

Base de données distribuée



Base de données distribuée

Historique:

- Dans les années 60, chaque application maintient ses données dans un fichier plat.
- Après les données ont pris une indépendance par rapport aux applications métier avec les bases de données.
- Avec la BDD les données sont intégrées et pas centralisées, parce que les BDs peuvent être présentes en plusieurs endroits.
- Il y a eu *peer-to-peer* (P2P) puis *client-serveur*.
- Cloud IAAS, PAAS et SAAS et enfin DAAS pour Infrastructure, Platform, Software et DB As A Service.



Base de données distribuée

Accès à un disque dur partagé:

- Pour avoir un accès sur l'ensemble des données, une entreprise a mis en place un serveur en réseau et a partagé son disque dur avec l'ensemble des employés.
- L'avantage de cette solution :
 - Un seul backup, maintenance d'un seul serveur,
 - La panne du disque engendre une perte de données.
- Les inconvénients:
 - Saturation du réseau. Augmentation des accès concurrents.
 - Chute des performances.



Base de données distribuée

Accès à un disque dur partagé:

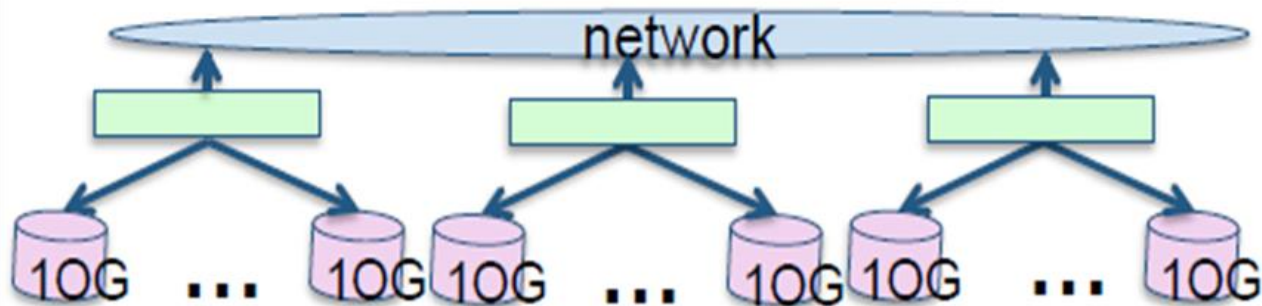
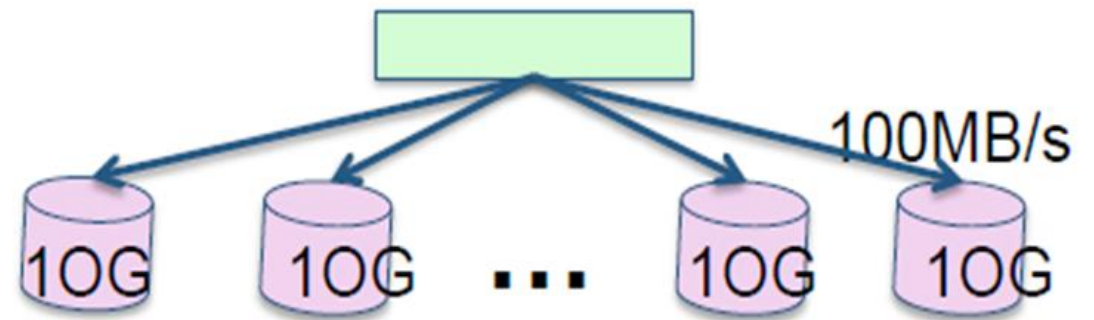
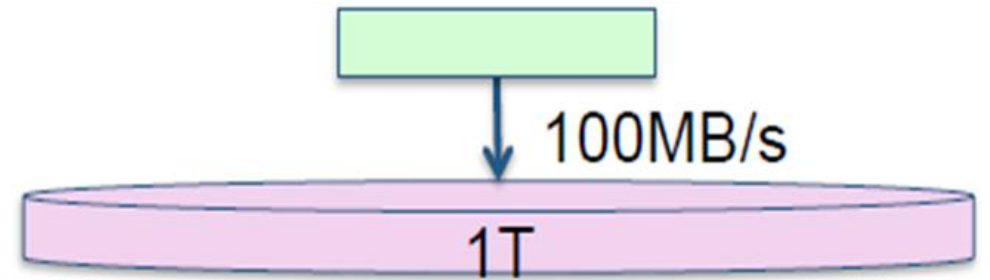
- Une Pseudo-solution serait de répartir les employés en plus petit groupe et d'utiliser plusieurs serveurs selon un nombre d'utilisateurs.
- Mais cela pose le problème de synchronisation des données entre serveurs et l'accès au fichier d'un autre groupe ...etc.
- Réplication par 2: banques, Réplication par 3: AirBus.



Base de données distribuée

Exemple d'accès à un disque dur:

- Pour un scan séquentiel et on considère que 1 Téra = 1000 Giga, la durée serait de ~ 2.7 heures.
- Pour un scan de BD fragmentée, la durée serait de ~ 1.6 min.



Base de données distribuée

Définition générale:

- Est une base de données dont la gestion est traitée par un réseau d'ordinateurs interconnectés (nœud) qui stockent des données de manière distribuée.
- Une base de données distribuée est gérée par plusieurs processeurs, sites ou SGBD, tout en cachant la complexité des opérations aux utilisateurs qui à leur tour pensent qu'ils accèdent à une base de données centralisée.



