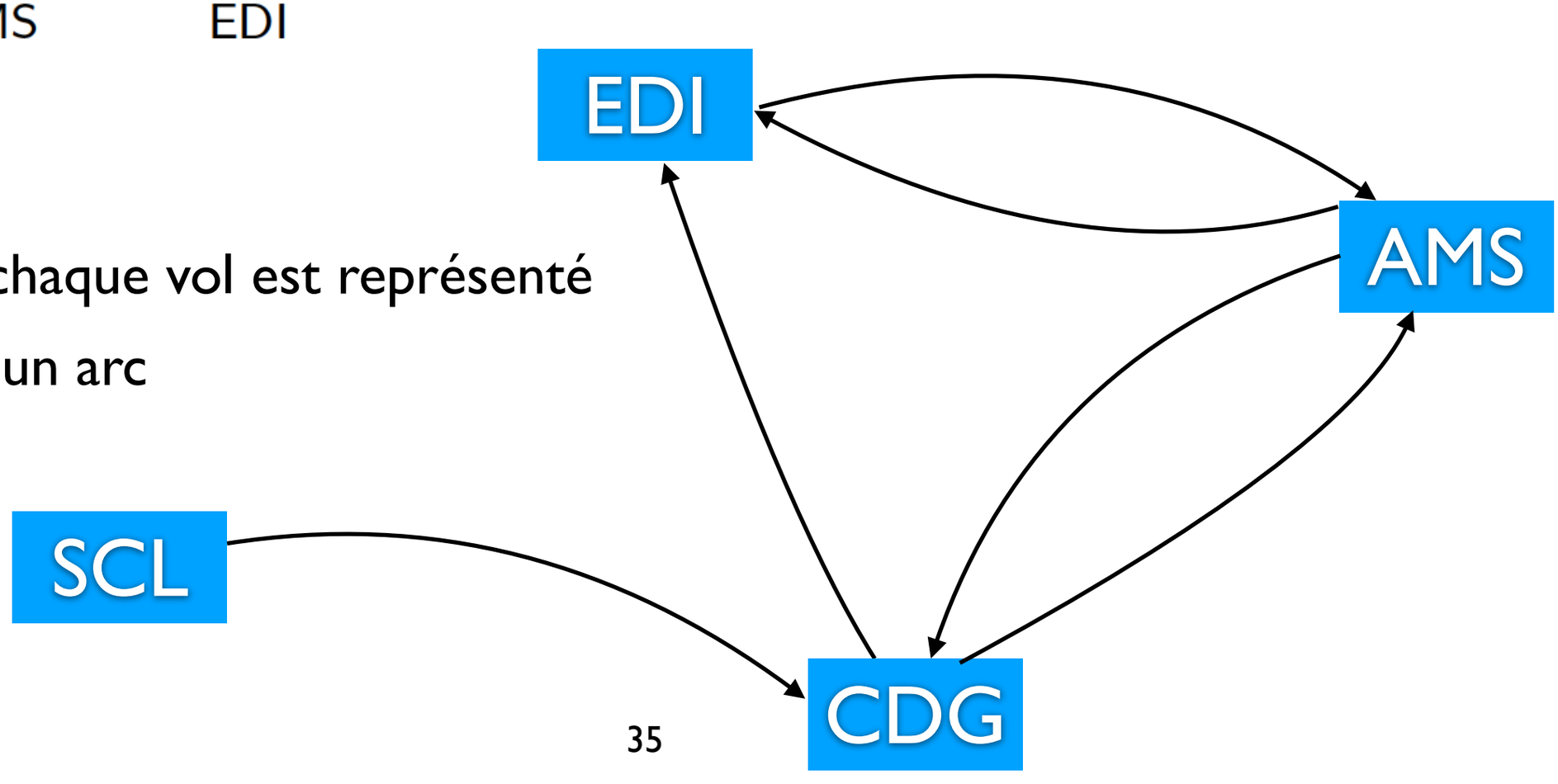
```
SELECT V1.ville_départ, V2.ville_arrivée
FROM Vols V1, Vols V2
WHERE V1.ville_arrivée = V2.ville_départ
        UNION
SELECT * FROM Vols ;
```

Requêtes d'accessibilité

- On commence par représenter la table sous forme de graphe :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI

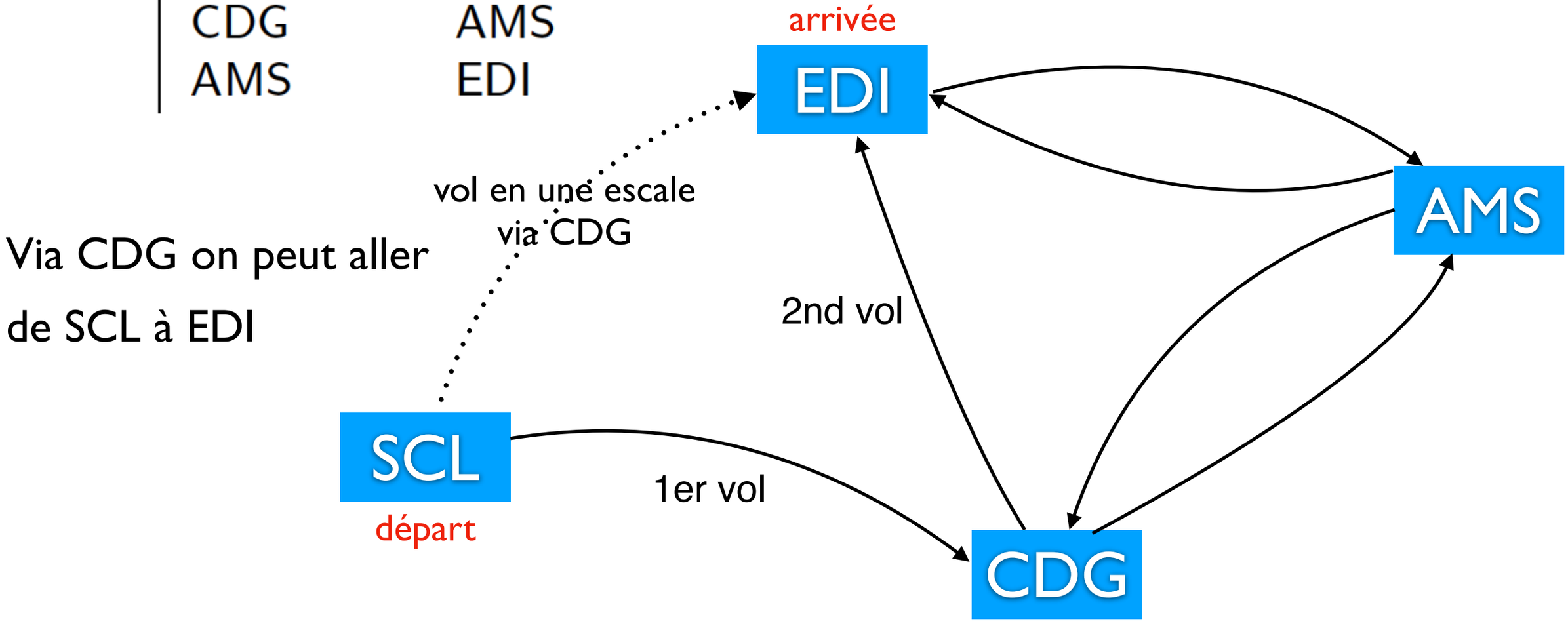
Ici, chaque vol est représenté par un arc



Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus une escale :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI

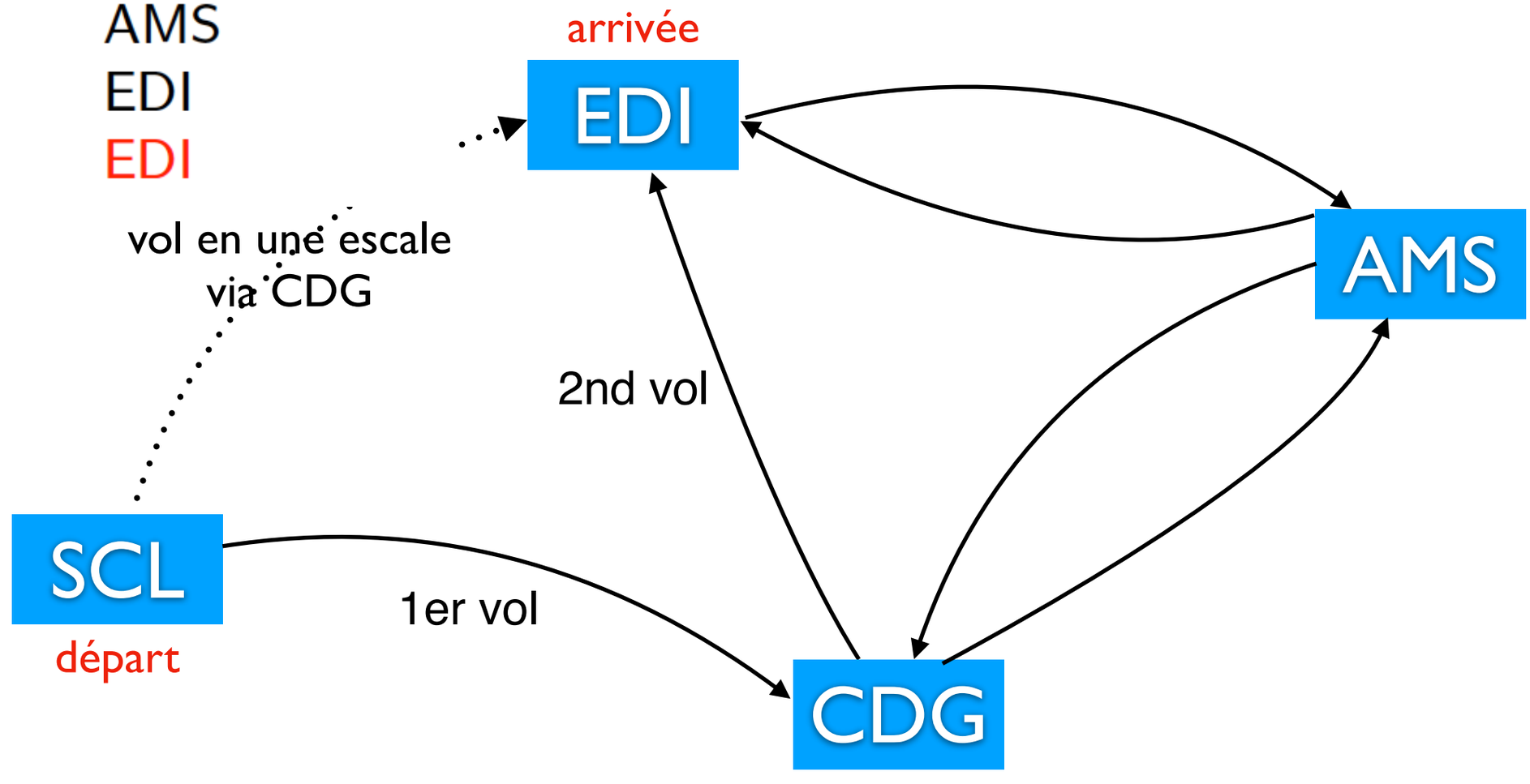


Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus une escale :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI

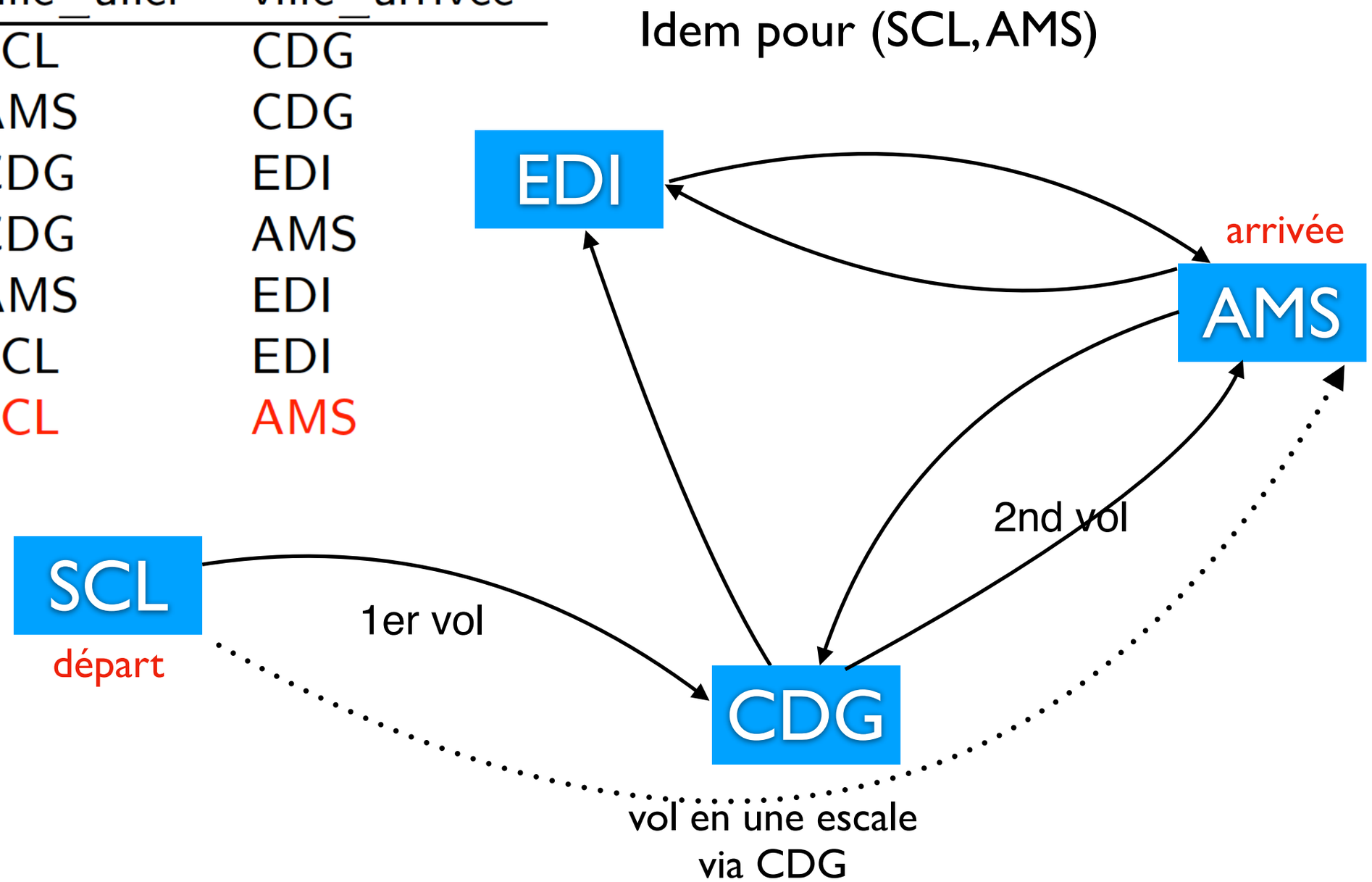
On ajoute donc (SCL, EDI) à notre table



Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus une escale :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS

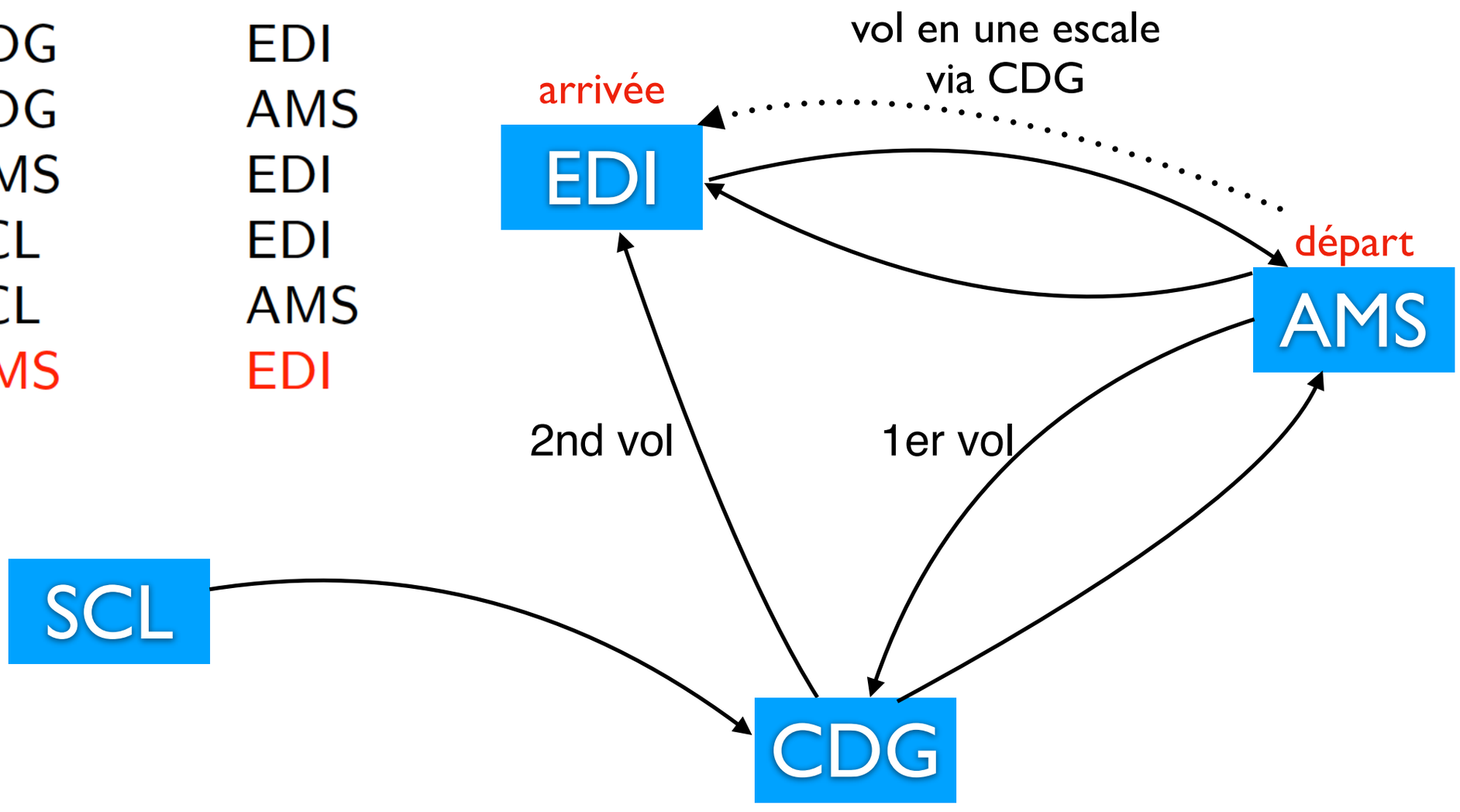


Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus une escale :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	AMS	EDI

Idem pour (AMS, EDI)

