

Tables des matières

Tables des matières	1
Liste des figures	3
Listes des abréviations	4
Remerciements	5
Dédicaces	6
Résumé	7
Introduction	8
1. Partie 1: Contexte général du projet	10
1.1. Présentation de l'organisme d'accueil	11
1.1.1. Présentation générale	11
1.1.2. Actionnaires	11
1.2. Cadre de l'étude	13
1.2.1. Les réseaux	13
1.2.2. SIG	14
1.3. Présentation du projet	18
1.3.1. T hème du projet	18
1.3.2. Cadre du projet	18
1.3.3. Objectifs du projet	19
1.4. La démarche suivie	21
1.5. Conclusion de la première partie	23
2. Partie 2: Etude préalable et conception	24
2.1. Etude de l'existant	25
2.1.1. RESOCAD	25
2.1.2. Architecture	26
2.1.3. Données	29
2.2. Reconstitution du modèle Assainissement	29
2.2.1. Reconstitution du modèle logique de données	30
2.2.2. Génération et construction du Modèle Conceptuel de données utilisé	36
2.3. Etude métier du modèle actuel	36
2.3.1. Le modèle assainissement Lydec	36
2.3.2. Introduction au métier de l'assainissement	37
2.4. Etude qualitative des données	38
2.5. Spécification des besoins	39
2.5.1. Objectif de la phase	39
2.5.2. Démarche adoptée pour la spécification des besoins	39
2.5.3. Liste des besoins techniques et fonctionnels	39
2.5.4. Solution générale	40
2.6. Modélisation et Conception	42
2.6.1. Objectifs de la phase	42
2.6.2. Démarche adoptée pour la conception	42

2.6.3. Modèle Conceptuel de donnée	44
2.7. Conclusion de la deuxième partie	62
3. Partie 3 : Mise en œuvre du projet	63
3.1. Démarche adoptée pour la migration	64
3.2. Préparation de la source (Oracle)	65
3.3. Préparation de la données (ArcSDE-Oracle)	65
3.4. Préparation du réceptacle (ArcSDE-Informix)	65
3.5. Migration	66
3.6. Vérification du résultat de la migration	72
3.7. Conclusion de la phase	73
4. Conclusion	74
4.1. Perspectives et recommandations	74
<i>Bibliographie</i>	76
<i>Annexes</i>	77
Annexe 1 : Le référencement linéaire	77
Annexe 2 : Informix Datablade	78
Annexe 3 : Liste des scripts	79
<i>Enregistrement des table</i>	79
<i>Compter les tables geomgraphiques et leurs nombres d'entites</i>	80
<i>Supprime les entités dupliquées de la base de données</i>	81
<i>Enregistrement de la référence spatiale de toutes les couches</i>	81
Rapporte les enregistrements dupliquées de la base de données	82
<i>Changer les Id_Aval et les Id_Amont par ceux dans Id_Noead</i>	83

Liste des figures

Figure 1: Planning des taches du chantier "Intégration des Réseaux"	19
Figure 2: Architecture du système avec RESOCAD	26
Figure 3: Architecture du nouveau système utilisant les solutions ESRI et Informix	27
Figure 4: Structure de la base de données Oracle	29
Figure 5: Premiers résultats du reverse engineering	30
Figure 6: les tables de paramétrage de RESOCAD.....	31
Figure 7: Modèle Logique de Données du réseau de l'assainissement	33
Figure 8: Vue nous permettant d'avoir les liens entre les tables du réseau et les tables annexes propres au modèle de données de l'assainissement	34
Figure 9: Table issues de missions de paramétrages du modèle d'origine	36
Figure 10: Méthodologie adoptée pour la modélisation.....	40
Figure 11: Schéma du processus de modélisation.....	43
Figure 12: Diagramme de classes du groupe "Canalisations".....	45
Figure 13: Diagramme de classes du groupe "Nœuds"	47
Figure 14: Détail des classes du groupe "Nœuds"	48
Figure 15: Diagramme de classes du groupe "Gestion et maintenance".....	50
Figure 16: Zoom sur les classes du groupes G&M	51
Figure 17:Diagramme de classe du groupe "Equipements et autres ouvrages"	53
Figure 18: Zoom sur les classes du groupe E&AO.....	54
Figure 19: Réseau géométrique d'assainissement	57
Figure 20: Méthodologie de migration.....	64
Figure 21: schéma détaillé des commandes et outils à utiliser lors de la migration	67
Figure 22: Outils développés pour la migration.....	67
Figure 23 : L'outils "pre import" qui ajoute des champs temporaires aux tables.....	68
Figure 24: Liens entre les « Nœuds » et les « Canalisation » dans les deux modèles: ancien et nouveau	68
Figure 25:Fenêtre de progression du programme de migration	69
Figure 26: L'outil "Migr".....	69
Figure 27 : l'outil "pro import"	70
Figure 28: Exemple du résultat de la migration	72

Listes des abréviations

CCC	:	C entre de C ompétence C artographique
COFIL	:	C omité de P ilotage
DGC	:	D épartement de G rand C lients
DSI	:	D irection des S ystèmes de l' I nformation
FDP	:	F ond D e P lan
GPS	:	G lobal P ositioning S ystem
LYDEC	:	L Yonnaise D es E aux de C asablanca
MNT	:	M odèle N umérique de T errain
RAP	:	R éférentiel d' A dresses P artagé
SIG	:	S ystème d' I nformation G éographique

Remerciements

Merci à Lydec pour m'avoir fourni les moyens matériels et les conditions optimales pour mon stage incluant les formations professionnelles.