Base de données distribuée

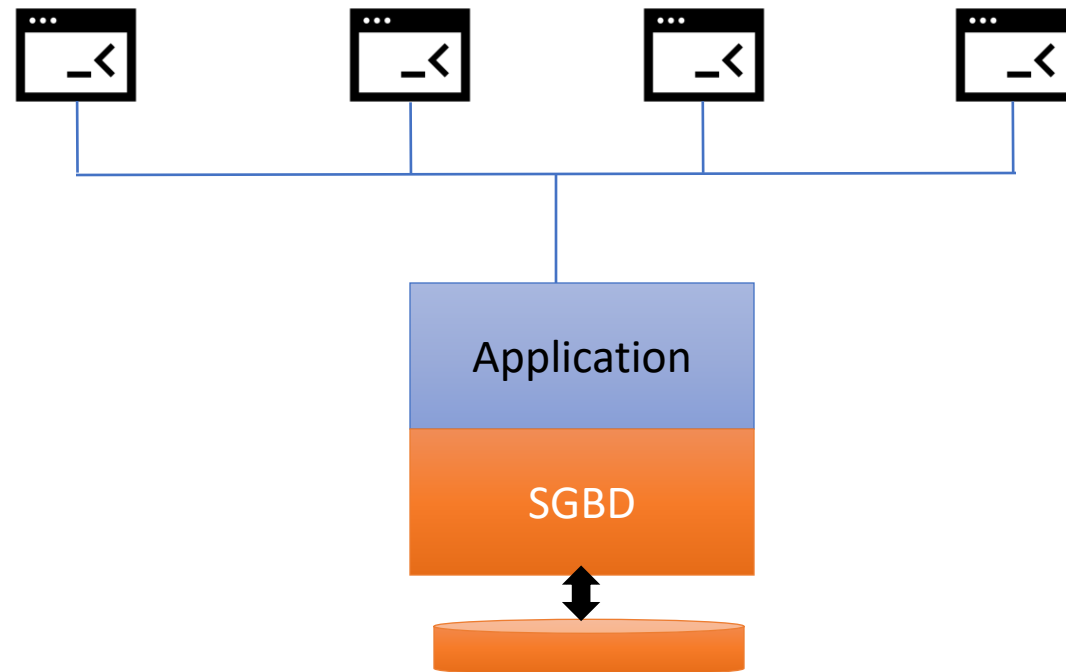
Définition générale:

- Un système de base de données distribuée est situé sur différents sites qui ne partagent pas de composants physiques. Le cas d'une BD qui doit être consultée par différents utilisateurs à l'échelle mondiale.
- Une base de données distribuée est soit homogène ou hétérogène.



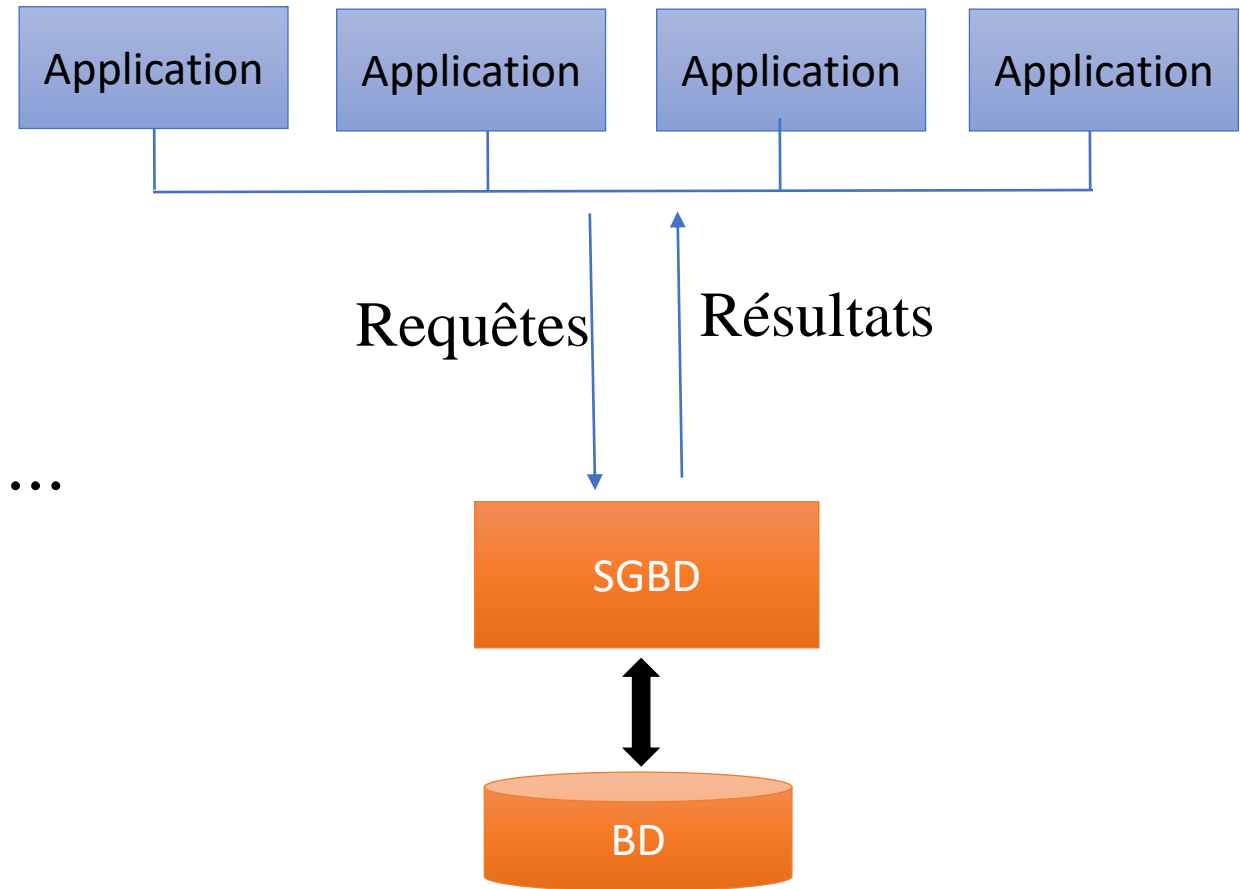
De mono-architecture vers la distribution

- Les SGBD au début ont une architecture centralisée avec plusieurs utilisateurs et plusieurs terminaux.