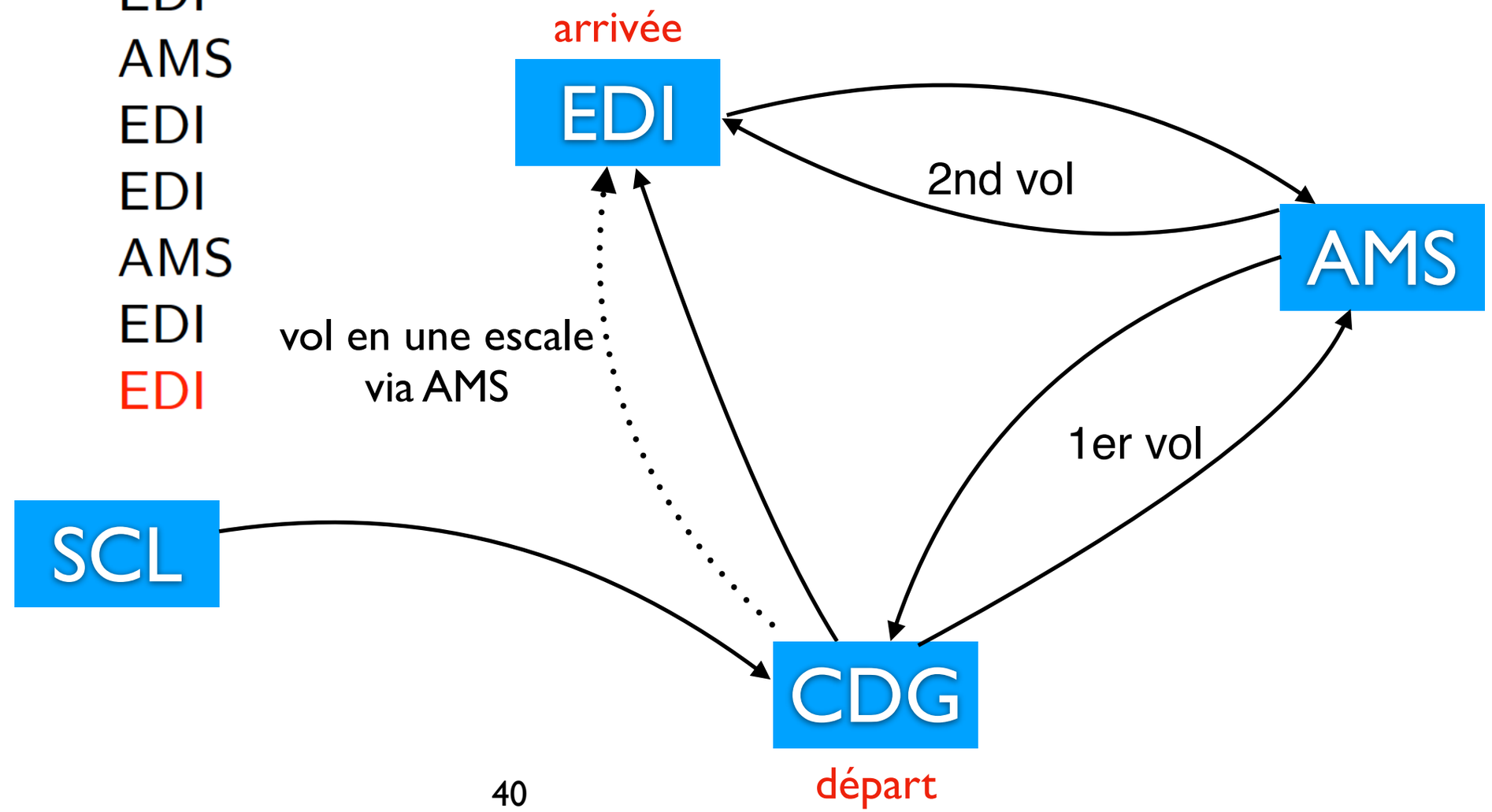


Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus une escale :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	AMS	EDI
	CDG	EDI

Idem pour (CDG, EDI)



Requêtes d'accessibilité

- On a UNION (et non UNION ALL), on élimine donc les doublons :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	~~AMS~~	~~EDI~~
	~~CDG~~	~~EDI~~

```
SELECT V1.ville_départ, V2.ville_arrivée
FROM Vols V1, Vols V2
WHERE V1.ville_arrivée = V2.ville_départ
        UNION
SELECT * FROM Vols ;
```

Requêtes d'accessibilité

- On a UNION (et non UNION ALL), on élimine donc les doublons :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS

```
SELECT V1.ville_départ, V2.ville_arrivée
FROM Vols V1, Vols V2
WHERE V1.ville_arrivée = V2.ville_départ
        UNION
SELECT * FROM Vols ;
```

Requêtes d'accessibilité

- Trouver toutes les paires de villes (A, B) t.q. on peut aller de A à B en au plus deux escales :

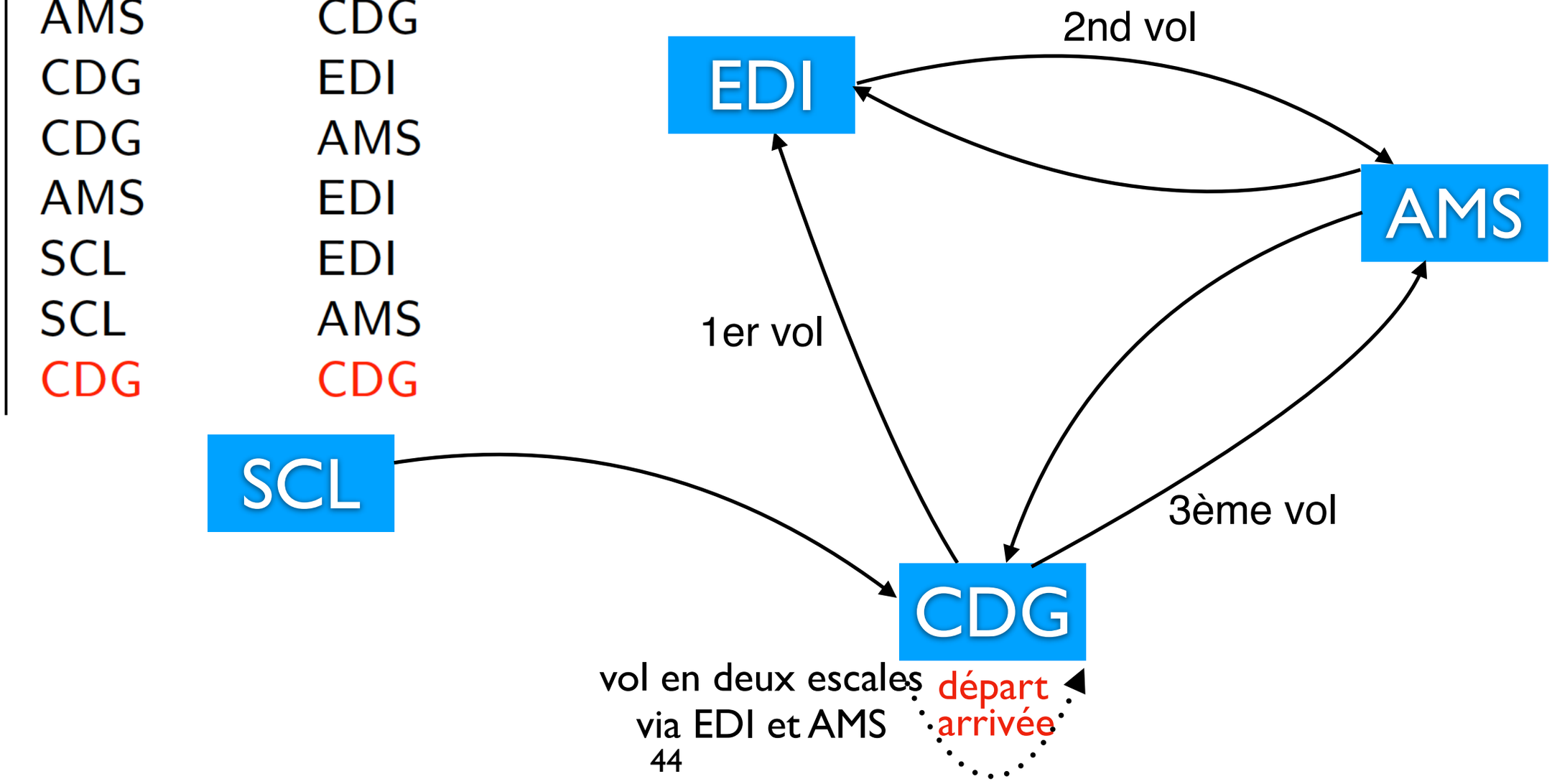
```
SELECT V1.ville_départ, V3ville_arrivée
FROM Vols V1, Vols V2, Vols V3
WHERE V1.ville_arrivée = V2.ville_départ
AND V2.ville_arrivée=V3.ville_départ
UNION
  SELECT V1.ville_départ, V2.ville_arrivée
  FROM Vols V1, Vols V2
  WHERE V1.ville_arrivée = V2.ville_départ
UNION
  SELECT * FROM Vols ;
```

Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus deux escales :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	CDG	CDG

