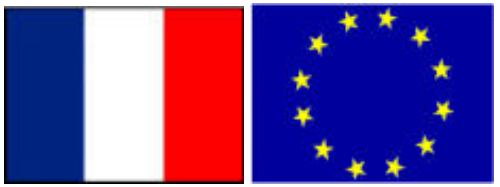


Big Data

Emergence et principes des BdD NoSQL

Stéphane Vialle **&** **Gianluca Quercini**

CentraleSupélec université PARIS-SACLAY
ÉCOLE DOCTORALE Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC)
LISN LABORATOIRE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES DU NUMÉRIQUE

région lorraine
Grand Est ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE
Région îledeFrance

Emergence et principes des BdD NoSQL

1. **Motivations et émergence des BdD NoSQL**
2. Principes des BdD NoSQL
3. Aperçu des différentes BdD NoSQL
4. Le retour de SQL…
5. Format de données JSON

Motivation et émergence

1969-1970 : arrivée du modèle relationnel

Rappel des principes :

- Repose sur des relations entre les valeurs des données
  (indépendamment de leur emplacement en mémoire)
- Manipulation à travers une algèbre et un langage de haut niveau
- Dissocie représentation-et-interrogation du stockage, et sera quand même efficace!
  (les moteurs de SGBD finiront même par être plus efficace que les solutions *ad hoc*)

Mais des contraintes :

- Toutes les lignes d'une Relation ont les mêmes colonnes
  (valeur *NULL* si absence de données)
- Modifications par séquences atomiques pour que la BdD soit toujours totalement cohérente
- Conception d'un schéma de base qui s'impose à toute la BdD
- Interrogation par *jointures* de nombreuses (petites) Relations

Motivation et émergence

1969-1970 : arrivée du modèle relationnel

On ne peut pas mettre n'importe quoi dans une BdD Relationnelle !

- Toutes les données doivent respecter le schéma initial…
  …difficile de faire entrer des données imprévues !

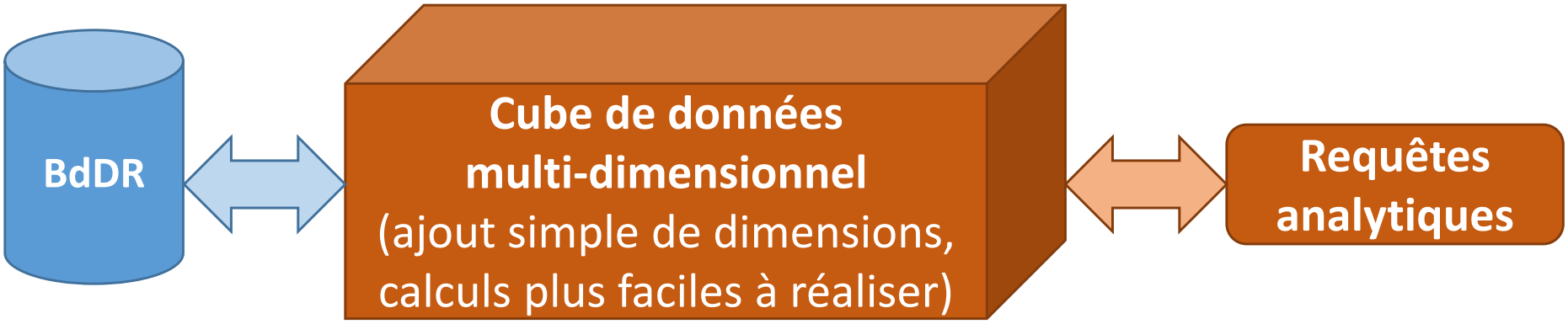
- Le langage Relationnel SQL est adapté pour extraire des informations selon des conditions sur leurs valeurs
  → requêtes OLTP (OnLine Transaction Processing) : **OK**

  …mais n'est pas adapté pour faire des calculs de statistiques complexes sur ces valeurs, ni sur des données volumineuses!
  → requêtes OLAP (OnLine Analytical Processing) : **problème…**

Motivation et émergence

1969-1970 : arrivée du modèle relationnel

De nouvelles solutions apparaissent pour les besoins en *analytics*



- OLAP, puis In-memory OLAP (plus rapide)
- CEP (*Complex Event Processing*) pour supporter des flux de mises à jour, et réagir automatiquement aux changements des données
- … la BdD SQL ne servait presque plus qu'à du stockage…

Mais besoin d'outils encore plus innovants : prémisses du Big Data analytics (Data Science) et du Big Data Engineering

Motivation et émergence

Evolution des technologies de BdD traditionnelles

Travail de CODD sur la représentation des données - 1969 → Modèle Relationnel 1970 → Avènement des SGBD relation-nels - 1980 → Le stockage devient bon marché, les historiques de data abondent → Les besoins en Data Analytics deviennent fréquents → BdD OLAP → BdD OLAP en mémoire et distribuées → **Approche Big data**

Approche Big data → Challenges in Big Data Analytics

Approche Big data → Challenges in Big Data Engineering

Deux types de requêtes / d'utilisation :

Requêtes OLTP : approche transactionnelle classique des BdD Relationnelles

Requêtes OLAP : besoin en analyse de données, peu favorable aux BdD Relationnelles

Motivation et émergence

Théorème / problème « CAP »

Base toujours perçue cohérente, même pendant les mises-à-jour

Disponibilité garantie en l'absence de pannes

Résistance aux pannes en distribué

En mode distribué à large échelle :

- on n'a jamais toutes les data à jour en même temps
- on ne peut pas différer des requêtes chaque fois qu'on fait une maj (on ne traiterait jamais de requêtes!)
- on ne peut pas arrêter de fonctionner dès que des parties de la BdD sont en pannes

Motivation et émergence

Théorème / problème « CAP »

Base toujours perçue cohérente, même pendant les mises-à-jour

Disponibilité garantie en l'absence de pannes

Résistance aux pannes en distribué

En mode distribué à large échelle :

- **on ne peut vérifier que 2 propriétés sur 3**
  (théorème CAP, E. Brewer 2000-2002)
- **le Big Data et le NoSQL renoncent surtout à la garantie de *consistency***

Mais on repousse sans cesse la limite

Motivation et émergence

Google → 2004 → BigTable / GFS

Entrepôt de données orienté colonnes : données en tables 2D, mais les lignes peuvent avoir des colonnes différentes

Microsoft (rachat de Powerset en 2008) → 2008+ → HBase (Apache, OpenSrc)

Entrepôt de données orienté colonnes (nouvelle version)

amazon → 2007 → Dynamo

Entrepôt de paires clé-valeur, archi distribuée sans maître

DynamoDB

Offre sur Cloud Amazon

Emergence en milieu industriel avec les pb « web scale »

facebook → 2008-2009 → Cassandra (Apache)

Entrepôt données orienté colonnes, archi distribuée sans maître

Emergence et principes des BdD NoSQL

1. Motivations et émergence des BdD NoSQL
2. **Principes des BdD NoSQL**
3. Aperçu des différentes BdD NoSQL
4. Le retour de SQL…
5. Format de données JSON

Principes du NoSQL

« NoSQL *vs* SQL » :

- **Grande souplesse dans le format des données stockées** (en résumé : pas de schéma!)