Je remercie mon encadrant **M. Lotfi SLAOUI** pour sa gentillesse tout au long de la période de mon travail et surtout pour sa disponibilité ininterrompu durant ces 4 derniers mois. Merci aussi à mon professeur et encadrant interne, **M. Hassan ELBRIRCHIE** pour tous ses enseignements, et merci à **M. Redouane OUAZIZ** pour son aide précieuse chaque fois où j'en avais besoin.

Je remercie tout particulièrement **Mlle Nada Essakli** et **M. Khadim Cissé** pour leurs soutiens tout au long de ce stage, un **Merci** du fond du cœur.

Enfin un grand Merci à **Mlle Kawtar MAJID** et tous mes camarades de classe de 3^{ème} année SIG promotion 2006 ... je ne vous oublierai jamais.

Dédicaces

A mon père, ma mère, Ismail, Nada et toute ma famille.

Résumé

Dans le cadre d'un grand projet intitulé « Projet SIG Lydec », Lydec a entamé une acquisition d'un ensemble de solutions à la pointe de la technologie dans le domaine du SIG. Par cette acquisition, Lydec affirme son entrée au monde du SIG, un domaine encore nouveau au Maroc.

Ce projet lance plusieurs chantiers qui sont en cours de construction, dont notre projet intitulé « Intégration des réseaux ». Ce projet vise à intégrer les données des réseaux de Lydec qui sont l'eau, l'électricité et l'assainissement dans leur nouveau SIG. En effet, Lydec dispose déjà d'un SIG avec son propre format de données et sa propre architecture, et qui, tout en gardant l'intégrité de la donnée intacte, il faudra adapter ces deux variables au nouveau système composé essentiellement de solutions ESRI et d'une base de données Informix.

Pour atteindre ce but, nous sommes passés au cours de ce projet par plusieurs étapes :

- La rétroconception du modèle des données dans le système actuel,
- Critique du modèle et la conception d'un nouveau modèle assainissement,
- Création d'une méthodologie de migration,
- Migration du réseau de l'assainissement.

Introduction

Dans le cadre du « Projet SIG Lydec », Lydec a entrepris la migration de ses données réseau. Désormais, l'entreprise dispose d'un ensemble de solutions ESRI composé principalement de : les solutions ArcGIS Desktop, le produit ArcGIS server et la passerelle ArcSDE.

Lydec disposait d'un système à base d'Oracle et de RESOCAD, qui était l'ossature de son SIG, le produit de ce système étant un ensemble de tables et de données stockées dans Oracle, ils ne sont pas directement exploitables par les produits de production ESRI. Ceci est l'objet de notre projet intitulé « Préparation et migration des données de réseau d'assainissement Lydec ».

Le projet traite la problématique sur plusieurs étapes. D'abord une étude du système à base de RESOCAD, puis une modélisation des données du réseau et enfin la migration. Aussi, du fait de la taille du projet, l'étude n'a traité que les données du réseau d'assainissement, en s'efforçant de produire une méthodologie de travail aussi générique que possible afin de permettre son application aux autres données de réseaux Lydec, à savoir : l'eau et le réseau électrique.

Etude de l'existant (première partie)

RESOCAD est un système à base d'AUTOCAD, il permet la saisie des données du métier d'assainissement et d'adduction en eau potable. Il stocke ses données sous Oracle en exploitant la solution Oracle Spatial. Les données d'assainissement sont structurées selon un modèle bien spécifique sur lequel est basé tout le fonctionnement de RESOCAD.

Le modèle d'assainissement de départ est composé de 32 tables qui représentent les entités réelles du réseau, mais il est aussi composé de relations et de tables « annexes » (des tables qui contiennent les types de canalisations par exemple). Toutes ses relations sont stockées elles aussi dans des tables précises dans Oracle et sont gérés par RESOCAD lui-même.

D'autre part, les solutions ESRI nouvellement acquises par Lydec se composent des produits suivants :

- ArcSDE 9.3 : l'outil qui permet la communication avec Informix Spatial, il offre l'avantage d'être totalement transparent par rapport à la base de données et la manipulation des données s'en trouve extrêmement facilitée.
- ArcGIS Desktop : un ensemble de logiciels de production pour l'édition et l'analyse des données.
- ArcGIS Server : ensemble de solutions ESRI pour le développement de service WEB.

Le processus de migration s'effectuera donc sur trois étapes :

1. Récupérer le modèle de données utilisé par RESOCAD
2. Reprendre le modèle en se basant sur l'existant
3. Effectuer la migration entre les deux systèmes

Modélisation (deuxième partie)

La conception du nouveau modèle d'assainissement s'est faite sur la base du modèle ancien, en gardant à peu près les mêmes tables de données, mais en s'inspirant du modèle ESRI en ce qui concerne les relations entre les entités du modèle. L'utilisation du réseau géométrique et du référencement linéaire offre beaucoup d'avantage en matière de gestion des réseaux.

Le langage de modélisation est UML tandis que l'outil utilisé est Microsoft Visio. Le choix de l'outil est imposé par la méthodologie de travail choisie. En effet, cette dernière emprunte un certain nombre d'outils offerts par ESRI qui économisent le temps et l'effort fournis pour la création des bases de données géographiques.

Le modèle résultant comporte quatre groupes d'objets :

- Canalisations
- Equipements et autres ouvrages
- Gestion et maintenance
- Nœuds

Bien que l'ensemble des nœuds et des canalisations est géré par le réseau géométrique, quelques relations entre les objets le composant sont toujours maintenues par des liens au niveau de la base de données. Ceci est imposé par la contrainte de garder la base de données extensible et compatible avec d'autres produits non ESRI.