De mono-architecture vers la distribution

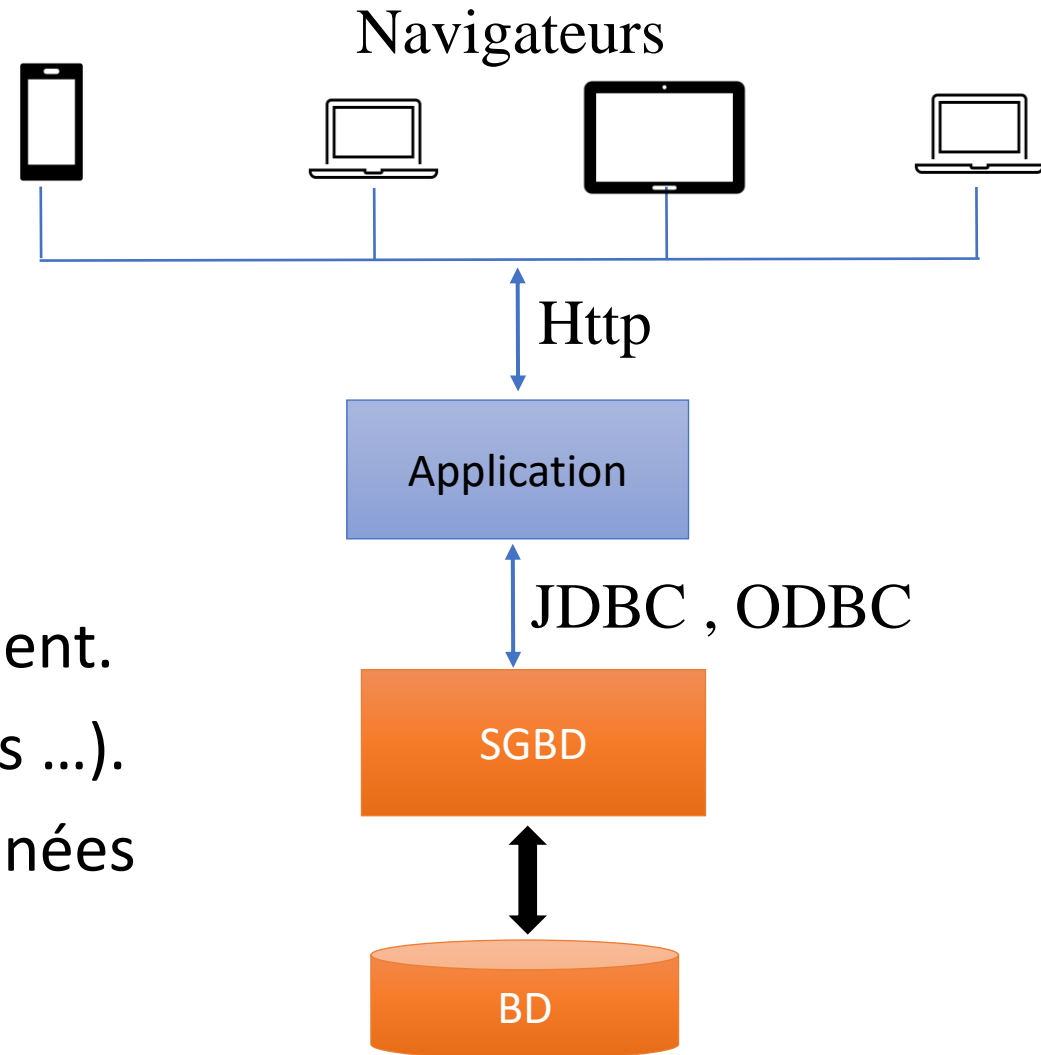
- Architecture client-serveur
- Gestion des requêtes, des transactions, administration ...