- **Exploitation de très grosses volumétries en temps raisonnable** grâce au relâchement des contrainte d'intégrités et de cohérence
- **Augmentation des performances par la distribution massive** du stockage et des traitements : s'appuie sur un mécanisme *Map-Reduce* et un système de fichiers distribué

Mais beaucoup de critiques sur :

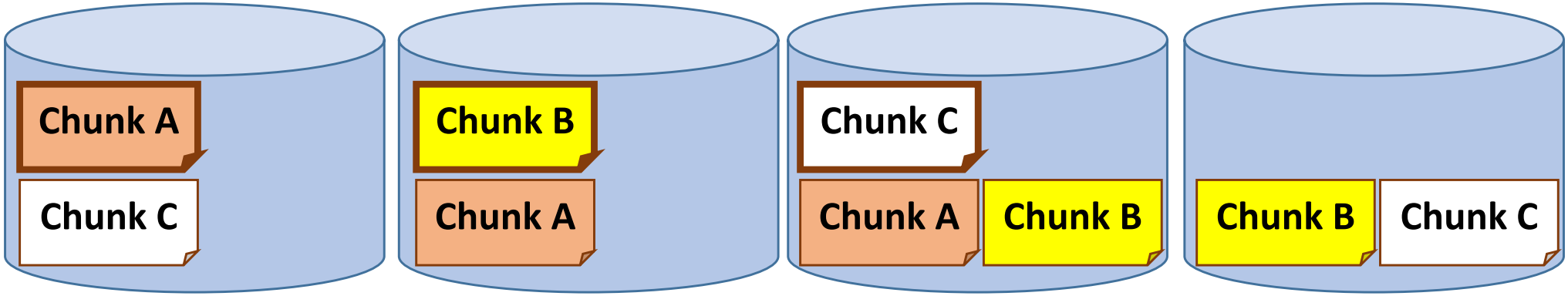
- La faiblesse de performance d'Hadoop et des premières architectures BigData…
- La difficulté d'exploiter des données hétérogènes (pas de schéma → complexifie la couche applicative)

Sharding et réplication

Distribution (*sharding*) et réplication :

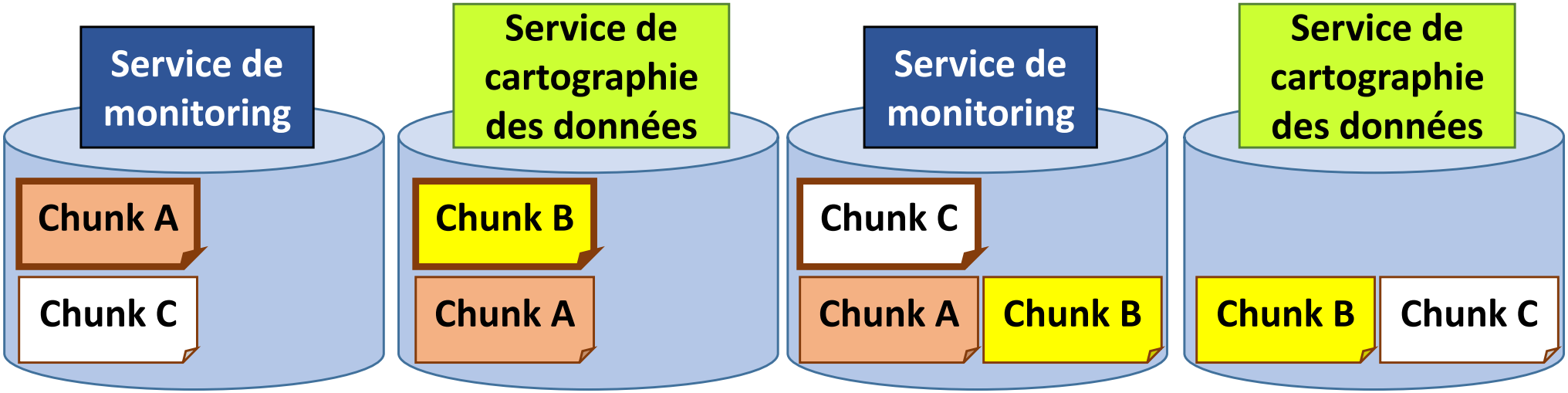
- Un fichier/une table est découpé en morceaux (*chunks*) distribués pour permettre:
  - des accès parallèles plus rapides (répartir la charge)
  - des stockages plus volumineux (et extensibles)
- Les *chunks* sont répliqués sur des nœuds différents pour la tolérance aux pannes

Concepts d'HDFS



→ Le *sharding* est un découpage des différentes lignes d'une table par tranches dans différents *chunks* (au lieu de distribuer les colonnes)

Sharding et réplication



Des services de :

- cartographie du stockage
- *monitoring* & *hearbeat*

Concepts d'HDFS

Réplication des services :

- pour la tolérance aux pannes

Stockage de données hétérogènes

Stockage beaucoup plus libre (qu'avec une BdD relationelle) :

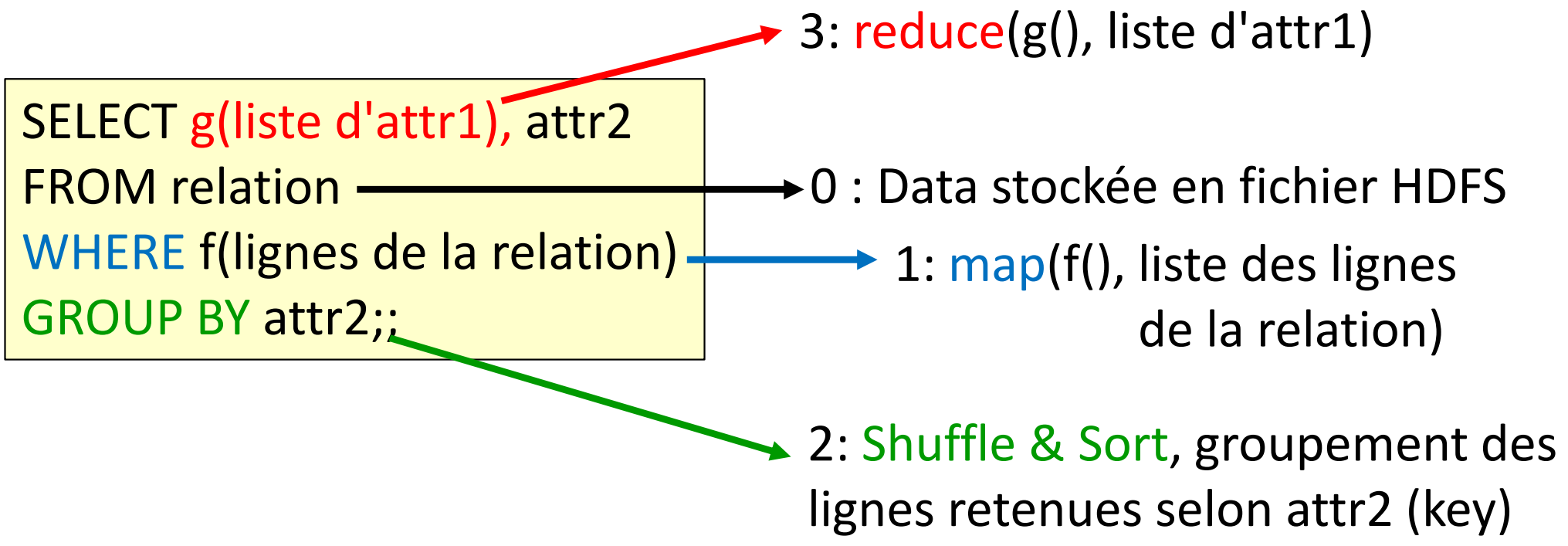
- Absence de schéma de base (!)
- Possibilité d'entrer des données :
  - hétérogènes
  - opaques ou structurées
- Possibilité de modifier dynamiquement la structures de certaines données

Plutôt facile de remplir une BdD NoSQL…

… beaucoup plus difficile de l'interroger !