CDG à CDG via EDI et AMS

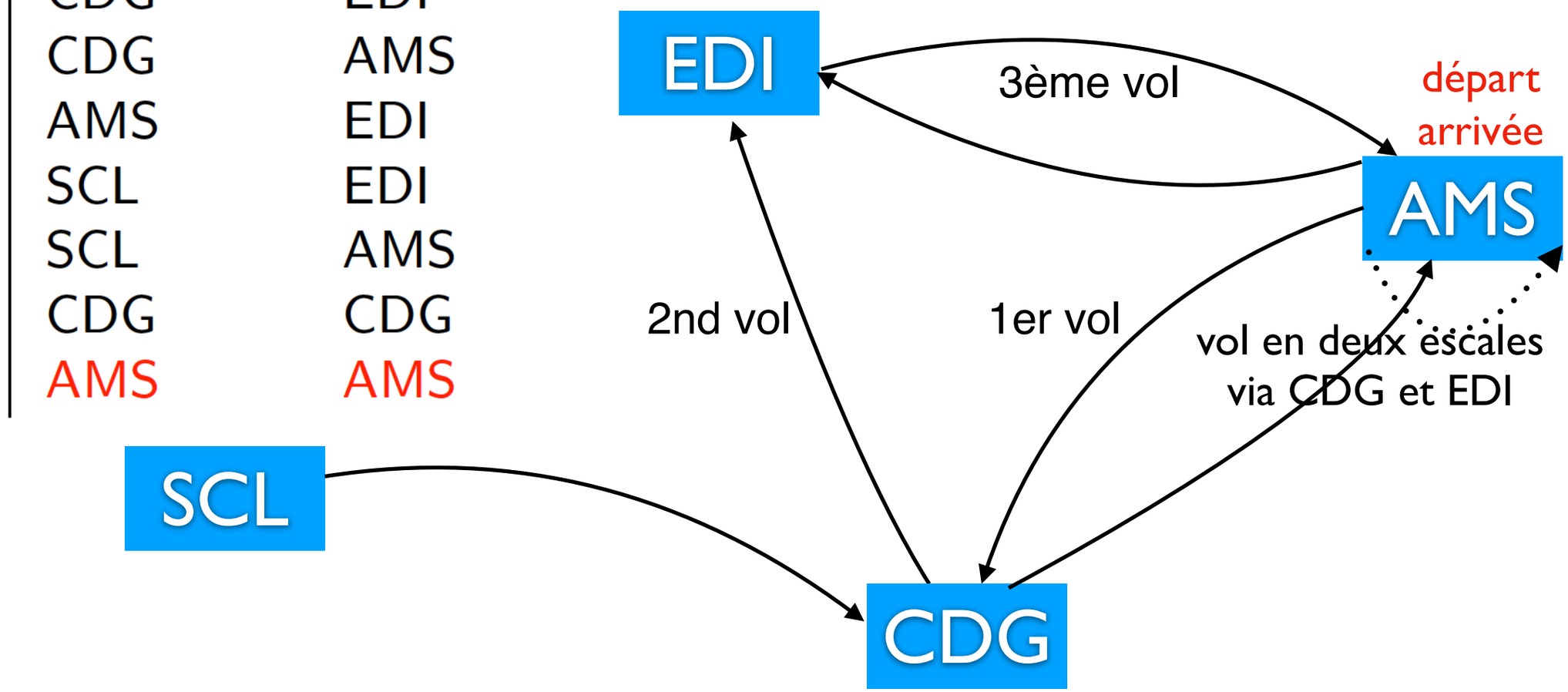


Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus deux escales :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	CDG	CDG
	AMS	AMS

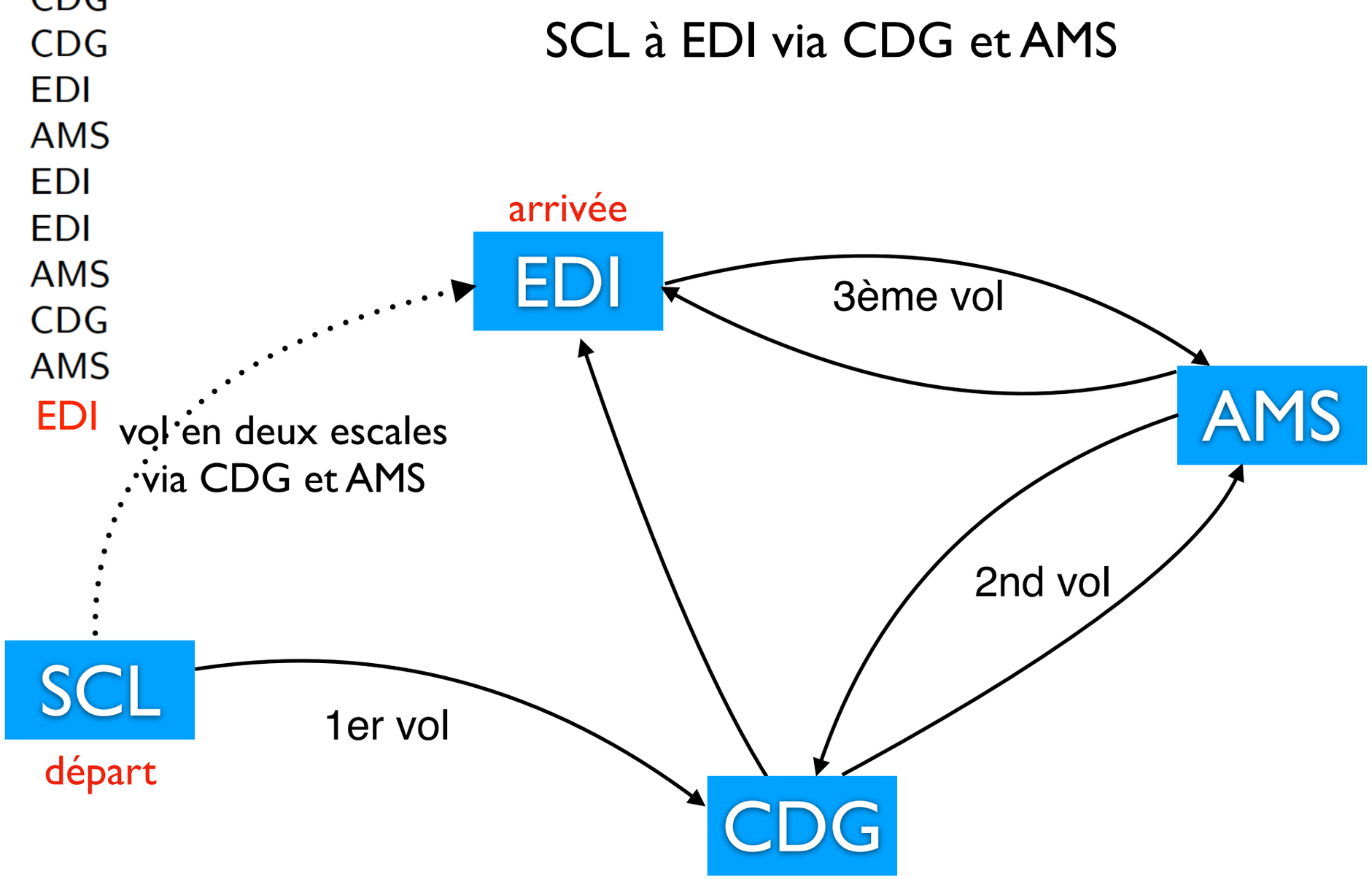
AMS à AMS via CDG et EDI



Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus deux escales :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	CDG	CDG
	AMS	AMS
	SCL	EDI



Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus deux escales :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	CDG	CDG
	AMS	AMS
	~~SCL~~	~~EDI~~

- Là encore on a UNION (et non UNION ALL), on élimine donc les doublons

Requêtes d'accessibilité

- Les vols en au plus deux escales :