De mono-architecture vers la distribution

Architecture 3 tiers

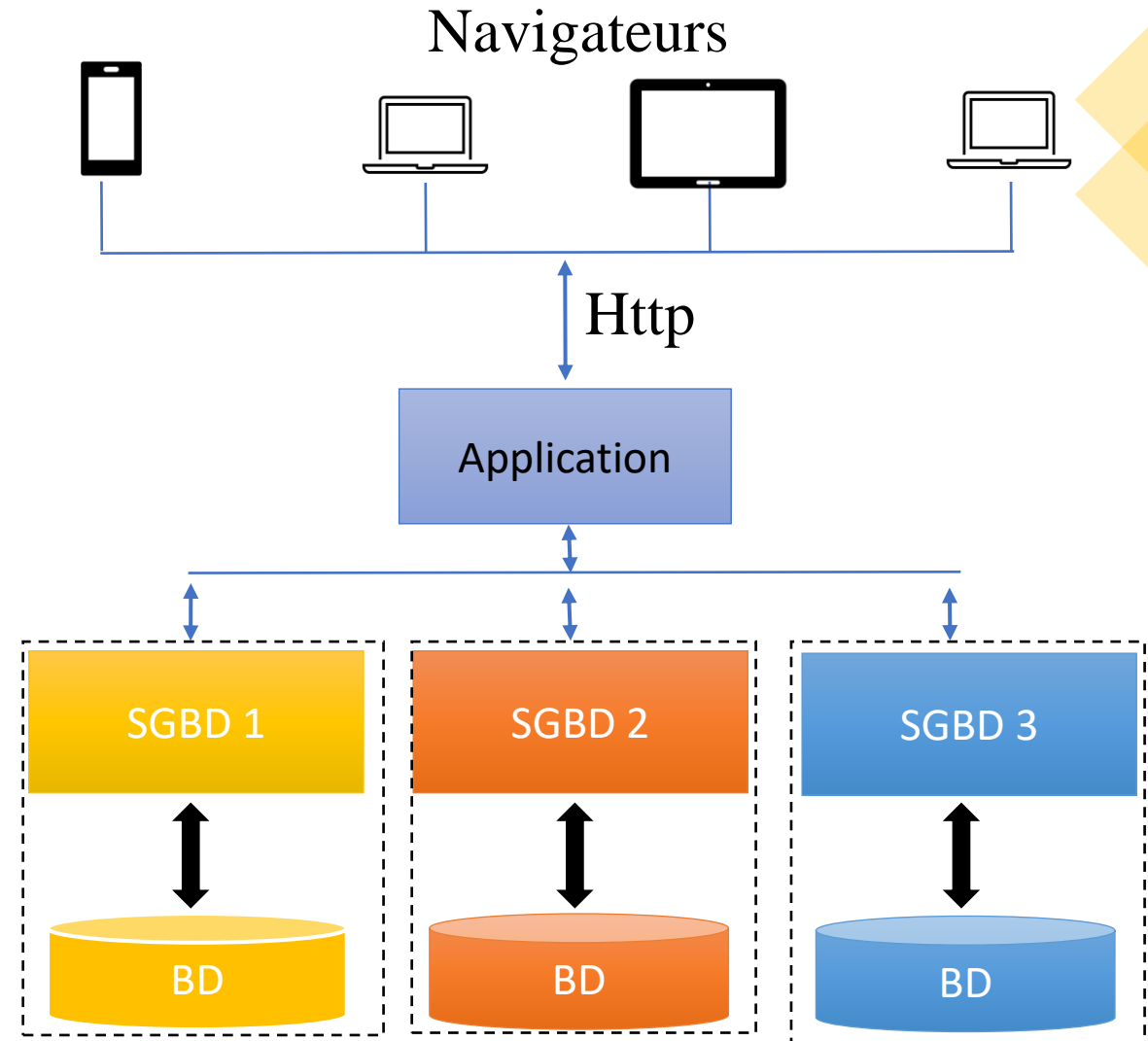
- **Le niveau client** : un navigateur Web
- **Le niveau Applicatif**:
 - logique métier.
 - Communique avec le SGBD et le client.
 - Gère l'application (Java, C#, Node.js ...).
- **Le niveau serveur BD** : base de données



De mono-architecture vers la distribution

Architecture BD distribuées

- **Modèles différents** : Relationnelle, document, colonne ...
- **Sous des OS différents** : Windows server, Linux.
- **SGBD différents** : PostgreSQL, SQL Server, MySQL ...
- **Requêtes différentes**: SQL, XQuery



Systèmes distribués

Un système distribué est une application qui coordonne les actions de plusieurs ordinateurs pour réaliser une tâche particulière.

Exemple: *BOINC* est une plate-forme de calcul distribué (ou calcul volontaire) sur Internet. Elle permet aux utilisateurs s'y connectant de fournir la puissance de calcul de leur propre machine afin de soutenir divers projets scientifiques.

Avec une dernière découverte: *Chris Caldwell's "The Largest Known Primes Database"*, elle a été faite par Lukas Plätz (Lukas) d'Allemagne à l'aide d'un processeur AMD Ryzen 7 3700X 8 cœurs avec 16 Go de RAM, exécutant Linux Mint.



Base de données distribuée

Éléments de traitements autonomes:

- Nous définissons un système informatique distribué comme un certain nombre d'éléments de traitements autonomes (ETA).
- Les capacités de ces éléments de traitement peuvent différer, ils peuvent être hétérogènes.
- L'aspect important est que les ETA n'ont pas accès aux états des uns les autres , ils ne peuvent apprendre qu'en échangeant des informations.



Base de données distribuée

Géo-distribuées:

- Dans le cas des BDD géo-distribuées les sites sont interconnectés par réseau avec des échanges longs et des erreurs potentielles. On parle de "sites".
- Dans le cas la BDD est sur le même site , les éléments de traitements autonomes (ETA) se trouvent sur le même site et donc la communication est plus efficace. Puisque ils sont regroupé dans le même data center, on parle de "nodes".