Requêtes en *Map-Reduce*

Reproduction de certaines requêtes en *Map-Reduce* :



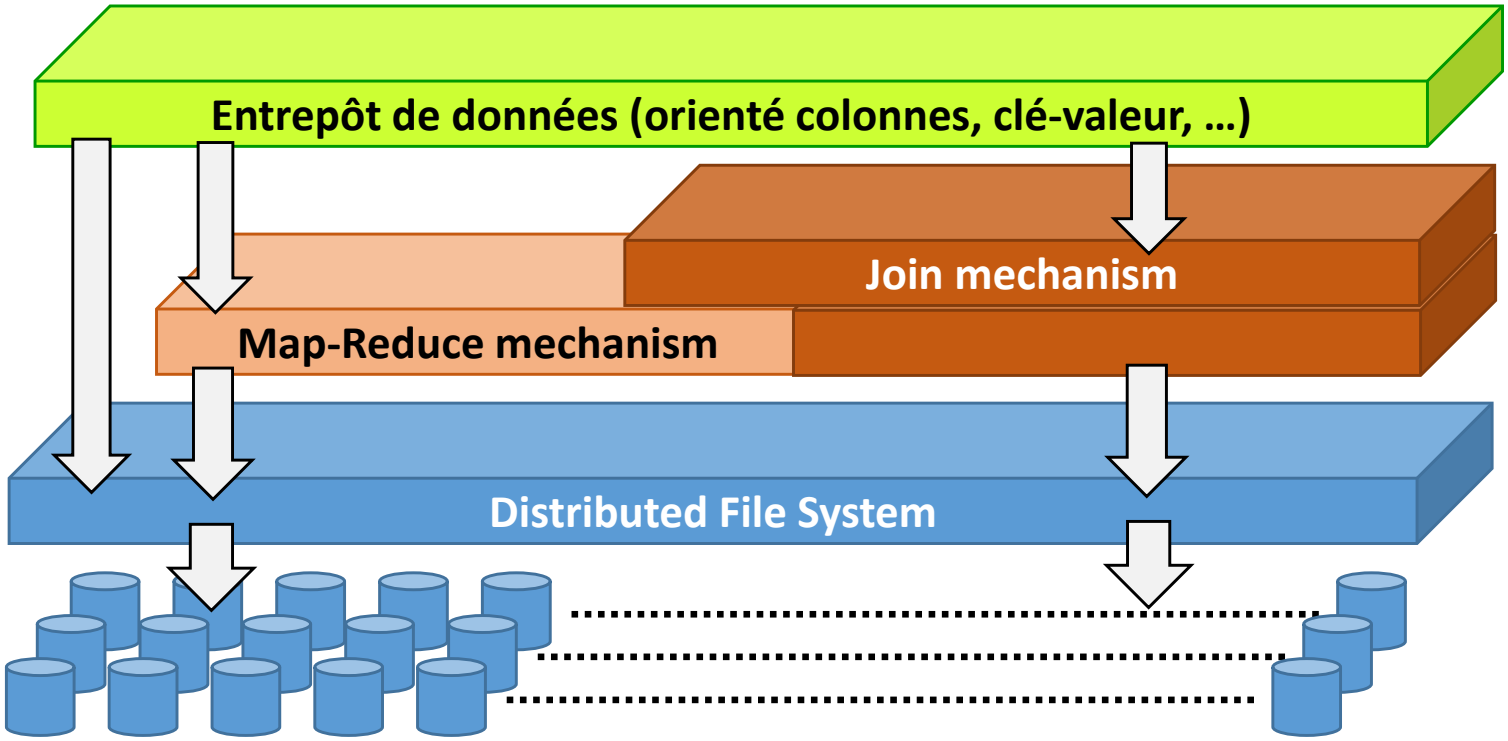
La solution « *Map-Reduce* » permet d'implanter facilement des requêtes « *Select-From-Where-GroupBy* » :

- sur un système distribué à grande échelle
- sur des données structurées complexes et/ou hétérogènes

Passe à l'échelle
Plus générique…
…plus compliqué!

Principes d'architecture NoSQL

Architecture de principe d'une BdD NoSQL :



***join* natif**,
ou bien
join* au dessus de *Map-Reduce

Certaines BdD NoSQL sont bâties :

- Au dessus d'Hadoop : HDFS et *Map-Reduce* d'Hadoop
- Au dessus d'HDFS mais ajoutent leur propre couche *Map-Reduce*
- Au dessus d'une architecture complètement propre (MongoDB)

Variété des BdD NoSQL

Classification des BdD NoSQL :

- Stockage / Entrepôt de paires clé-valeur
  (Redis, Riak)
- BdD orientés documents
  (MongoDB → voir TD)
- BdD orientés colonnes
  (BigTable, HBase, Cassandra)
- BdD créées pour des index inversés
  (Elasticsearch)
- BdD orientés graphes
  (Neo4J)

Emergence et principes des BdD NoSQL

1. Motivations et émergence des BdD NoSQL
2. Principes des BdD NoSQL
3. **Aperçu des différentes BdD NoSQL**
4. Le retour de SQL…
5. Format de données JSON

Entrepôts (NoSQL) de paires clé-valeur

Particularités des entrepôts de paires clé-valeur :

La solution la plus extensible (« *scalable* »), mais simple/pauvre :

- Statistiquement, la plupart des applications demandent à lire des données à partir de leurs identifiants
  → engendre le besoin de BdD stockant des paires clé-valeur
- Le composant clé de ces bases est leur fonction de hachage
  → distribution et recherche des données dans le système distribué
- Mécanisme final très efficace mais avec peu de fonctionnalités
  → développements dans la couche applicative, en *Map-Reduce*

Rmq : Initialement des *valeurs* binaires et opaques, puis des valeurs structurées hiérarchiques analysables (ex : format JSON)

Entrepôts clé-valeur ⋯▸ BdD orientées documents

BdD NoSQL orientées documents

Particularités des BdD NoSQL orientées documents :

On associe des clés à des documents à structure hiérarchique

- Les valeurs ne sont plus opaques
- On peut manipuler les champs des données
- Manipulation de doc web au format HTML/XML, ou doc JSON

On stocke des données prêtes à être interrogées sans jointure :

- Exploitation rapide
- Mais la jointure doit être faite lors de l'écriture
- Si besoin de croiser des informations : **plus complexe et lent**

Rmq : L'utilisation de documents structurées non opaque permet de les analyser et de produire des index inversés

Rmq : BdD devenues de très grandes tailles, proches des entrepôts de paires clé-valeur

Entrepôts clé-valeur ◄··· BdD orientées documents

BdD NoSQL orientées colonnes

Particularités des BdD NoSQL orientées colonnes :

Stockent des tables 2D de *clé - ensemble de valeurs*

Ressemblent à des tables relationnelles, mais bcp plus souples

- Les lignes peuvent avoir des colonnes différentes et en nombres différents
- Les colonnes d'une ligne peuvent évoluer dynamiquement en nombre et en nom
- Pas de champ « NULL » contrairement à une table relationnelle (pas de colonne inutile dans une ligne)

Des requêtes simples (minimalistes) *comparé à une* BdD SQL
Ou bien des traitements complexes en *Map-Reduce*…

Rmq : BdD NoSQL conçues pour stocker des associations ***one-to-many*** comme on en trouve très fréquemment sur le **web** !