Migration (troisième partie)

La migration proprement dite des données doit être précédée par plusieurs étapes préliminaires :

- La préparation de la source : Oracle dispose de toutes les couches de données du réseau d'assainissement, mais celles-ci ne sont pas directement utilisables. La référence spatiale n'étant pas définie il faut tout d'abord la monter pour passer ensuite à son exploitation par ArcSDE. Ce dernier a besoin d'un ensemble d'opérations afin qu'il reconnaisse toutes les couches, qui ne sont à l'état initial, qu'un ensemble de tables business.
- La préparation du réceptacle : Informix doit disposer du nouveau schéma de la base de données d'assainissement, celui résultant de la phase de modélisation.
- La migration des données : elle s'effectue en utilisant un ensemble d'outils composé de script plSQL, de programmes ArcObjects et de modules de traitement de données ArcTools. Ces outils spécialement créés pour cette tâche, se chargent de faire les conversions nécessaires entre les deux modèles ainsi que le transport de données du SGBD Oracle vers le SGBD Informix. On utilise aussi deux « Personnal Geodatabase » temporaires lors de la phase du sous-typage des entités du modèle et la phase de conversion des données entre les deux modèles.

Le résultat de la migration est à la fois le modèle UML d'assainissement, les méthodologies et outils utilisés pour la migration, et les données du réseau d'assainissement migrées dans la base de données Informix. Le modèle supporte d'être étendu et tout le mécanisme de migration peut l'être aussi pour les nouveaux objets qui s'en trouveraient ajouté au modèle.

1. Partie 1: Contexte général du projet

Dans cette première partie, nous allons présenter Lydec, ensuite nous étalerons le cadre général du projet pour enfin détailler ce dernier dans la section finale de ce chapitre.

- Présentation de l'organisme d'accueil
- Cadre de l'étude
- Présentation du projet

1.1. Présentation de l'organisme d'accueil

1.1.1. Présentation générale

Par une délibération du Conseil de la Communauté Urbaine de Casablanca, adoptée à l'unanimité le 15 avril 1997, LYDEC s'est vu confier la gestion déléguée de la distribution d'électricité, d'eau potable et du service d'assainissement liquide à Casablanca et Mohammédia. LYDEC a commencé ses activités le 1er Août 1997. Pour les élus de la ville, la décision de déléguer ces activités de service public a été motivée par le constat des limites de la gestion communautaire directe dont les objectifs planifiés exigeaient des financements conséquents et d'importants transferts technologiques.



En optant pour le système de gestion déléguée, la collectivité, tout en réservant au secteur privé la charge des investissements et la gestion du service, assure le contrôle permanent du service délégué, conserve son patrimoine et la responsabilité de fixer les grands objectifs.

1.1.2. Actionnaires

1.1.2.1. SUEZ Environnement

SUEZ a centré son développement prioritairement autour de métiers tels que l'énergie, l'eau et la propreté. A travers sa branche Suez Environnement, le groupe assure la desserte en eau et assainissement à plus de 115 millions de clients et gère la collecte et le traitement des déchets à plus de 74 millions d'habitants dans le monde.

1.1.2.2. ELYO

ELYO fait partie de SUEZ Energie Services. Elyo conçoit et gère dans la durée et avec garantie de résultats des services à l'énergie. Elyo développe sur les sites de ses clients - entreprises, collectivités locales, gestionnaires de sites tertiaires et résidentiels - des solutions optimisées qui contribuent au respect de l'environnement. Elyo a réalisé en 2004 un chiffre d'affaires de 3,4 milliards d'Euros et emploie 18 350 personnes.

1.1.2.3. RMA Watanya

RMA Watanya, première compagnie d'assurance du Maroc, née de la fusion des deux compagnies RMA et Al Watanya, occupant désormais la première place sur le marché marocain avec plus de 23% des parts. Ce groupe pèse 2,7 milliards de dirhams de chiffre d'affaires avec des actifs gérés de 16 milliards DH et des fonds propres de 4 milliards Dh.

1.1.2.4. CDG

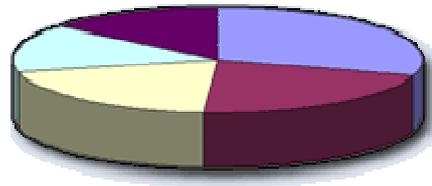
La CDG est le premier investisseur institutionnel du royaume. L'épargne drainée par la Caisse est essentiellement investie dans les marchés des capitaux, les secteurs immobilier et touristique, l'aménagement des zones industrielles et touristiques, et depuis une année, le capital-risque. La participation au capital de LYDEC entre dans le cadre de la stratégie

d'investissement à long terme de la CDG visant à diversifier son portefeuille et à renforcer sa présence dans le secteur des services.

1.1.2.5.ACTIONS EN BOURSE

LYDEC, première gestion déléguée de services publics de la distribution d'eau, d'électricité et de l'assainissement au Maroc, a été introduite avec succès à la Bourse des Valeurs de Casablanca le 18 juillet 2005. SUEZ détient désormais 51% du capital de la société aux côtés d'investisseurs institutionnels marocains, RMA Watanya et Fipar Holding (groupe Caisse de Dépôt et de Gestion) ainsi que du grand public dont 1919 collaborateurs de LYDEC.

SUEZ	30 %
ELYO	21 %
FIPAR HOLDING	20 %
RMA WATANYA	15 %
ACTIONS EN BOURSE	14 %



1.2. Cadre de l'étude

L'étude se situe dans le cadre des réseaux de services, à savoir, la distribution en eau potable, l'électricité et l'assainissement. Le projet actuel se charge de la migration des données du réseau d'assainissement¹, donc il sera question du métier d'assainissement seulement tout au long du rapport.

