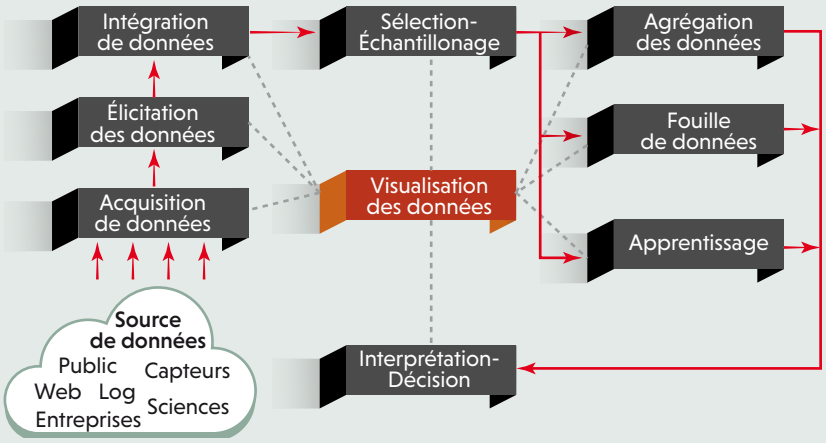
LES MILLE ET UNE VIES DES DONNÉES

Le traitement des *big data* implique des activités que l'on retrouve quelle que soit l'application. Passons-les en revue. Le stockage pose la question du choix des données brutes à enregistrer, de leur acquisition et des données à résumer, ainsi que les méthodes d'indexation pour accélérer leur recherche ultérieure. La validation des données, c'est-à-dire leur nettoyage et leur annotation (on parle d'élicitation), nécessite souvent une interaction avec un expert, ce qui est hors de portée d'un humain si le volume de données est considérable. L'intégration de données est une phase très complexe car elle concerne des sources de données distribuées à grande échelle où l'hétérogénéité est très élevée. Le modèle d'intégration dépendra des objectifs assignés au système : la recherche d'information, la prise de décision, l'extraction de connaissances… C'est là que se situent les principaux verrous liés aux performances des systèmes et à la pertinence des données produites. La sélection et l'échantillonnage constituent des vues sur les données intégrées, c'est-à-dire une façon de réduire les données aux sous-ensembles nécessaires à un type de requête ou un type d'analyse. Un mauvais choix de ce sous-ensemble hypothèque la qualité de la tâche ultérieure. Quant à l'analyse elle-même, elle peut être réalisée par différentes méthodes : l'agrégation pour générer des indicateurs statistiques (somme, moyenne, tendance…), la fouille de données pour identifier des règles d'association ou des motifs fréquents, l'apprentissage automatique (profond ou par renforcement) pour définir un modèle de prédiction permettant de décider ultérieurement si un nouvel objet peut être classé de façon pertinente. Enfin, la visualisation des données est utile à toutes les étapes. Elle offre souvent une vue synthétique des grandes données et aide à leur compréhension.



Le cycle de vie des données au terme duquel elles peuvent livrer des informations.

les tables ; la recherche d'éléments ou le parcours de chemin sur un arbre ; l'appariement ou l'extraction de sous-graphes ; une copie instantanée d'une séquence. Ces structures et ces opérations ont été étudiées depuis des décennies pour formaliser leurs sémantiques, expliciter leurs propriétés et trouver les meilleurs programmes qui leur correspondent dans différents environnements.

Plusieurs facteurs interviennent dans leur mise en œuvre : la hiérarchie et la taille des mémoires (mémoire principale, mémoire cache, disque…), la localisation des données (un site centralisé, de multiples serveurs…), les ressources de calcul mobilisables (une ou plusieurs machines…) et les caractéristiques techniques de ces ressources (puissance de calcul, partage de mémoire…).

DES TABLEAUX MALLÉABLES

L'algèbre relationnelle a représenté un saut technologique et qualitatif dans la gestion des données. En quoi consiste-t-elle ? Rappelons d'abord qu'une table relationnelle est décrite par un ensemble de variables (ou attributs) désignant les colonnes et un ensemble de valeurs à ces variables organisées en lignes, chacune représentant un objet du réel. En d'autres termes, il s'agit de tableaux à deux dimensions, on parle aussi de tableau à double entrée. Or avec cinq opérateurs de base (*voir la figure page suivante*), on sait aujourd'hui transformer ces tableaux et en dériver d'autres.

C'est d'une simplicité confondante, et pourtant, la combinaison de ces opérations permet d'exprimer une large palette de requêtes, sans programmer une seule ligne de code, puisque le code correspondant à chacune des opérations est défini une fois pour toutes et pour toutes les applications. Cette façon de représenter le réel par un ensemble de tableaux indépendants et d'exprimer une requête sur ces tableaux au moyen d'une expression algébrique a notablement modifié notre rapport à la programmation.

Parmi ces opérateurs, certains sont plus sensibles que d'autres au volume des données. Ainsi la jointure de deux tables comportant des milliards de lignes pose de réels problèmes de calcul pour comparer ces milliards de lignes. De nombreux travaux de recherche proposent des algorithmes de jointure tenant compte ou non du tri des données, de la taille de la mémoire centrale, de l'indexation des données, de la distribution des données sur différents disques, du parallélisme des machines et du débit sur les réseaux.