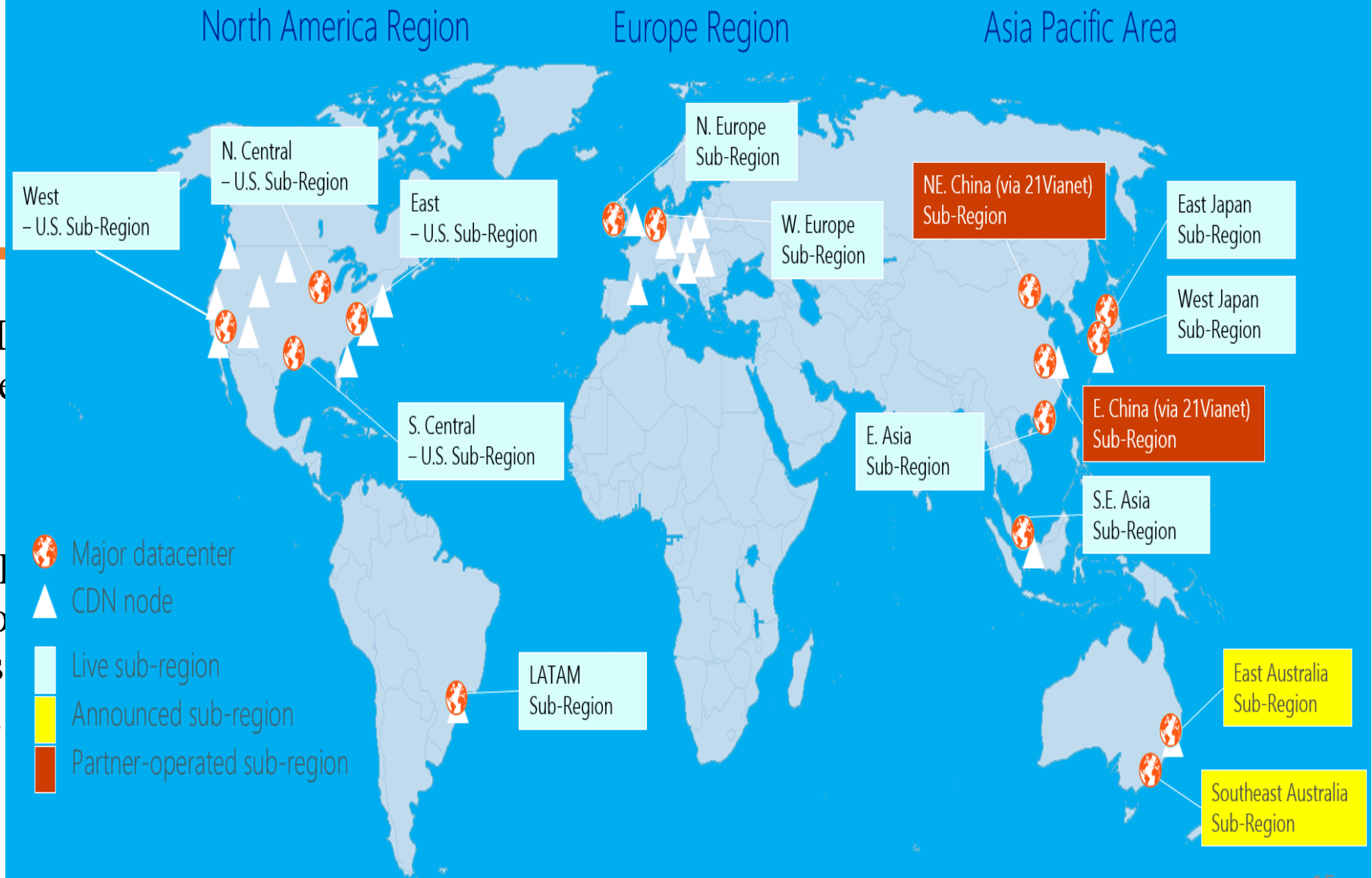


Base de données

Global Data Center Presence

Géo-distribuées:

- Dans le cas des BDD par réseau avec de la communication es parle de "sites".
- Dans le cas la BDD traitements autonomes communication es même data center,



Base de données distribuée

Logique vs Physique:

- La BD logique est vue par l'utilisateur comme une seule et même base de données.
- La BD physique représente la totalité des BDs regroupés en une BD logique.
- En somme, un SGBD distribué est logiquement intégré mais physiquement distribué. Cela signifie qu'un SGBD distribué donne aux utilisateurs la vue d'une base de données unifiée, tandis que les données sous-jacentes sont physiquement distribuées.



Base de données distribuée

Base de données homogène :

- Dans une base de données homogène, tous les sites stockent la base de données de manière identique.
- Le système d'exploitation, le système de gestion de la base de données et les structures de données utilisées : tous sont identiques sur tous les sites.
- Ils sont donc faciles à gérer.



Base de données distribuée

Base de données hétérogène:

- Les différents sites peuvent utiliser des schémas et des logiciels différents susceptibles d'entraîner des problèmes dans le traitement des requêtes et les transactions.
- Des ordinateurs différents peuvent utiliser un système d'exploitation différent ou/et une application de base de données différente.
- Ils peuvent même utiliser des modèles de données différents pour la base de données.



Base de données distribuée

Stockage

- Le stockage peut être soit partitionné entre différents nœuds du réseau, soit répliqué entièrement sur chacun d'eux, ou soit organisé de façon hybride.
- Le stockage se fait de deux façons: Réplication et Fragmentation.



Base de données distribuée

Stockage: Réplication

- Dans cette approche, l'ensemble de la BD est stocké de manière redondante sur 2 sites ou plus.
- Si l'ensemble de la base de données est disponible sur tous les sites, il s'agit d'une base de données entièrement redondante.
- Les systèmes conservent des copies des données.
- Avantages: Elle augmente la disponibilité des données sur différents sites et le traitement peut se faire en parallèle.
- Inconvénients: Les données doivent être constamment mises à jour et le contrôle de la simultanéité devient beaucoup plus complexe.



Base de données distribuée

Stockage: Fragmentation

- Les relations sont fragmentées (c'est-à-dire qu'elles sont divisées en plus petites parties) et chacun des fragments est stocké dans différents sites où il est nécessaire.
- La fragmentation est avantageuse car elle ne crée pas de copies des données, la cohérence n'est pas un problème.
- Fragmentation horizontale - Séparation par lignes - La relation est fragmentée en groupes de tuples de sorte que chaque tuple est attribué à au moins un fragment.
- Fragmentation verticale : séparation par colonnes. Le schéma de la relation est divisé en schémas plus petits. Chaque fragment doit contenir une clé candidate commune afin d'assurer une liaison sans perte.