Nous verrons ici la définition des réseaux Lydec et puis une initiation aux systèmes d'information géographique pour les non-initiés.

1.2.1. Les réseaux

Les réseaux de LYDEC sont décrits selon la typologie suivante :

- Réseau d'infrastructure (ou primaire) et grands ouvrages
L'ouvrage d'Infrastructure constitue le réseau primaire, il doit permettre de véhiculer, relever, stocker ou répartir d'importantes quantités de fluide (Eau, Electricité, Eaux usées et Eaux pluviales). Le réseau d'infrastructure, appelé aussi réseau d'ossature, est généralement situé à l'amont du réseau de desserte en eau potable et en électricité et à l'aval du réseau de desserte en assainissement. On y trouve essentiellement :
 - Les stations de pompage (eau potable et eaux usées), les réducteurs de pression, les réservoirs, les postes sources, les postes de distribution et les stations d'épuration.
 - Les conduites d'eau potable : DN² supérieur ou égale à 200 mm.
 - Les câbles de moyenne tension.
 - Les collecteurs d'eaux usées et pluviales : DN > 800 mm.
- Réseau de desserte (ou réseau tertiaire) – processus 13c
Le réseau de desserte, dit aussi réseau tertiaire, est généralement situé à l'aval du réseau d'infrastructure en eau potable et en électricité et à l'amont du réseau d'infrastructure en assainissement. La délimitation entre le réseau desserte et le réseau d'infrastructure est la suivante :
 - **pour l'eau potable** : le réseau de desserte géré par l'exploitant DP comprend toutes les conduites de diamètre DN<400 mm. Toutefois certaines conduites ayant des diamètres < 400 mm peuvent être considérées comme faisant partie du réseau d'infrastructure (Ex DN 300 Bouskoura).
 - **pour l'assainissement** : le réseau de desserte géré par l'exploitant DP comprend toutes les conduites de diamètre DN < 800.
 - **pour l'électricité** : le réseau de desserte géré par l'exploitant DP comprend tout câble de basse tension, la sortie des postes MT-BT constitue la limite entre la desserte et l'infrastructure.
- Réseau de lotissement
On appelle « Ouvrage Lotissement » la partie réseau Eau, Electricité et Assainissement de l'aménagement d'un projet lotissement ou d'une opération de construction.

¹ Voir l'annexe Introduction à l'assainissement

² Diamètre Nominale

1.2.2. SIG

Un **Système d'information géographique** (SIG) permet de gérer des données alphanumériques spatialement localisées. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement et diffusion de l'information géographique.

Au Maroc, dans son acception courante, le terme fait référence aux outils logiciels. Cependant, le concept englobe l'ensemble constitué par les logiciels, les données, le matériel et les savoir-faire liés à l'utilisation de ces derniers. On peut aussi parler de système d'information à référence spatiale (SIRS) pour les données et leur structuration.

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives géographiques telles que des points, des arcs, des polygones (vecteurs) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle.

L'information géographique peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre.

1.2.2.1. Quelques concepts

Les composantes du SIG

Un SIG est constitué de 5 composants majeurs :

1. Les logiciels

Ils assurent les 5 fonctions suivantes (parfois regroupées sous le terme des '5A'):

- saisie des informations géographiques sous forme numérique (Acquisition)
- gestion de base de données (Archivage)
- manipulation et interrogation des données géographiques (Analyse)
- mise en forme et visualisation (Affichage)
- représentation du monde réel (Abstraction).

2. Les données :

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques peuvent être, soit importées à partir de fichier, soit saisies par un opérateur. Voir le paragraphe suivant.

3. Les matériels :

Actuellement, le traitement des données à l'aide des logiciels ne peut se faire sans un ordinateur. En outre, pour faciliter la diffusion des résultats produits par un SIG, on utilise de plus en plus des systèmes client-serveur en intranet, extranet voire Internet.

4. Les savoir-faire :

Tous les éléments décrits précédemment ne peuvent prendre vie sans une connaissance technique de ces derniers. Un SIG fait appel à divers savoir-faire et donc divers métiers qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes. On retiendra notamment la nécessité d'avoir des compétences en analyse des données et des processus (analyse Merise (informatique), Unified Modeling Language par exemple), en traitement statistique, en sémiologie graphique et cartographique, en traitement graphique.

5. Les utilisateurs :

Comme tous les utilisateurs de SIG ne sont pas forcément des spécialistes, un SIG propose une série de boîte à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG. Cela dit, on ne s'improvise pas géomaticien : une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels permet seule d'interpréter convenablement la qualité des résultats obtenus.

Questions auxquelles peuvent répondre les SIG

Un SIG doit répondre à 5 questions, quel que soit le domaine d'application :

Où : où se situe le domaine d'étude et quelle est son étendue géographique ?

Quoi : quels objets peut-on trouver sur l'espace étudié ?

Comment : comment les objets sont répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ? C'est l'analyse spatiale.

Quand : quel est l'âge d'un objet ou d'un phénomène ? C'est l'analyse temporelle.

Et si : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ?

1.2.2.2. Les données du SIG

Les données géographiques possèdent quatre composantes :

- les données géométriques renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes,
- les données descriptives (ou attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation,
- les données graphiques renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...),
- les métadonnées associées, c'est à dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...).

Les données attributaires

Il s'agit essentiellement de variables décrivant un objet géographique : nom d'une route, type d'un bâtiment, nombre d'habitants d'un immeuble, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger, etc. Les attributs ne sont pas

stricto sensu des informations géographiques, mais contribuent à les qualifier. On peut également considérer que les données attributaires sont localisées par la géométrie de l'objet.