Ce coût dépend aussi du choix initial de la représentation d'une table selon ses lignes ou ses colonnes. Par exemple, pour les requêtes >

PROJECTION

MAGASIN	PRODUIT	PRIX	DATE	SITE
Auchan	Iphone	700	12/9/2017	Paris Est
Auchan	Iphone	760	12/9/2017	Paris Est
Leclerc	IPad	480	27/9/2017	Essonne
Fnac	IPad	870	30/9/2017	La Défense
Carrefour	PC Dell	600	24/9/2017	Paris Ouest
Leclerc	Galaxy	400	28/9/2017	Essonne
Boulanger	Galaxy	310	4/10/2017	Plaisir
Carrefour	Galaxy	470	4/11/2017	St. Quentin
Leclerc	MacBookAir	970	7/10/2017	Yvelines
Auchan	MacBookAir	1100	7/10/2017	Yvelines
Darty	PC Dell	860	19/10/2017	Velizy
Darty	PC Dell	640	23/10/2017	Parly
Darty	iPad	480	27/10/2017	Parly

RESTRICTION

MAGASIN	PRODUIT	PRIX	DATE	SITE
Auchan	Iphone	700	12/9/2017	Paris Est
Auchan	Iphone	760	23/9/2017	Paris Est
Carrefour	PC Dell	600	24/9/2017	Paris Ouest
Leclerc	IPad	400	27/9/2017	Essonne
Leclerc	Galaxy	400	28/9/2017	Essonne
Fnac	IPad	870	30/9/2017	La Défense
Fnac	iMac	1220	1/10/2017	La Défense
Fnac	iMac	2100	3/10/2017	Montparnasse
Boulanger	Galaxy	310	4/10/2017	Plaisir
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

PRODUIT	MARQUE	BREVET
Iphone	Apple	AP2056XY
PC Dell	Dell	DL3467GH
Galaxy	Samsung	SM734DG
IPad	Apple	AP205VY

JOINTURE

MAGASIN	PRODUIT	PRIX	DATE	SITE	MARQUE	BREVET
Auchan	Iphone	700	12/9/2017	Paris Est	Apple	AP2056XY
Auchan	Iphone	760	23/9/2017	Paris Est	Apple	AP2056XY
Carrefour	PC Dell	600	24/9/2017	Paris Ouest	Dell	DL3467GH
Leclerc	IPad	400	27/9/2017	Essonne	Apple	AP205VY
Leclerc	Galaxy	400	28/9/2017	Essonne	Samsung	SM734DG
Fnac	IPad	870	30/9/2017	La Défense	Apple	AP205VY
Boulanger	Galaxy	310	4/10/2017	Plaisir	Samsung	SM734DG
...	...	...	...	...		
...	...	...	...	...		

L'algèbre relationnelle offre cinq opérateurs de base grâce auxquels on peut exprimer un grand nombre de requêtes sur des données. À partir d'une table relationnelle *(le tableau bleu)*, la projection réduit le nombre de colonnes, la restriction celui des lignes, l'union fusionne deux tables de même structure, l'intersection calcule les lignes communes à deux tables de même structure, la jointure apparie deux tables sur un ou plusieurs critères.

> d'exploration de données, les tables seront rangées par lignes alors que pour les requêtes d'analyse agrégeant les valeurs, la représentation par colonne est plus adaptée.

Dans le même élan de définition de ce modèle élégant, des extensions ont été apportées pour traiter des objets plus complexes que les tables relationnelles, notamment les tables imbriquées et les tables à plus de deux dimensions. L'algèbre relationnelle a également été étendue à d'autres domaines spécialisés grâce à l'introduction, par exemple, d'opérations géométriques ou d'autres sur des données temporelles. Le champ d'investigation du modèle relationnel est loin d'être couvert !

DES ARBRES ET DES GRAPHES

Avec le Web, les bases de données ont évolué pour intégrer des données XML dont la structure est formalisée par des arbres. Une algèbre est aussi associée à ces arbres pour effectuer des recherches d'éléments et pour transformer leurs structures. La sélection et la projection permettent d'extraire des sous-arbres vérifiant certaines conditions portant soit sur les données (les valeurs d'un élément), soit sur les métadonnées (les éléments descriptifs de ces valeurs). Il est possible également de restructurer un arbre, ou de l'aplatir, pour obtenir une organisation différente des données et les visualiser sous des angles variés.

Enfin, l'appariement permet de comparer deux structures, une opération très utile pour de nombreuses applications, comme la bioinformatique, l'analyse d'images, les bases de documents... On associe à ce type d'opération une mesure de similarité qui peut être le nombre de transformations à effectuer pour obtenir un arbre à partir d'un autre. Plus la distance est petite, plus les arbres sont similaires. Cette notion est cruciale dans le contexte des *big data*. En effet, le calcul de ces distances est un problème difficile, dont la complexité augmente fortement avec le volume des données et avec la diversité structurelle des graphes à comparer. Les données dont nous avons parlé sont durables, mais qu'en est-il des flux de données, qui disparaissent juste après leur observation ?

LES FLUX DE DONNÉES

La logique de gestion est ici bien différente. Cette fois, ce sont les requêtes qui sont persistantes. Elles sont définies une fois pour toutes et agissent comme des filtres, déterminant les données observées qu'on souhaite conserver. Le premier opérateur indispensable sur un flux définit la taille de la fenêtre d'observation et un pas de glissement pour suivre le flux. Ces paramètres peuvent être définis par des durées, par le nombre d'événements attendus ou la combinaison des deux. Les données observées peuvent être stockées temporairement dans des tables relationnelles et filtrées par des requêtes définies en amont.

Pour faciliter l'interprétation des flux, il est souvent nécessaire de les corréler avec des données de référence persistantes dans des catalogues, ce qui impose des opérations de jointures potentiellement coûteuses si ces catalogues sont gigantesques. Par exemple, l'observation d'une température de −110 °C dans un bâtiment est sans doute liée à la défaillance d'un capteur. En revanche, une forte température trahit sans