Base de données distribuée

Echange de données entre éléments de traitements autonomes:

- L'échange se fait soit entre serveurs ou entre clients et serveurs.
- L'échange a trois dimensions:
Modes d'échange, fréquence, méthodes de communication
- Les choix de ces dimensions donnent beaucoup d'architectures possible pour les BDs.
- NB: Les dimensions que nous avons choisies sont sujette à débat entre professionnels. Il peut y avoir d'autre propositions.



Base de données distribuée

Echange de données: *Modes d'échange*

- *Pull-only*: le transfert de données est initié par une demande comme un client qui demande des données depuis un serveur.
- Quand la requête est reçue, le serveur localise et transfère les données.
- Les clients prennent connaissance des mises à jour des données du fournisseur uniquement lorsqu'il l'interroge explicitement.
- Les données fournies sont limitées à ce que le demandeur connaît au préalable et à ce qu'il va demander. (Questionner une base de données).



Base de données distribuée

Echange de données: *Modes d'échange*

- *Push-only*: le transfert de données des fournisseurs est initié par un *push* sans requête spécifique (push d'un test A/B).
- Ce qui est délicat dans la méthode *push* c'est de décider quelles données sont pertinentes pour les clients et quand ils veulent les avoir ou pas.
- Diffuser des informations à un ensemble illimité de récepteurs (random broadcast) ou bien à un ensemble sélectif de clients(multicast).
- Le challenge c'est comment le fournisseur prédit les besoins des clients.



Base de données distribuée

Echange de données: *Modes d'échange*

- *Hybride ou Mixte*: le transfert de données se base sur un *pull* et un *push*.
- Le transfert de données des fournisseurs aux clients est d'abord initié par un pull ensuite, les transferts ultérieurs des mises à jour des données sont initiés par un push par le fournisseur.
- Exemple: un pc qui demande les mises-à-jour, ensuite le serveur les liste et les envoie.



Base de données distribuée

Echange de données: *Fréquence*

- *Périodique*: les données sont envoyées dans un délai fixe et régulier.
- Le *pull* et *push* peuvent être effectués de façon périodique.
- Exemple de *pull* périodique: Demande de prix
des légumineuses chaque matin
depuis le marché central.
- *push* périodique: Mise-à-jour des BD d'un antivirus.



Base de données distribuée

Echange de données: *Fréquence*

- Conditionnel: les données sont envoyées aux récepteurs une fois certaines conditions sont satisfaites.
- Les conditions peuvent être de statut, de résultats ...etc.
- Exemple: Un fournisseur qui envoie une notification quand le nombre d'acheteurs dépasse 15%.

Base de données distribuée

Echange de données: *Fréquence*

- *Ad-hoc*: les données sont envoyées de façon irrégulière et souvent en *pull*. (en réponse à une demande)
- Les données sont extraites des fournisseurs de manière ad hoc en réponse aux demandes.



Base de données distribuée

Echange de données: *méthodes de communication*

- Déterminer les différentes façons dont les fournisseurs et les destinataires communiquent entre eux.
- Unicast/one-to-one ou Multicast ou Broadcast/ one-to-many.
- One-to-One: le fournisseur envoie des données à un destinataire.
- One-to-Many: le fournisseur envoie des données à un certain nombre de destinataires.



Base de données distribuée

Avantages des BD distribuées:

Les BD distribuées permettent d'avoir en théorie beaucoup d'avantages, on peut citer principalement:

1. Transparence de management
2. Accès fiable aux données
3. Augmentation des performances
4. Evolutivité

Avantages BD distribuée

1. Transparence de management:

- Elle fait référence à la séparation de la sémantique de niveau supérieur des problèmes d'un système de niveau inférieur.
- Un système transparent cache les détails aux utilisateurs.
- Elle représente le concept d'indépendance des données.



Avantages BD distribuée

1. Transparence de management: Exemple

*SELECT * FROM Employee*

...

WHERE Budget > 2000

- Imaginez les tables:

Employee (IdEmployee, Nom, Prenom , Fonction, Age)

Projet(IdProjet, Nom, Budget, Ville)

Empl_Projet(IdEmployee, IdProjet)

- Si nous considérons que les employées sont réparties sur plusieurs villes, et chaque base de données est stockée dans la ville correspondante. (Fragmentation de données).
- L'utilisateur de la BDD ne doit pas savoir ni se préoccuper du stockage des données.

Avantages BD distribuée

1. Transparence de management:

- **Indépendance des données:** les applications ne peuvent pas changer le schéma (indépendance logique) ni le stockage (indépendance d'organisation physique).
- **Transparence du réseau:** Les utilisateurs doivent être protégés des détails opérationnels du réseau informatique. Ils ne font pas la différence entre une BD centralisée ni une BD distribuée.



Avantages BD distribuée

1. Transparence de management:

- Fragmentation: fournir les données à l'utilisateur à partir de l'emplacement le plus proche de lui et le plus rapidement possible. Par conséquent, les données d'un tableau sont divisées en fonction de leur emplacement ou selon les besoins de l'utilisateur. Ceci est généralement fait pour des raisons de performances, de disponibilité et de fiabilité.
- **Fragmentation transparente:** les utilisateurs ne doivent pas être au courant des données fragmentées.

Avantages BD distribuée

1. Transparence de management:

- **Réplication transparente:**

En supposant que les données soient répliquées, la question de la transparence est de savoir si les utilisateurs doivent être conscients de l'existence de copies ou si le système doit gérer la gestion des copies et l'utilisateur doit agir comme s'il n'y avait qu'une seule copie des données.