Les objets géographiques

Les objets géographiques sont organisés en couches. Généralement, une couche fait référence à un thème : par exemple, la couche des eaux superficielles référence l'ensemble des rivières

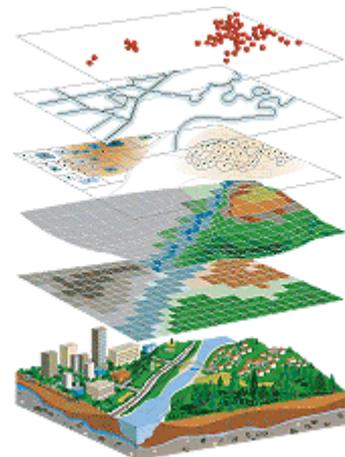
Trois types d'entités géographiques peuvent être représentées :

- le point (x,y) ou *ponctuel* ;
- la ligne ((x1, y1), ..., (xn, yn)) ou *linéaire* ;
- le polygone ou *surfactive*.

À l'heure actuelle, aucun SIG ne gère complètement les polyèdres, ou *volumiques*. Dans le meilleur des cas, celui des logiciels dits *2D½*, à un point (x,y) peut être associé une cote (z) et une seule.

Deux modes de représentations sont possibles :

- vectoriel (format vecteur) : les objets sont représentés par des points, des lignes, des polygones ou des polygones à trous ;
- matriciel (format *raster*) : il s'agit d'une image, d'un plan ou d'une photo numérisés et affichés dans le SIG en tant qu'image.



Un système de coordonnées terrestres (sphérique ou projectif) permet de référencer les objets dans l'espace et de positionner l'ensemble des objets les uns par rapport aux autres. Les objets sont généralement organisés en couches, chaque couche rassemblant l'ensemble des objets homogènes (bâti, rivières, voirie, parcelles, etc.).

Exemples de données « raster » :

Une orthophotographie est une image obtenue par numérisation d'un cliché aérien argentique (ou, maintenant, prise de vue numérique) que l'on a corrigée des déformations dues :

- au relief du terrain photographié,
- à la distorsion de l'appareil photographique,
- à l'inclinaison de la prise de vue.

Un *scan* est une image scannée à partir d'une carte papier.

Relation Objet/Données attributaires

Un des avantages des SIG est que les relations entre les objets peuvent être calculées et donner naissance à des points d'intersection. C'est la topologie. Ceci permet d'éviter la

répétition d'objets superposés. Une parcelle bordant une route aura les mêmes sommets que ceux définis pour la route.

Les métadonnées

Les données que manipule un SIG sont issues de sources diverses. Une organisation qui se dote d'un tel système doit avoir à cœur de maîtriser ces sources, de façon à s'assurer :

- qu'elle est bien au fait de l'ensemble des couches de données disponibles dans l'organisation,
- qu'elle peut se fier aux résultats obtenus lors de leur utilisation,
- qu'elle en maîtrise la gestion interne,
- qu'elle en maîtrise les coûts d'acquisition et de mise à jour,
- qu'elle est en mesure, le cas échéant, de fournir tout ou partie de ses données à des tiers, en donnant une visibilité suffisante sur la qualité de la fourniture.

Pour toutes ces raisons, une source de données géographiques ne se limite pas uniquement à son contenu attributaire et géographique, mais est accompagnée d'informations caractérisant la source elle-même, soit encore de données sur les données : de **métadonnées**.

- Quelques exemples de métadonnées (parmi beaucoup d'autres) :

- Description générale
- description et nature des données
- système de projection et étendue géographique

1.3. Présentation du projet

1.3.1. Thème du projet

Le thème du projet s'intitule : **Préparation et migration des données de réseau d'assainissement LYDEC**

Les données de réseau de Lydec réfèrent aux données du réseau de distribution en eau potable, du réseau d'assainissement et du réseau de l'électricité. (Voir le paragraphe **1.1.1 Les réseaux**)

1.3.2. Cadre du projet

Le projet intervient dans le cadre du grand « Projet SIG Lydec » Lequel identifie les chantiers suivants :

- **Pilotage du projet** : Cette phase correspond aux travaux de pilotage et de suivi du projet. Elle englobe le suivi hebdomadaire des tâches confiées à l'équipe projet dans les différents chantiers, les réunions des comités de Pilotage et les relations avec le PIM³
- **Plan Projet** : Le plan Projet contient le détail des macro tâches du projet, leurs enchaînements et leurs interactions. Il décrit les processus de maintenance des données de référence du projet et identifie les propriétaires de données. Une estimation du budget du projet y est décrite.
- **Plan de déploiement des applications (chantier 8)** : se charge de fixer l'ordre d'acquisition ou de numérisation des données ainsi que proposer des principes de gestion du changement qui accompagnera la mise en œuvre d'un SIG dans une structure donnée.
- **Définition du Fond de Plan (chantier 4)** : L'objectif de ce chantier est de définir le contenu du fond de plan cible, et en particulier pour chaque objet du fond de plan retenu quelle sera l'origine de la donnée et comment sera-t-elle maintenue dans le temps.
- **Adresses (chantier 5)** : définition et création du référentiel d'adresse ainsi que l'organisation du processus de recueil et de mise à jour des adresses.
- **Choix du moteur du SIG** : concerne toute la phase du choix du moteur SIG partant de l'établissement des dossiers de consultation, passant par les discussions techniques et commerciales avec les éditeurs et finissant par la rédaction des dossiers d'analyse d'impact et d'architecture.
- **Installation et Paramétrage du SIG** : l'installation technique du SIG cible. Cette phase comprend le choix du matériel, la formation de base de l'équipe de projet, la définition et l'élaboration des modèles de données, le paramétrage de l'IHM⁴ iso fonctionnelle par rapport à MapGuide, et la rédaction des documents d'exploitation.