Vols	ville_aller	ville_arrivée
	SCL	CDG
	AMS	CDG
	CDG	EDI
	CDG	AMS
	AMS	EDI
	SCL	EDI
	SCL	AMS
	CDG	CDG
	AMS	AMS

- Là encore on a `UNION` (et non `UNION ALL`), on élimine donc les doublons

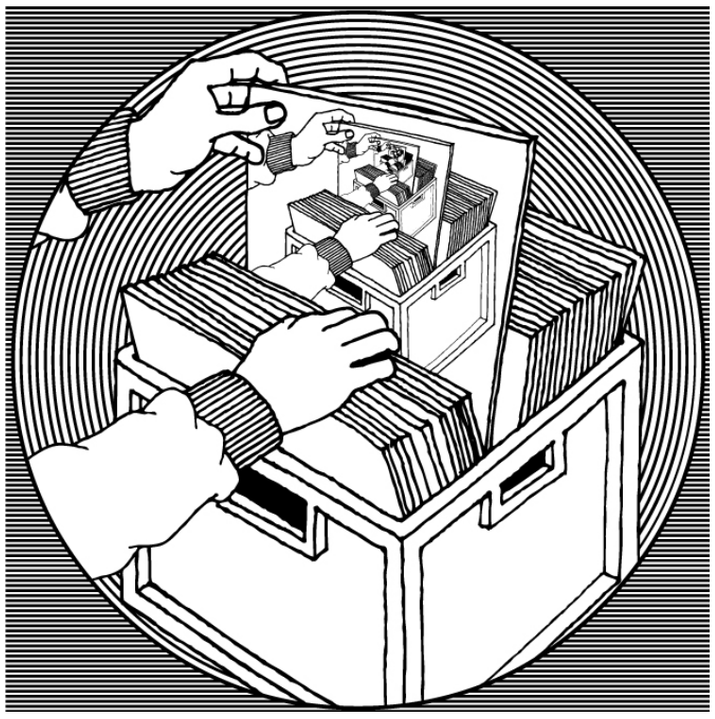
Requêtes d'accessibilité

- Pour tout nombre k fixé, on peut écrire en SQL la requête
  - Trouver toutes les paires de villes (A, B) t.q. on peut aller de A à B en au plus k escales
- Mais qu'en est-il de la requête d'accessibilité générale :
  - Trouver toutes les paires de villes (A, B) t.q. on peut aller de A à B en n'importe quel nombre d'escales
- Les premières versions de SQL ne pouvaient pas l'exprimer.
- Depuis SQL3 (1999 : ISO/IEC 9075), c'est devenu possible.
- Règle générale : éviter la négation dans les requêtes récursives

(critères très compliqués si on veut l'utiliser)

Requêtes d'accessibilité

- Syntaxe de PostgreSQL :



```
WITH RECURSIVE Access(ville_départ, ville_arrivée) AS
(
   SELECT * FROM Vol
UNION
   SELECT V.ville_départ, A.ville_arrivée
   FROM Vol V, Access A
   WHERE V.ville_arrivée = A.ville_départ
)
SELECT * FROM Access ;
```

- Forme générale de la requête du AS :
  - Un terme non récursif (ici SELECT * FROM Vol)
  - UNION ou UNION ALL
  - Un terme récursif pouvant contenir une référence au résultat
  - de la requête elle même

Requêtes d'accessibilité

- Syntaxe de PostgreSQL :

```
WITH RECURSIVE R(attribut_1, ..., attribut_n) AS
(
  requête de base (sans R)
UNION [ALL]
  requête récursive (avec R)
  )
  Requête avec R (et possiblement d'autres tables) ;
```

Contrepartie algébrique : nouvel opérateur While

- Algèbre : essentiellement programmation impérative (contrairement au calcul)
- On ajoute à l'algèbre :
- la possibilité de définir des variables intermédiaires et de leur affecter une valeur (ne change pas le pouvoir d'expression)
- un opérateur while de la forme :

while no change do

… affectation de valeur à une ou plusieurs variables …
done

Sémantique : le contenu de la boucle est exécuté tant que les affectations changent les variables sous-jacentes

Boucles infinies possibles !

While inflationniste vs non-inflationniste

- Deux variantes :
  - Non-inflationniste : opérateur d'affectation :=, affectation arbitraire
  - Inflationniste : opérateur d'affectation +=, la variable affectée ne peut que croître

Boucles infinies impossibles avec un While inflationniste s'il n'y a pas d'arithmétique (parce que le domaine actif est fini)

Variante non inflationniste plus expressive

Evaluation récursive de requête

- On reformule la requête sous forme de règles :
  - Access(x,y) :- Vols(x,y) (se lit : si x, y $\in$ Vols, alors x, y $\in$ Access)
  - Access(x,y) :- Vols(x,z), Access(z,y) (se lit : si x, z 2 Vols et z, y 2 Access, alo Access)
- La 2ème règle est récursive : la table Access fait référence à elle même
- Evaluation :
  - Étape 0 : initialisation Access = $\emptyset$;
  - Étape i + 1 : on calcule
    - Access_i+1(x,y) :- Vols(x,y)
    - Access_i+1(x,y) :- Vols(x,z), Access_i(z,y)
  - Condition d'arrêt : si Access_i+1 = Access_i, alors

    Access_i est la réponse à la requête

Evaluation récursive de requête

- Exemple :
  - Supposons que Vol ne contienne que :

(SCL, CDG), (CDG,AMS),(AMS, EDI)

Étape 0 : Access = ∅ ;

Étape 1 : Access = {(SCL, CDG), (CDG, AMS), (AMS, EDI)}

Étape 2 :

Access = {(SCL, CDG), (CDG, AMS), (AMS, EDI),(SCL,AMS),(CDG,EDI)}

Étape 3 : Access = {(SCL, CDG), (CDG, AMS), (AMS, EDI),

(SCL,AMS),(CDG,EDI),(SCL,EDI)}

Étape 4 : on ne peut plus rien obtenir en utilisant les règles, le

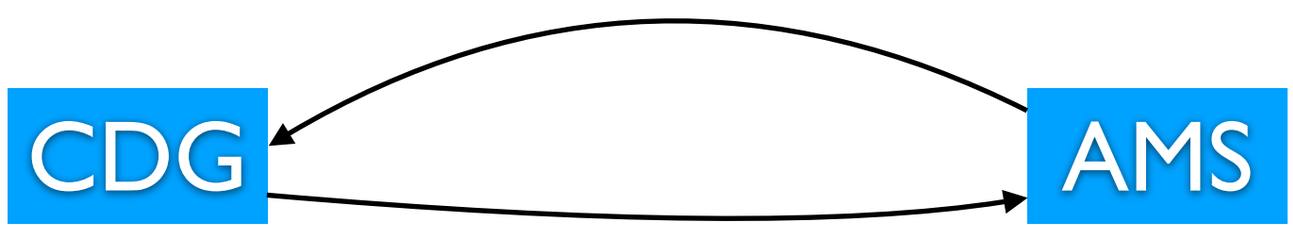
résultat est donc :

{(SCL, CDG), (CDG, AMS), (AMS, EDI),(SCL,AMS),(CDG,EDI),(SCL,EDI)}

Requêtes d'accessibilité

- Attention à UNION ALL :