Avantages BD distribuée

2. Accès fiables aux données:

- Ils améliorent la fiabilité car ils ont des composants répliqués et éliminent ainsi les **points de défaillance uniques**.
- La défaillance d'un seul site, ou défaillance d'un lien de communication ne rend pas tout le système obsolète.
- Cela passe par des transactions qui respectent les protocoles de contrôle de la concurrence distribuée et de fiabilité distribuée, généralement plus compliqué que celle des BD centralisée.



Avantages BD distribuée

3. Augmentation des performances:

Lieu des données:

- Chaque site stocke une partie des données globales et donc le site/serveur en question utilise moins/mieux le CPU et les I/O du serveur.
- Le lieu à proximité réduit, le temps d'accès à distance (sujet à controverse avec les nouveaux réseaux haut débit et haute capacité).



Avantages BD distribuée

3. Augmentation des performances:

Parallélisme:

- InterQuery: exécution parallèle de plusieurs requêtes générées par des transactions simultanées.
- IntraQuery: en divisant une seule requête en plusieurs sous-requêtes, chacune étant exécutée sur un site différent.



Avantages BD distribuée

4. Evolutivité:

- C'est plus facile de s'adapter à des tailles de BDs croissantes et à des charges de travail plus importantes.
- Par sa nature distribuée, on peut ajouter des serveurs de façon horizontale (scale-out) contrairement au (scale-up) plus coûteux.
- En facilitant l'ajout de nouveaux composants faiblement couplés aux serveurs de BDs, un SGBD distribué peut fournir une évolutivité plus facile.



Inconvénients BD distribuée

- La complexité architecturale: couches du BDD, contraintes d'intégrité.
- Moins d'expérience et de recul.
- Le coût de développement du système.



Inconvénients BD distribuée

- Absence de standards.
- La coordination de l'ensemble constitue des servitudes qui n'existent pas sur les systèmes centralisés.
- Que faire quand des ETA communiquent des informations contradictoires.



BD distribuée

Plan d'exécution (distribué):

Nous considérons que nous avons 5 sites.

- 2 sites pour la table Personne, 2 sites pour la table Emploi et une pour le site central (site5).
- Taille totale (Personne)= 400, Taille totale (Emploi) = 1000
- Taille totale (Emploi)/type= "perma" = 20
- L'opération d'accès = 1, opération de transfert = 10
- Les enregistrements sont distribués équitablement entre les sites et l'accès se fait instantanément.

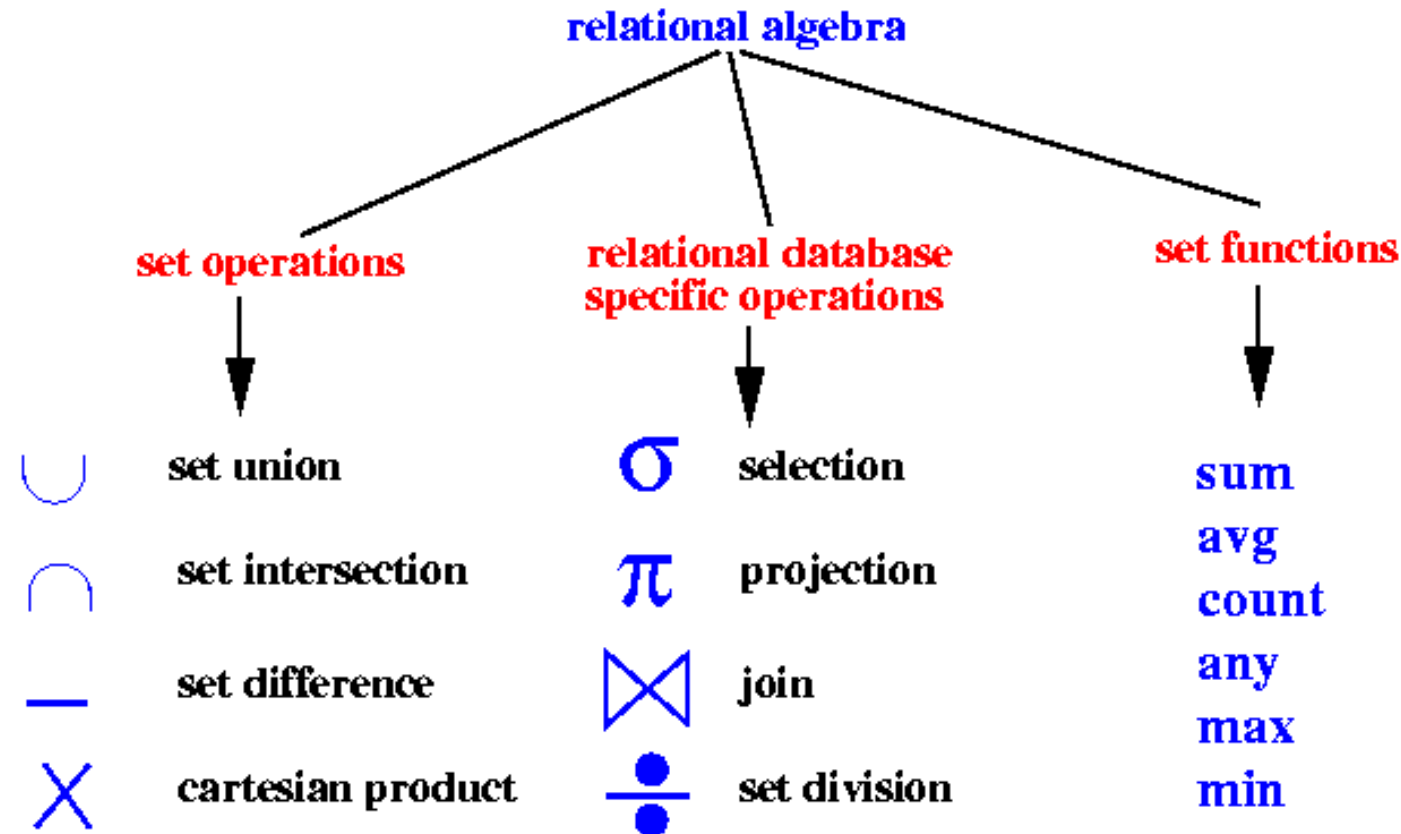


BD distribuée

Plan d'exécution (distribué):

Nous considérons :

- 2 sites pour la table
- site central (site5)
- Taille totale (Per)
- Taille totale (Em)
- L'opération d'acc
- Les enregistrements
- l'accès se fait ins



BD distribuée

Evaluation des requêtes

Plan d'exécution 1 (distribué):

- centralise toutes les données sur le site5 avant de traiter la requête.