BdD NoSQL orientées colonnes

Particularités des BdD NoSQL orientées colonnes :

100	vente-2010	100000	vente-2011	150000	vente-2014	180000	
200	vente-2012	1000					
211	vente-2010	500000	achat-2016	10000			

Mise à jour : renommage et ajout de colonnes

100	vente-2010	100000	**vente-2012**	150000	vente-2014	180000	
200	vente-2012	1000					
211	vente-2010	500000	**achat-2014**	**3000**	achat-2016	10000	

Chaque ligne peut avoir des colonnes différentes

Les colonnes d'une lignes peuvent évoluer dynamiquement

BdD NoSQL d'index inversés

Particularités des BdD NoSQL conçues pour des index inversés :

Un index inversé est indispensable pour traiter rapidement les requêtes de recherche de documents par mots clés

Mais l'index inversé peut devenir TRES volumineux (plus que les documents analysés) :

- il faut le compresser
- mais pas trop pour que la décompression à la volée soit rapide
- et/ou trouver un format de compression permettant de travailler dans le format compressé

Les BdD NoSQL spécialisées en index inversés apportent:

- des algorithmes optimisés pour construire ces index
- des algorithmes de compression/décompression adaptés

BdD NoSQL de graphes

Particularités des BdD NoSQL orientées graphes :

Spécialement adaptées pour fouiller le web et les réseaux sociaux

- Apportent des stockage de graphes efficaces (par références)
- Apportent des algorithmes d'analyse de graphes optimisés et adaptés au stockage réalisé

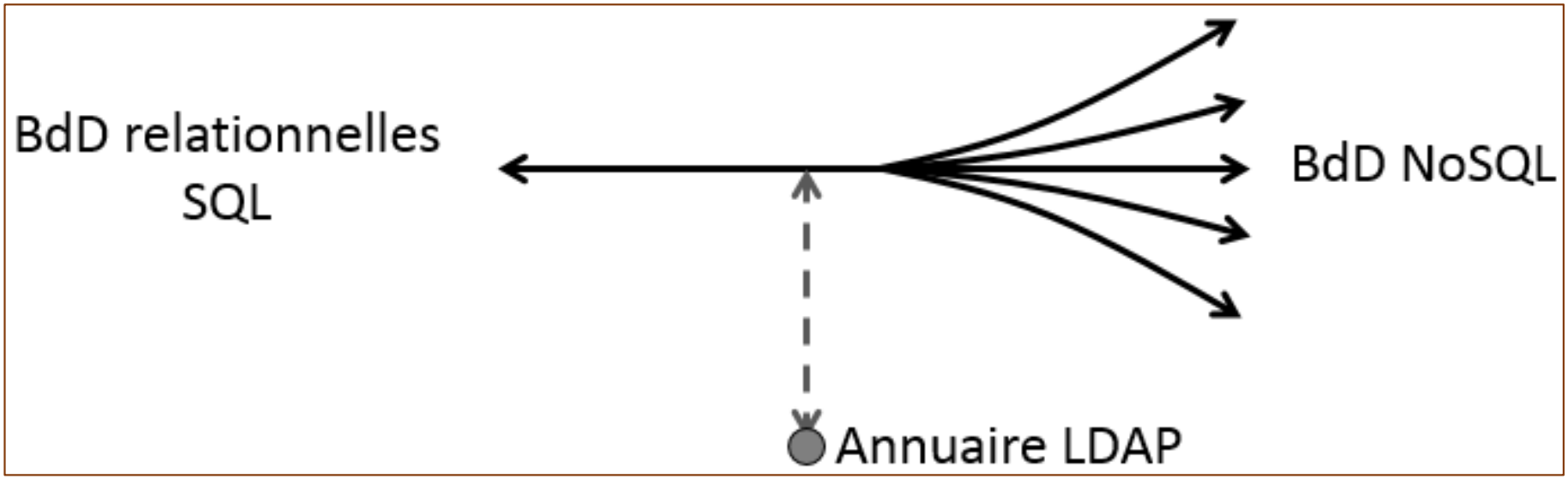
Les autres bases NoSQL pourraient stocker des graphes mais seraient moins efficaces pour les analyser

Rmq : **Neo4j** est un cas extrême de technologie très complète et très efficace pour stocker/fouiller/analyser des graphes

- Rapide (codage par ''pointeurs'')
- Stockage compact
- Répliquée sur cluster, mais pas distribuée…

Positionnement des annuaires LDAP

Annuaires LDAP *vs* NoSQL :



- Stockage hiérarchique des données (très utile pour décrire des SI)
  → non SQL, non relationnel
- Plus aboutis en sécurité/contrôle des accès que les BdD NoSQL
- Implantations anciennes, moins performantes que les BdD NoSQL
- Impose un schéma hiérarchique en arbre (avec possibilité de pontage)
  → contraignant comparé aux BdD NoSQL

Les annuaires LDAP sont « à mi-chemin » et « à part »

Emergence et principes des BdD NoSQL

1. Motivations et émergence des BdD NoSQL
2. Principes des BdD NoSQL
3. Aperçu des différentes BdD NoSQL
4. **Le retour de SQL…**
5. Format de données JSON

Le besoin de retrouver SQL

Très vite des critiques sur Map-Reduce et NoSQL

- Faiblesse des performances d'Hadoop et des premières architectures BigData…
- Difficulté d'exploiter des données hétérogènes dans des BdD NoSQL *(Le manque de schéma complexifie la couche applicative!)*

Une partie des utilisateurs de BdD & Big Data veulent retrouver SQL !

Ils veulent « juste » un SQL qui travaille à plus grande échelle !

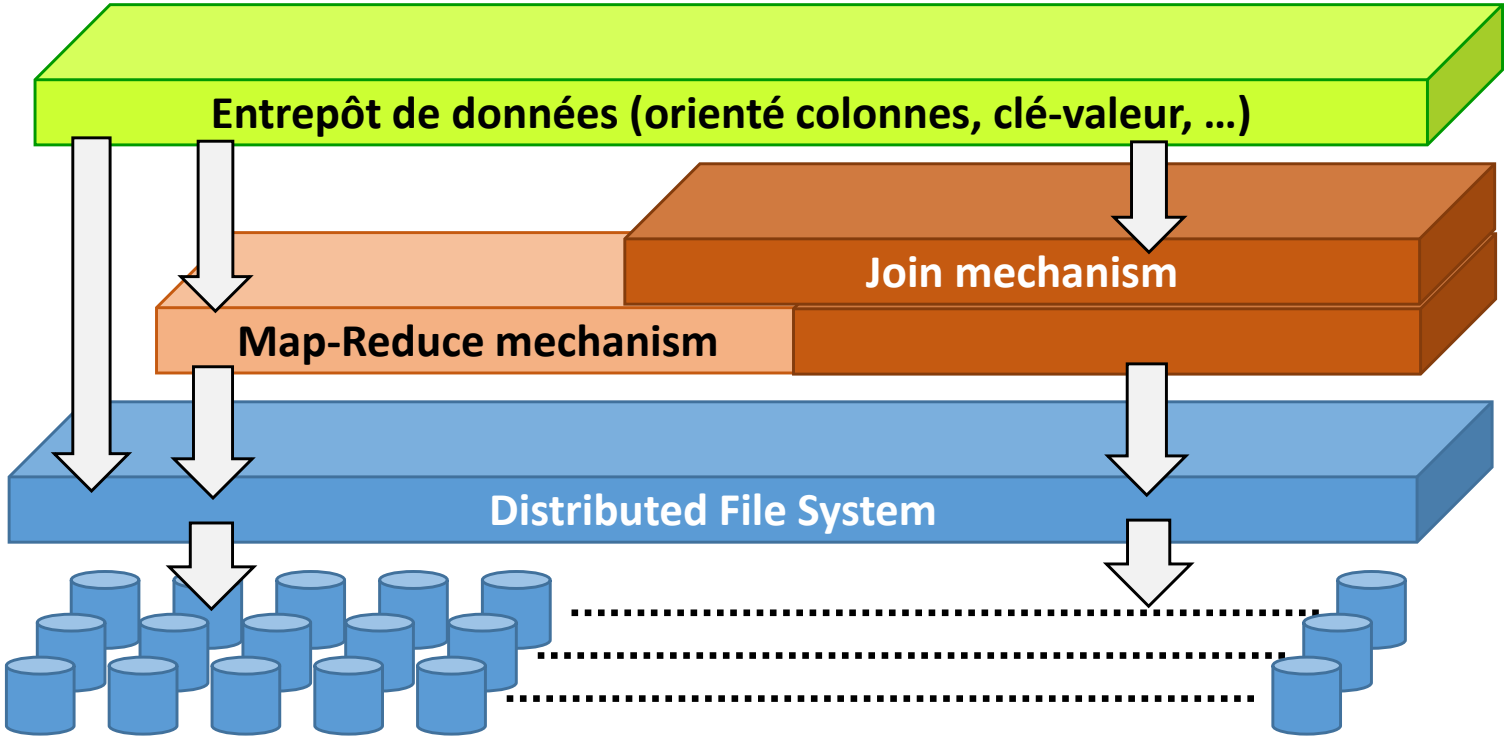
→ repousser le théorème CAP !