³ PIM : Pôle Informatique Métier de la DORE, intervenant en appui au projet dans le cadre de l'assistance Technique Suez.

⁴ IHM : Interface Homme Machine

- **Intégration du FdP et des adresses** : Cette phase englobe l'intégration du fond de plan, défini au chantier 4, et des adresses issues du chantier 5. Les procédures de mise à jour de ces objets doivent être définies avant le début de la migration.
- **Intégration des réseaux** : Les grandes lignes de cette phase sont de garantir la topologie des réseaux, migrer les données numériques et alphanumériques, régler les décalages éventuels entre fond de Plan et les réseaux numériques, et enfin mettre en place et valider le processus de mise à jour des données de réseaux dans le SIG.
- **Migration des usages standards de la Carto vers le SIG** : Cette phase est la dernière avant le début des développements d'application, et comprend entre autres la migration des outils Clients actuels, les tests du SIG, le déploiement des postes clients, et la formation des utilisateurs.
- **Développement des applications** : Cette phase débute par la formation des développeurs de SI/IG. Selon les préconisations du Plan de Déploiement des Applications (chantier 8), le DPS⁵ se rapprochera des maîtres d'ouvrage pour élaborer avec les équipes SI/IG un planning des développements. S'en suivra le cycle écriture des cahiers des charges, développements, recette, déploiements selon les principes du PS 28.

Notre sujet est une partie du chantier intitulée « **Intégration des réseaux** », cependant il ne traite que le réseau d'assainissement. Aussi, le modèle n'étant pas encore défini, le projet actuel se chargera de définir le modèle du réseau d'assainissement, ce qui est une partie du chantier d'**Installation et Paramétrage du SIG**.

Le schéma suivant montre la durée de chaque tâche du chantier d'intégration des réseaux, on remarque que le temps alloué à ce projet (à peine 3 mois) est insuffisant sinon très limité.

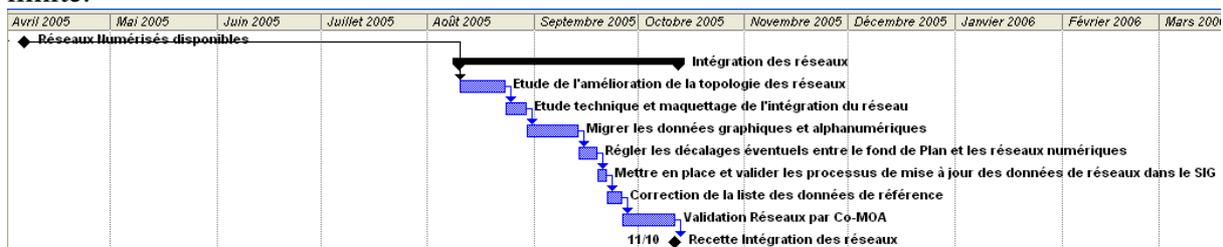


Figure 1: Planning des tâches du chantier "Intégration des Réseaux"

Le cadre du projet étant ainsi défini, reste à définir plus en détail ses objectifs.

1.3.3. Objectifs du projet

Les objectifs de notre projet sont décrits comme suit :

Formalisation du modèle de données actuel (Oracle-RESOCAD) - assainissement : Lydec dispose d'un modèle pour chacun de ses trois métiers, cependant ledit modèle est non

⁵ DPS : Maîtrise d'Ouvrage Stratégique ou Directeur de Projet Stratégique

documenté et on ne dispose de documents graphiques qui décriraient le MCD⁶ ou le MLD⁷ adoptés pour la création de la base de données. Plus de détail sera jeté sur la matière dans la deuxième partie dans le chapitre traitant de l'étude de l'existant ;

Critiques et propositions d'amélioration des modèles actuels : après étude du modèle et de ces données, on procédera à la critique de celui-ci en se basant notamment sur une statistique de ses données. Cette phase veut aussi une approche consultative auprès des gens du métier et une compréhension soutenue du métier de l'eau, l'assainissement et de l'électricité ;

Proposition d'une méthode de migration du réseau assainissement vers le SIG (INFORMIX-ArcGIS 9) : ceci est l'opération centrale de notre projet, une fois les modèles reconstruits et améliorés, il faudra adapter les données des réseaux au nouveau schéma et faire leur migration à l'aide de modules de traitement de données ;

Proposition et maquette d'une solution d'interface avec un outil de modélisation : cette opération vient dans le cadre du souci de maintenir les données, une fois celles-ci migrées et stockées, compatibles avec les outils de modélisation et de simulation utilisés par les professionnels de Lydec ;

Définition (et mise en œuvre) des indicateurs de qualité des données de réseau : c'est la définition de quelques indicateurs relatifs au métier de l'assainissement, ces indicateurs ont pour objet la mesure de l'intégrité du réseau du point de vue métier, par exemple un indicateur sur le niveau de population des champs obligatoires tel le diamètre de l'entité canalisation.