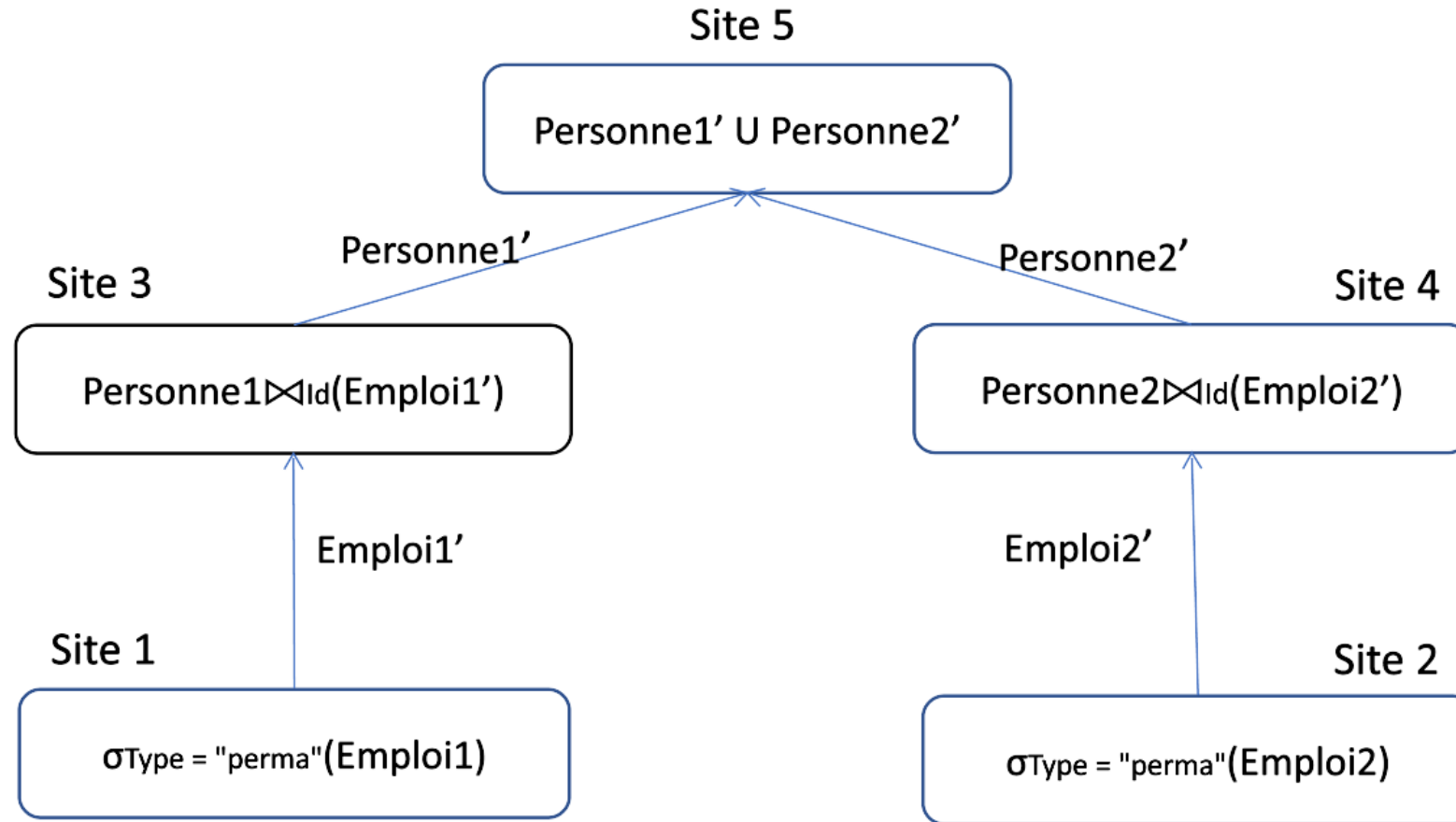
Resultat1 = (Personne1UPersonne2) ⋈ Id(σ Type = "perma"(Emploi1UEmploi2)))

- Transfert des Emploi vers site5: $1000 \times 10 = 10000$
- Transfert des Personne vers site5: $400 \times 10 = 4000$
- Liste des Emploi' : $1000 \times 1 = 1000$
- Jointure Emploi' et Personne: $400 \times 20 \times 1 = 8000$
- Total: 23000



BD distribuée

On suit ce plan d'exécution.



BD distribuée

Plan d'exécution 2 (distribué):

- Liste des Emploi': $(10 + 10) \times 1 = 20$
- Transfert des Emploi1' et Emploi2' vers site3,4: $(10 + 10) \times 10 = 200$
- Jointure des Emploi' et des Personnes : $(10 + 10) \times 1 \times 2 = 40$
- Transfert des Personne': $20 \times 10 = 200$
- Total: 460