Principes d'architecture NoSQL

Architecture de principe d'une BdD NoSQL :

Au début les « entrepôts de données » (NoSQL) n'offraient pas les fonctionnalités de SQL… il fallait les interroger en Map-Reduce…

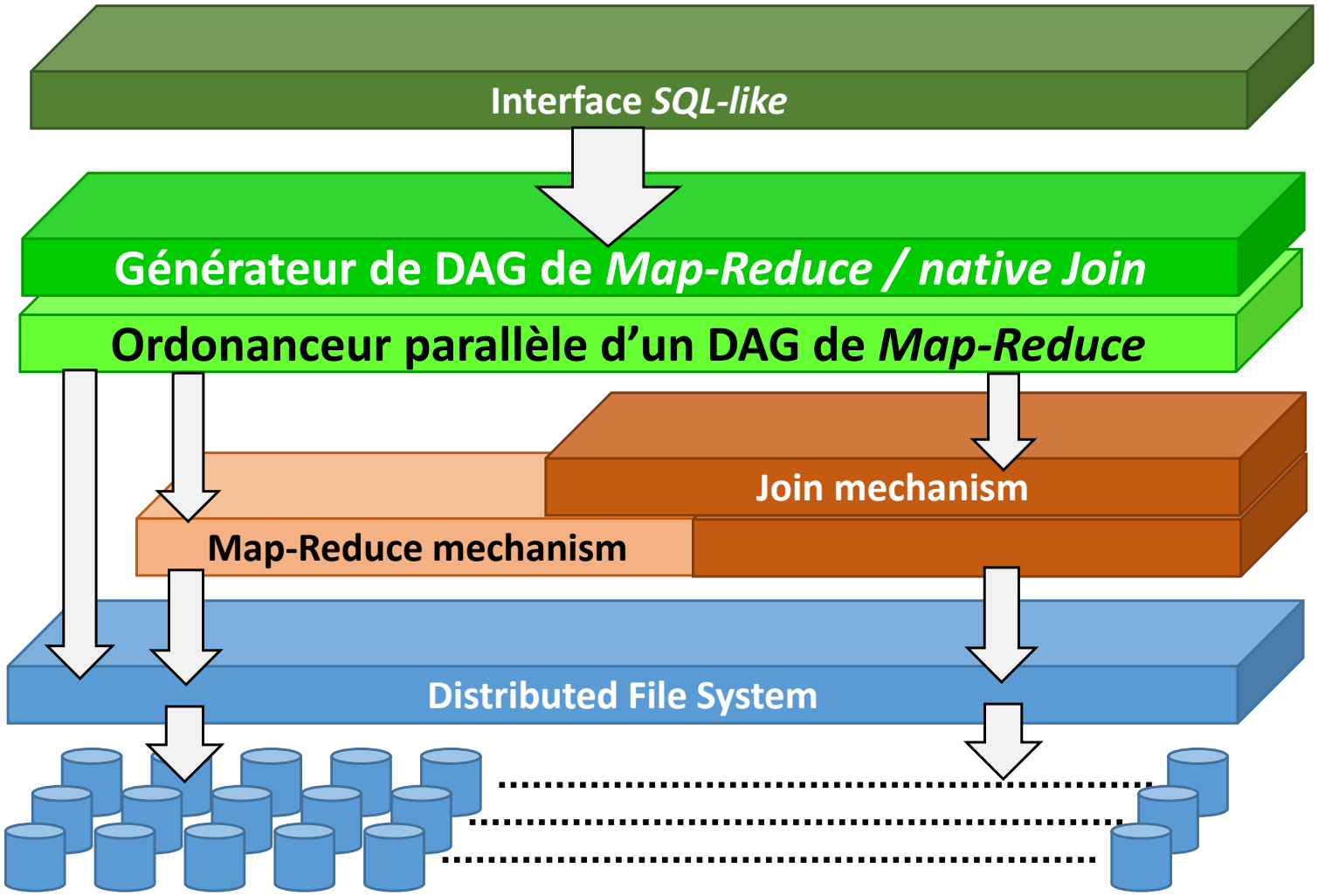
… et rapidement il a fallu porter SQL sur ces environnements :



***join* natif**,
ou bien
join* au dessus de *Map-Reduce

NoSQL → *SQL-like*

Principes d'une BdD SQL au dessus d'une architecture Big Data :



→ Traduction d'une *requête SQL* en graphe d'opérations *Map-Reduce*

→ Une BdD « ***SQL-like*** » à très large échelle sur un HDFS

NoSQL → *SQL-like* : PIG

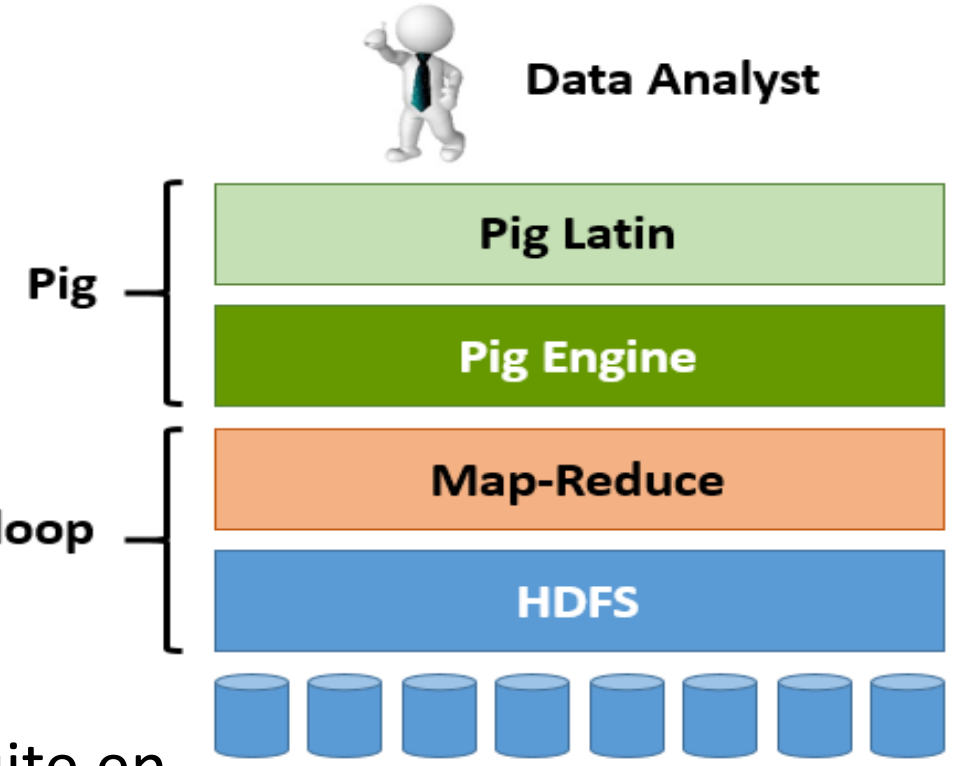
En 2006 Yahoo! développe PIG pour faire « un peu comme SQL » au dessus d'Hadoop :

- pour simplifier le travail de ses équipes de *data-analysts*
- devient OpenSource en 2007