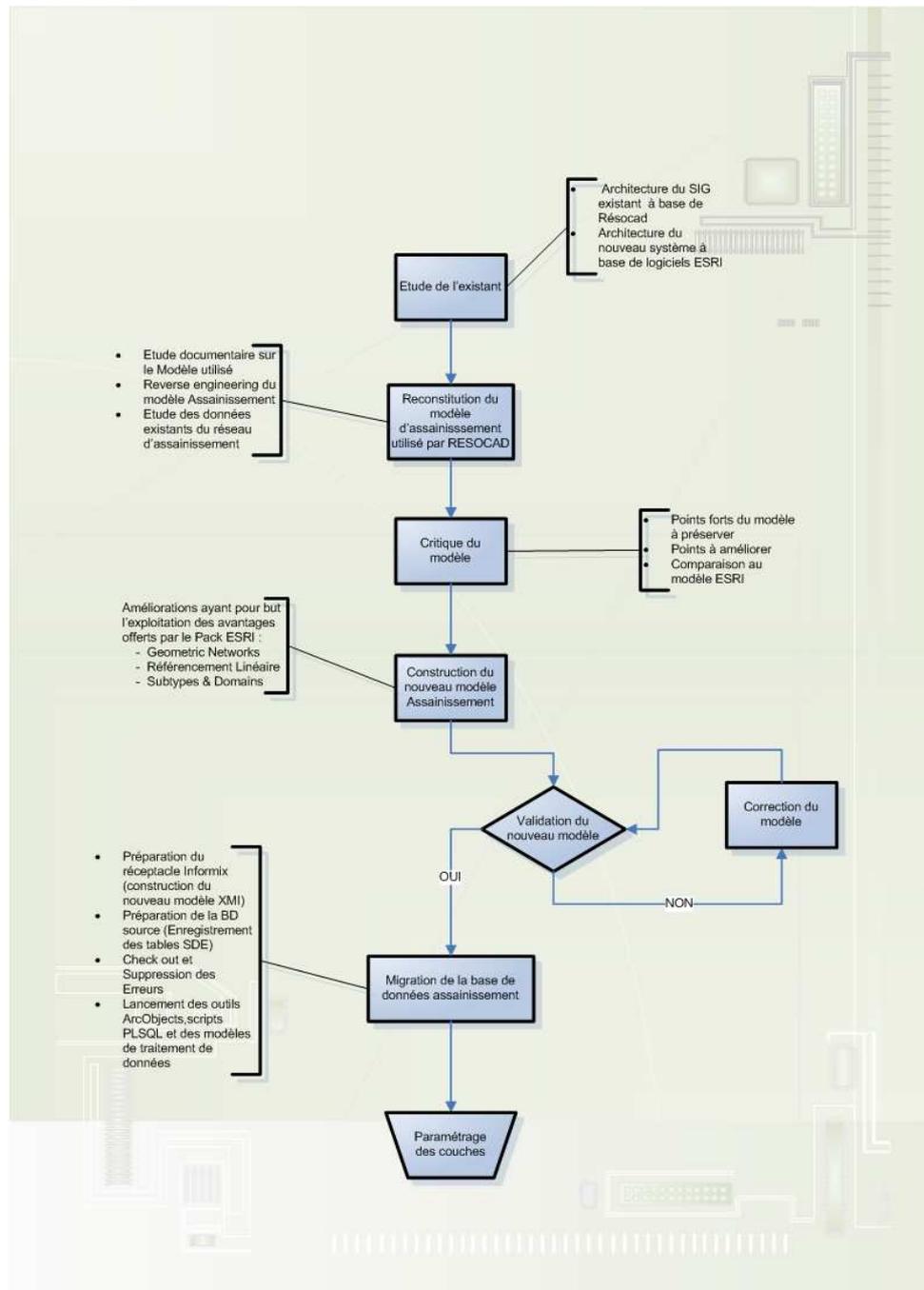
Afin de garantir l'exécution de tous ses objectifs, on a adopté la méthodologie décrite dans le chapitre suivant.

⁶ MCD : Modèle Conceptuel de Données

⁷ MLD : Modèle Logique de Données

1.4. La démarche suivie

Bien que notre sujet n'intéresse que le réseau assainissement, il a été tout au long du raisonnement effectué pendant ces mois de travail, de concevoir et de travailler avec une méthodologie qui soit le plus possible générique et qui serait facilement transposable aux autres réseaux à savoir ceux de l'électricité et de la distribution en eau potable. Ceci était possible pour une grande partie grâce au choix minutieux des outils de modélisation, mais surtout à l'adaptation des modules de traitement de données (que ça soit script pLSQL ou programmation arcObjects) aux autres réseaux ou carrément les intégrant dans certaines phases de traitement.



Tandis que l'étude de l'existant va nous donner les éléments nécessaires pour comprendre le fonctionnement du système et l'implémentation du modèle, la deuxième phase intitulée reconstitution du modèle, va résulter en une compréhension du modèle métier lui-même du réseau d'assainissement. L'étape suivante sera de procéder à une critique de ce modèle, utilisant l'expérience de Lydec en matière de son implémentation. La critique du modèle résultera en besoins qu'on essaiera de traduire en solutions lors de la phase de conception qui vient après. Enfin, après établissement et validation du modèle, on procédera à la migration des données dans la nouvelle base de données Informix. La dernière étape intitulée « paramétrage des couches », va s'assurer de l'intégrité de la nouvelle base de données, ainsi que d'opérer quelques paramétrages « de forme » des entités nouvellement créées telle la symbologie des différentes couches spatiales.

1.4.1. Processus de modélisation

Le processus de modélisation est passé par deux étapes : l'étape de la reconstitution du modèle actuel qui est utilisé jusqu'à fin du projet de migration et l'étape de l'amélioration de ce dernier.

La première étape était très importante du fait qu'elle nous a permis de nous poser beaucoup de questions relatives au réseau, et de schématiser le fonctionnement de RESOCAD⁸. Ceci est important parce que dans le cas de RESOCAD, l'application prend une part du modèle, cette part étant la gestion de liens entre les différentes classes du modèle.