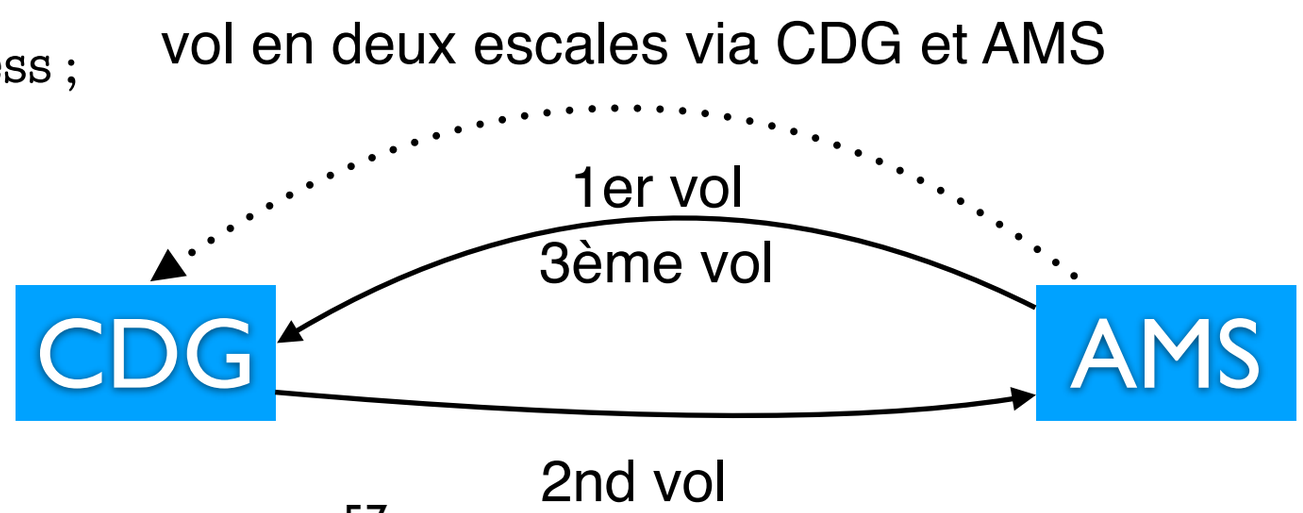
```
WITH RECURSIVE Access(ville_départ, ville_arrivée) AS
(
  SELECT * FROM Vol
UNION ALL
  SELECT V.ville_départ, A.ville_arrivée
  FROM Vol V, Access A
  WHERE V.ville_arrivée = A.ville_départ
)
SELECT * FROM Access ;
```



Requêtes d'accessibilité

- Attention à UNION ALL :

```
WITH RECURSIVE Access(ville_départ, ville_arrivée) AS
(
  SELECT * FROM Vol
UNION ALL
  SELECT V.ville_départ, A.ville_arrivée
  FROM Vol V, Access A
  WHERE V.ville_arrivée = A.ville_départ
)
SELECT * FROM Access ;
```

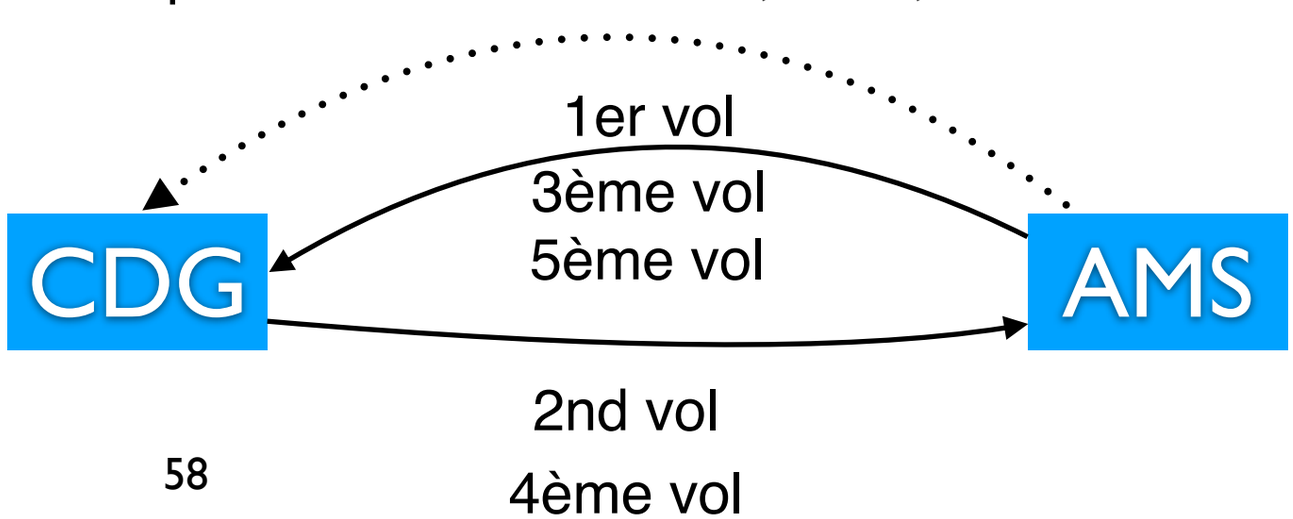


Requêtes d'accessibilité

- Attention à UNION ALL :

```
WITH RECURSIVE Access(ville_départ, ville_arrivée) AS
(
  SELECT * FROM Vol
UNION ALL
  SELECT V.ville_départ, A.ville_arrivée
  FROM Vol V, Access A
  WHERE V.ville_arrivée = A.ville_départ
)
SELECT * FROM Access ;
```

vol en quatre escales via CDG, AMS, CDG et AMS

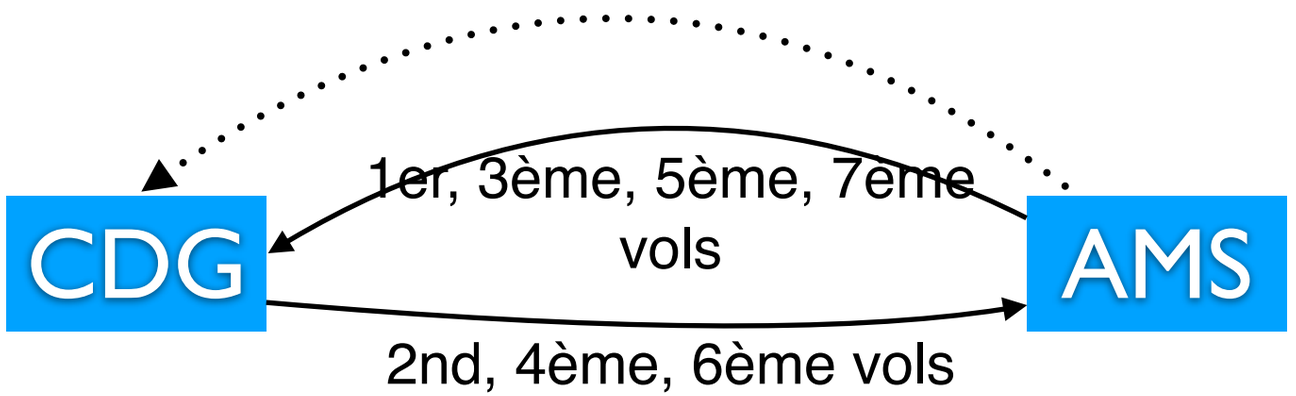


Requêtes d'accessibilité

- Attention à UNION ALL :

```
WITH RECURSIVE Access(ville_départ, ville_arrivée) AS
(
  SELECT * FROM Vol
UNION ALL
  SELECT V.ville_départ, A.ville_arrivée
  FROM Vol V, Access A
  WHERE V.ville_arrivée = A.ville_départ
)
SELECT * FROM Access ;
```