- Langage de requêtes et de programmation : « *Pig-Latin* »
- Ex de commandes :

  FILTER, GROUP BY,
  JOIN, SORT …

  FOREACH…



… et chaque commande est traduite en un *graphe d'opérations Map-Reduce*

NoSQL → *SQL-like* : PIG

Exemple 1/3 :

```
grunt> DUMP ETUDIANT;
(Dupond, Alphonse, 10, Metz)
(Dupond, Grégoire, 9, Rennes)
(Durant, Hubert, 12, Gif)
(Talon, Achille, 15, Gif)

grunt> ETUDIANT2 = FOREACH ETUDIANT GENERATE $0, $1, $2+1 ;

grunt>DUMP ETUDIANT2;
(Dupond, Alphonse, 11)
(Dupond, Grégoire, 10)
(Durant, Hubert, 13)
(Talon, Achille, 16)
```

NoSQL → *SQL-like* : PIG

Exemple 2/3 :

```
grunt> DUMP VEHICULE;
(AA 123 AB, bleue, Twingo)
(AZ 451 GT, noire, C3)
(BC 634 FY, jaune, Twingo)
(DE 398 AA, blanche, DS4)
```

```
grunt>DUMP CONSTRUCTEUR;
(Twingo, Renault)
(C3, Citroen)
(DS4, Citroen)
```

```
grunt> VOITURE = JOIN VEHICULE BY $2, CONSTRUCTEUR BY $0;
```

```
grunt>DUMP VOITURE;
(AA 123 AB, bleue, Twingo, Twingo, Renault)
(AZ 451 GT, noire, C3, C3, Citroen)
(BC 634 FY, jaune, Twingo, Twingo, Renault)
(DE 398 AA, blanche, DS4, DS4, Citroen)
```

NoSQL → *SQL-like* : PIG

Exemple 3/3 :

```
grunt> VOITURE2 = FOREACH VOITURE GENERATE $0, $1, $2, $4 ;

grunt> VOITURE3 = ORDER VOITURE2 BY $2, $0 DESC ;
(DE 398 AA, blanche, DS4, Citroen)
(BC 634 FY, jaune, Twingo, Renault)
(AZ 451 GT, noire, C3, Citroen)
(AA 123 AB, bleue, Twingo, Renault)
```

NoSQL → *SQL-like* : PIG

Bilan de PIG

Exécution de PIG :

- Traduit les requêtes en DAG d'opérations *Map-Reduce*
- Exprime un **maximum de parallélisme** entre les opérations du DAG (souci de performance)
- Le « PIG-engine » exécute le DAG, et fixe le nombre de *Reducers* au mieux (mais on peut le guider)

Interface PIG-Latin :

SQL : est un langage déclaratif →on dit ce que l'on veut obtenir

alors que :

Pig-Latin : reste un langage procédural → on dit quoi faire (pour obtenir le résultat)

NoSQL → *SQL-like* : Hive

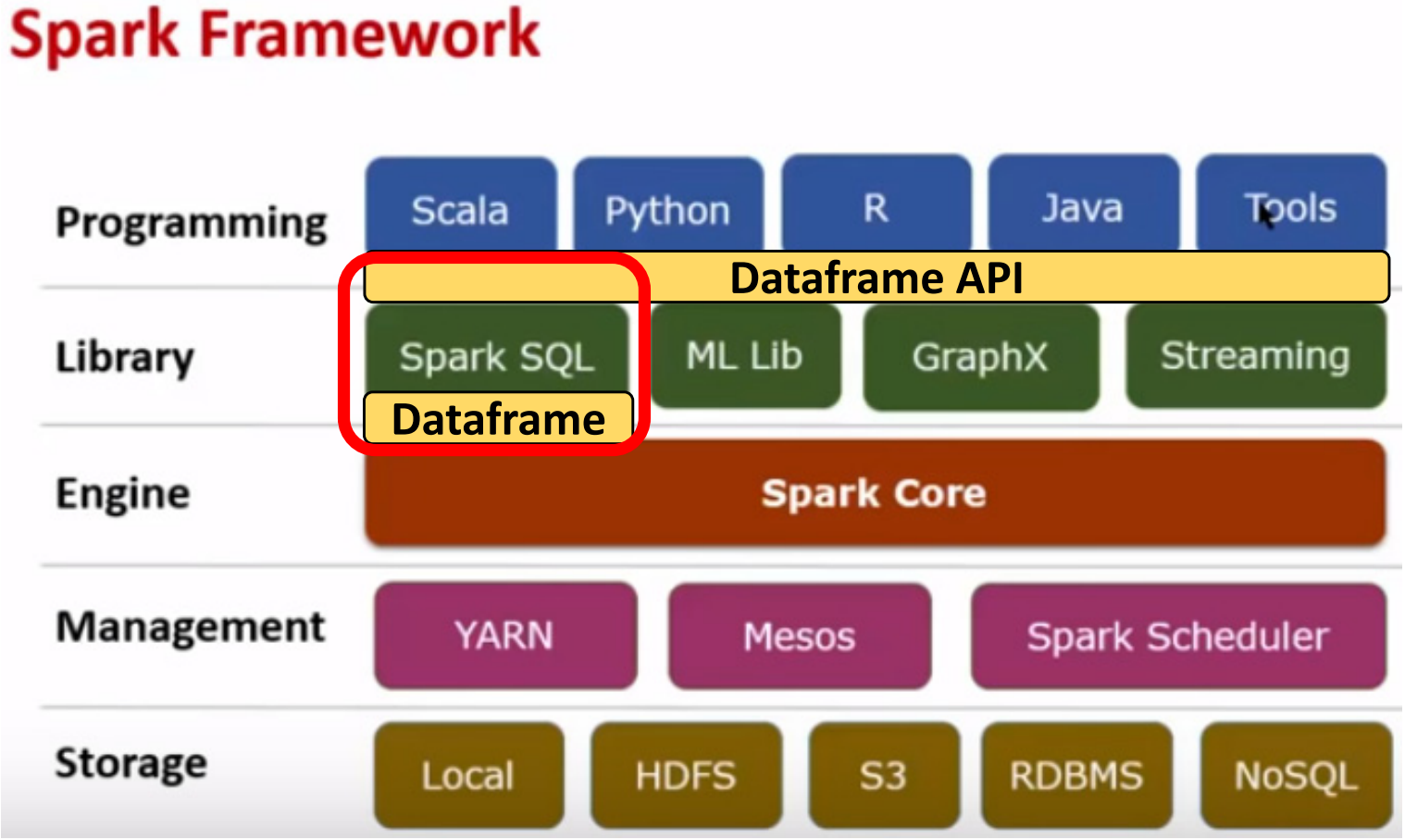
En 2005 Facebook crée Hive : « langage déclaratif proche de SQL »

- Encore plus proche de SQL que PIG
- Pour des *data-analysts* qui ne peuvent pas programmer du *Map-Reduce* (pas programmer en langage procédural)
- … et Hive génère des graphes de *Map-Reduce* au dessus d'Hadoop.

NoSQL → *SQL-like* : Spark-SQL

Une implantation très avancée de SQL au dessus de Spark

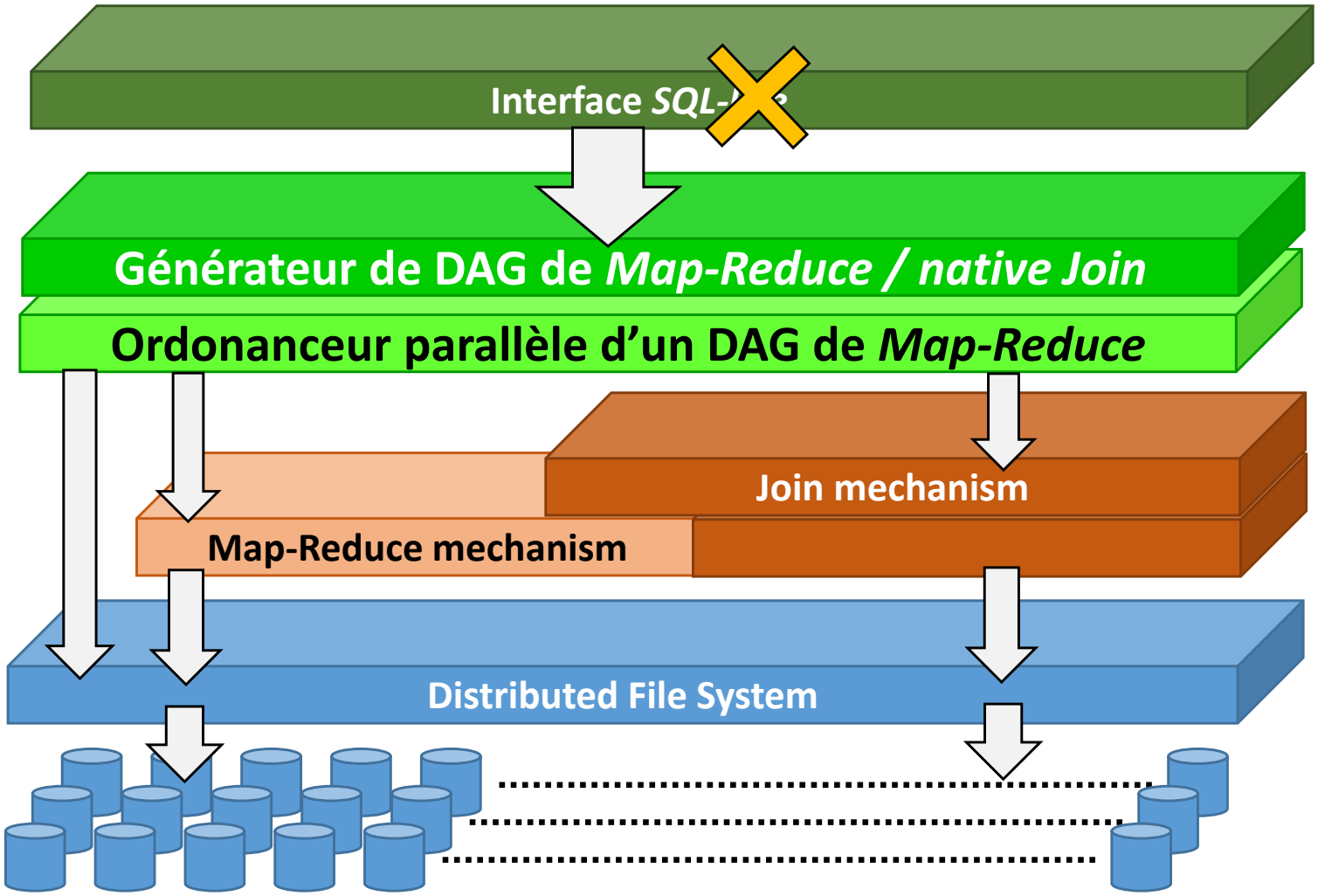
- Dans la distribution standard de Spark
- Utilise les DataFrames (au dessus des RDDs)



Voir 2ème partie du cours sur les BdD SQL et NoSQL

NoSQL → *SQL-Like* → *SQL*

SQL entièrement disponible au dessus d'une architecture Big Data

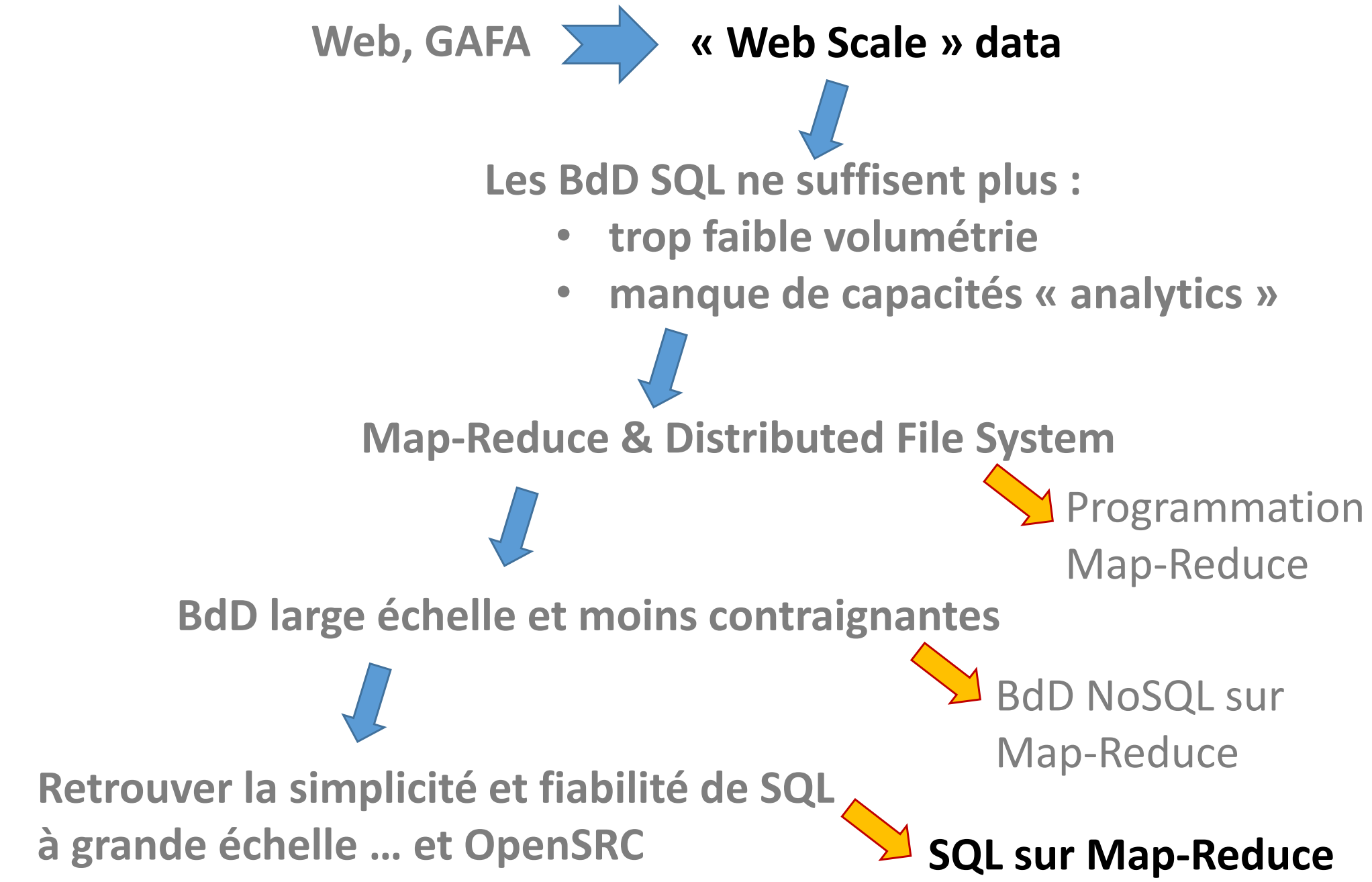


→ Traduction d'une *requête SQL* en graphe d'opérations *Map-Reduce*

→ BdD « ***SQL-like*** » à très large échelle sur un Map-Reduce + ~~HDFS~~

XXX

De SQL à SQL en passant par le BigData



Emergence et principes des BdD NoSQL

1. Motivations et émergence des BdD NoSQL
2. Principes et variété des BdD NoSQL
3. Aperçu des différentes BdD NoSQL
4. Le retour de SQL…
5. **Format de données JSON**