vol en six escales via CDG, AMS, CDG, AMS etc



Etc…

Requêtes d'accessibilité

- Les requêtes ne sont plus "sûres" et peuvent avoir des résultats infinis. Par précaution on peut utiliser LIMIT dans la requête

```
WITH RECURSIVE Access(ville_départ, ville_arrivée) AS
(
  SELECT * FROM Vol
  UNION ALL
    SELECT V.ville_départ, A.ville_arrivée
    FROM Vol V, Access A
    WHERE V.ville_arrivée = A.ville_départ
)
SELECT * FROM Access
LIMIT 1000 ;
```

- Ici la réponse sera limitée aux 1000 premiers résultats

Requêtes d'accessibilité

- Trouver toutes les sous-parties directes et indirectes d'un produit, si seules les inclusions immédiates sont données par une table :

```
WITH RECURSIVE parties_incluses(sous_partie, partie, quantite) AS
(
  SELECT sous_partie, partie, quantite FROM parties
  WHERE partie = 'produit X'
  UNION ALL
    SELECT p.sous_partie, p.partie, p.quantite
    FROM parties_incluses pr, parties p
    WHERE p.partie = pr.sous_partie
)
SELECT sous_partie, SUM(quantite) as quantite_totale
FROM parties_incluses
GROUP BY sous_partie ;
```

- Ici les données sont hiérarchiques, on ne bouclera donc pas indéfiniment.

Requêtes d'accessibilité

- Trouver tous les prérequis d'un cours :

```
WITH RECURSIVE c_prereq(id_cours, id_prereq) AS
(
   SELECT id_cours, id_prereq FROM prereq
UNION
   SELECT prereq.prereq_id, c_prereq.id_cours
   FROM prereq, c_prereq
   WHERE prereq.id_cours = c_prereq.id_prereq
)
SELECT *
FROM c_prereq ;
```

Requêtes d'accessibilité

- Calculer la somme des n premiers entiers :

```
WITH RECURSIVE t(n) AS
(
  VALUES (1)
UNION
  SELECT n+1 FROM t WHERE n < 100
)
SELECT sum(n) FROM t;
```

- Type d'expressivité typique des langages de programmation (ce que n'est pas SQL) : la récursion fait ici considérablement gagner en expressivité.

Récursivité et négation

- Un exemple de récursion problématique :

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
SELECT S.A FROM S
    WHERE S.A NOT IN
    (SELECT R.A FROM R)
)
SELECT * FROM R ;
```

- Attention : cette syntaxe est incorrecte en SQL :

```
ERROR: recursive query "r" does not have the form
non-recursive-term UNION [ALL] recursive-term
```

Récursivité et négation

- Avec une syntaxe « un peu moins » incorrecte :

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
  SELECT S.A FROM S WHERE S.A <> S.A
UNION
  SELECT S.A FROM S
  WHERE S.A NOT IN
  (SELECT R.A FROM R)
)
SELECT *
FROM R ;
```

- Encore une erreur :

```
ERROR: ERROR: recursive reference to query "r" must not appear within a subquery
```

Remarque : ici l'ajout de SELECT S.A FROM S WHERE S.A <> S.A a été réalisé dans l'unique but de mieux respecter la syntaxe, mais le résultat de la requête étant vide, la sémantique est la même

Récursivité et négation

- Ok, Postgres a probablement de bonnes raisons de ne pas aimer
- Que se passe-t-il si on essaie de comprendre la sémantique de cette requête ?

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
SELECT S.A FROM S
    WHERE S.A NOT IN
(SELECT R.A FROM R)
)
SELECT * FROM R;
```

- On reformule d'abord la requête sous forme de règles :

$$R(x) :- S(x), \neg R(x) \quad \text{i.e.} \quad x \in R \text{ si } x \in S \text{ et } x \notin R$$

Récursivité et négation

- On reformule d'abord la requête sous forme de règles :

$$R(x) :- S(x), \neg R \quad \text{i.e.} \quad x \in R \text{ si } x \in S \text{ et } x \notin R$$

- On considère S = {1,2}

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
SELECT S.A FROM S
    WHERE S.A NOT IN
    (SELECT R.A FROM R)
)
SELECT * FROM R ;
```

- Etape 0 : ∅

Récursivité et négation

- On reformule d'abord la requête sous forme de règles :

$$R(x) :- S(x), \neg R \quad \text{i.e.} \quad x \in R \text{ si } x \in S \text{ et } x \notin R$$

- On considère S = {1,2}

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
SELECT S.A FROM S
    WHERE S.A NOT IN
    (SELECT R.A FROM R)
)
SELECT * FROM R ;
```

- Etape 1 : {1,2}

Récursivité et négation

- On reformule d'abord la requête sous forme de règles :

$$R(x) :- S(x), \neg R \quad \text{i.e.} \quad x \in R \text{ si } x \in S \text{ et } x \notin R$$

- On considère S = {1,2}

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
SELECT S.A FROM S
    WHERE S.A NOT IN
    (SELECT R.A FROM R)
)
SELECT * FROM R ;
```

- Etape 3 : ∅

Récursivité et négation

- On reformule d'abord la requête sous forme de règles :

$$R(x) :- S(x), \neg R \quad \text{i.e.} \quad x \in R \text{ si } x \in S \text{ et } x \notin R$$

- On considère S = {1,2}

```
WITH RECURSIVE R(A) AS
(
SELECT S.A FROM S
    WHERE S.A NOT IN
    (SELECT R.A FROM R)
)
SELECT * FROM R ;
```

- Etape 4 : {1,2} etc…
- Problème : le calcul ne terminera jamais…

Récursivité et négation : morale

- Morale : ne pas utiliser `NOT IN`, `EXCEPT` et `NOT EXISTS` dans la partie récursive des requêtes d'accessibilité
- Le standard SQL3 a un ensemble de règles très compliquées spécifiant comment on pourrait les utiliser correctement
- Mais en fait l'implémentation du `WITH RECURSIVE` dans Postgres ne permet même pas d'utiliser le terme récursif dans une sous requête !
- Différence entre "Le" standard et ses implémentations (e.g., pas de requêtes récursives dans MySQL et restrictions par rapport au standard dans PostgreSQL, Oracle implémente encore différemment la récursivité sous forme de « requêtes hiérarchiques » : syntaxe `START WITH` et `CONNECT BY`)

  Edit : Oracle implémente maintenant également le `WITH RECURSIVE`.

Le coût des jointures

- Retourner les vols avec n escales demande n jointures : temps d'exécution des requêtes vite prohibitif ! (« join pain »)
- Profondeur des escales bornée (heureusement pour le passager…)
- Ok pour des vols donc, mais quid d'un système de recommandation ?..
- Secret des bases de données orientées graphe : éviter toutes ces jointures !