Format JSON

Définition

JSON : JavaScript Object Notation

Un format de données texte/ASCII, structuré et hiérarchique

Collection JSON (ou objet JSON)

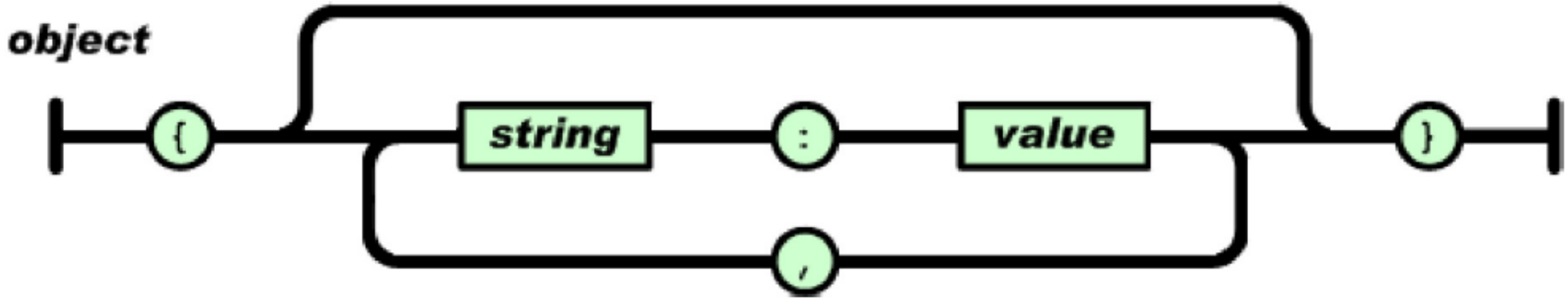
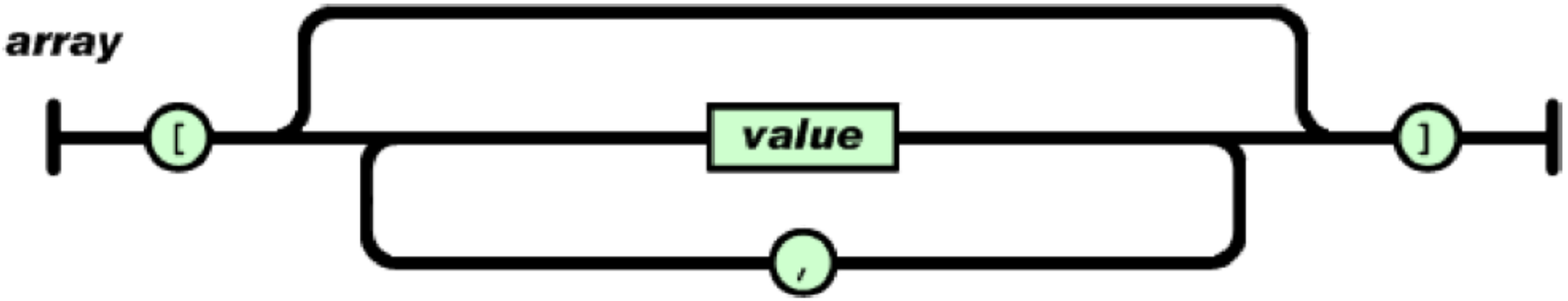
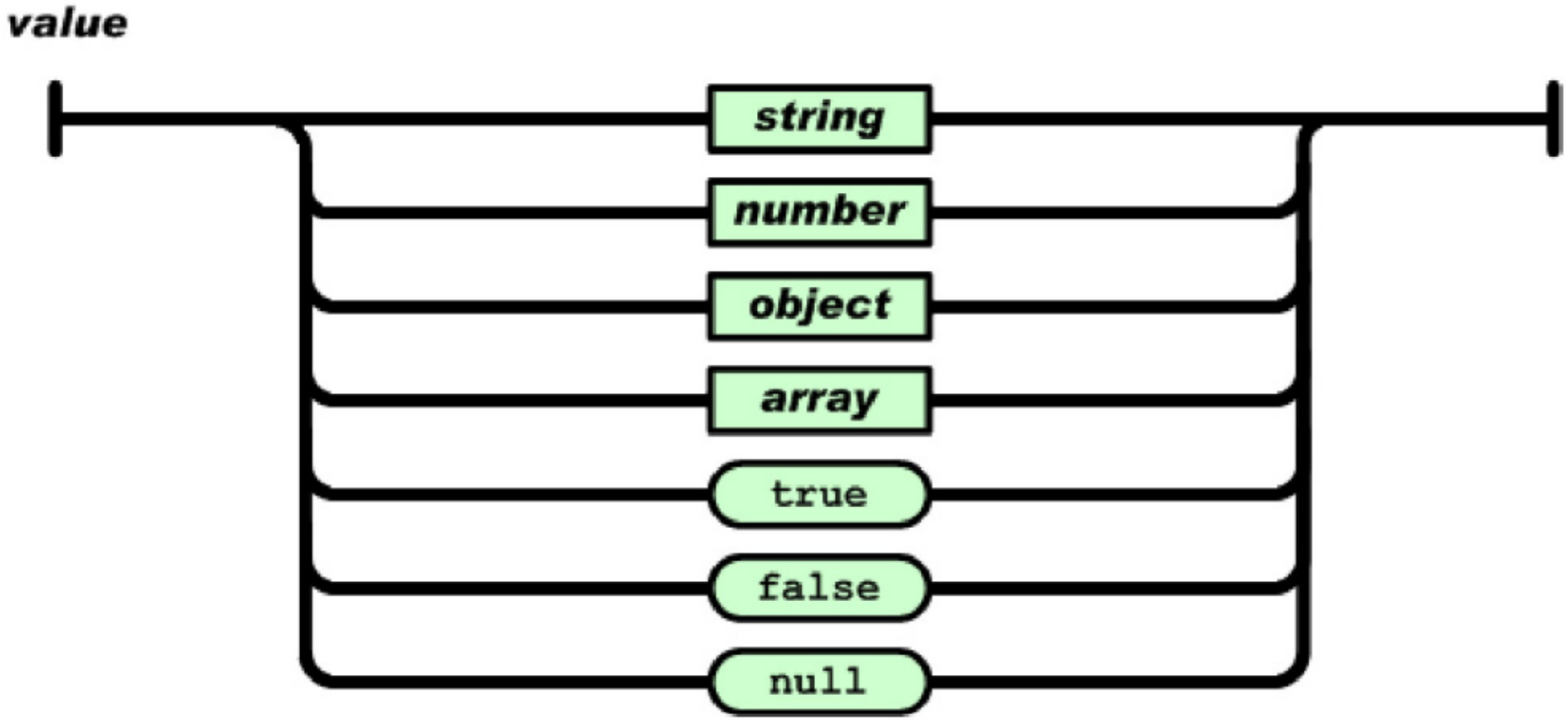


Tableau JSON



Format JSON

Valeurs JSON



Format JSON

Données textuelle, structurées et hiérarchique

```
{
 "livre" : {
   "Vue de l'esprit" : [ {"auteurs" : ["Hofstadter", "Dennet"] },
                         {"éditions" : "InterEditions"},
                         {"année" : 1987}
                       ],
   "Eagle" : [ {"auteurs" : ["Kidder"] },
               {"éditions" : "Flammarion"},
               {"année" : 1982}
             ]
 },
 "film" : {
   "2001 odyssée de l'espace" : [ {"réalisateurs" : ["Kubrick"] },
                                  {"année" : 1968}
                                ]
 },
 "livre" : {
   "Cosmos" : [ {"auteurs" : ["Sagan"] },
                {"éditions" : "Mazarine"},
                {"année" : 1981}
              ]
 }
}
```

Emergence et principes des BdD NoSQL