Malheureusement, le fruit de cette première phase de modélisation, à savoir le fichier MLD et MCD du réseau de l'assainissement sous format WinDesign (voir paragraphe suivant), ne nous a pas servi au cours de la conception du nouveau modèle -physiquement parlant- ceci parce que dans la conception du nouveau modèle, nous avons utilisé Microsoft Visio et entre MS Visio et WinDesign, il n'existe pas de format d'échange.

Ceci dit, cette contrainte ne diminue en rien de la première phase de modélisation parce qu'elle nous a permis d'avoir les bases en informations pour entamer la nouvelle modélisation du réseau.

1.4.2. Processus de migration

Lors de la migration, le choix des outils s'est avéré extrêmement déterminant par rapport aux méthodes de modélisation. C'est en fait le choix des outils de modélisation et de migration qui a déterminé toute la méthodologie de travail ; et donc le choix porté des ses outils a pris en compte les trois paramètres suivants :

- Compatibilité avec les systèmes de gestion de bases de données : dans notre cas, Oracle et Informix
- Possibilité de reverse engineering et de génération des scripts de création des tables.
- Prise en charge de la modélisation orientée SIG : existence de types de classes prédéfinies de types graphiques.

Dans notre cas, nous avons opté pour les logiciels de modélisation suivants :

- WinDesign 6.0 : est un logiciel de modélisation supportant les normes UML et Merise, le choix de cet outil s'est fait sur la base de ses capacités à se connecter à un grand nombre de types de bases de données, son utilisation s'est limitée à la première phase du projet à savoir l'étude de l'existant.

⁸ RESOCAD : voir le paragraphe 2.1.1 RESOCAD dans la deuxième partie du rapport

- Microsoft Visio Edition 2003: combinée aux outils CaseTools de ESRI, il présente un ensemble de Macros et de modèles pour la modélisation de bases de données géographiques ESRI (Geodatabase), c'est l'outil recommandé par ESRI dans le cadre de la modélisation et la création de « Geodatabase ».
- CaseTools : c'est un ensemble d'outils et de modèles qui viennent avec le package ESRI ArcGIS sous le répertoire : ..\arcgis\CaseTools. Il contient les éléments suivants :
 - UML Models : un ensemble de fichiers VST qui contiennent le Workspace Visio qui contiendra les différents modèles UML à créer.
 - Utilities : il contient surtout le fichier .dtd nécessaire à la phase d'export du modèle vers la base de données.
 - Vc : pour la création de ce qu'on appelle les objets personnalisés dans ArcGIS, se référer au document « Building A Geodatabase » de ESRI.

Les outils mentionnés ici vont tous être l'objet de sections de chapitres plus loin dans le présent rapport

1.5. Conclusion de la première partie

Le chantier « Intégration des réseaux » prend une place centrale dans tout le projet, c'est lui qui permettra l'utilisation des données existantes du patrimoine de Lydec dans le nouveau SIG, passant par une correction des erreurs et l'application des évolutions nécessaires, notamment à travers la modélisation.

La préparation et la migration de données du réseau d'assainissement, nécessitent plusieurs études qui ont été fixées dans la démarche suivie. Tout d'abord une étude des systèmes, des architectures et du modèle d'assainissement actuellement utilisés, puis la modélisation proprement dite, et enfin la migration.

La deuxième partie du rapport traite de l'étude de l'existant qui englobe :

- L'étude du SIG de Lydec,
- L'étude des architectures déjà établies,
- Et l'étude de l'ancien modèle d'assainissement ;

On y parlera aussi de la conception qui couvre les points suivants :

- Spécification de besoins
- Modélisation et conception

2. Partie 2: Etude préalable et conception

Dans cette seconde partie du rapport, nous parlerons du système d'information géographique existant, une étude détaillée de celui-ci suivie de l'étude de l'ancien modèle assainissement et enfin la proposition du nouveau modèle.

- Etude de l'existant
- Reconstitution du modèle existant
- Etude métier du modèle
- Etude de donnée du modèle
- Spécification des besoins
- Modélisation et conception (proposition)
- Conclusion

2.1. Etude de l'existant

L'étude de l'existant se divise en deux parties, tout d'abord l'étude de l'architecture de l'ancien système et de celui qui va le remplacer par l'aboutissement du Plan Projet, et enfin l'étude du progiciel RESOCAD qui était l'outil de saisie du réseau d'assainissement.

2.1.1. RESOCAD

RESOCAD est un progiciel à base d'AutoCAD développé par SAFEGE qui donne des moyens efficaces pour la construction et le traitement des données sur l'infrastructure du réseau et de ses équipements. Il permet de composer progressivement une solution comprenant des applications métiers spécifiques, notamment en s'intégrant à des systèmes de gestion de l'exploitation (clientèle, patrimoine) et en alimentant en données des logiciels de modélisation (écoulement, pression).

RESOCAD permet de traiter de nombreux thèmes se rapportant à la gestion de réseaux, à l'aide de modèles de données métiers et d'applicatifs spécifiques développées sur des noyaux logiciels standards :

- réseau d'alimentation en eau potable,
- réseau d'assainissement
- Réseau électrique,
- éclairage public,

Auxquels peuvent être utilement associés d'autres thèmes :

- parcellaire,
- voirie.

Connecté à un outil de modélisation comme PICCOLO, RESOCAD permet la réalisation d'analyses cartographiques et de cartes thématiques sur la qualité de l'eau.

2.1.2. Architecture

On verra ici l'architecture ancienne qui est à base d'Oracle et de RESOCAD et puis la nouvelle architecture qui est un déploiement de plusieurs produits ESRI interagissant avec le SGDBR d'IBM Informix.

2.1.2.1. Oracle-RESOCAD

L'architecture à base de RESOCAD imposait l'utilisation d'Oracle comme base de données.

Le digramme ci-dessous montre cette architecture :

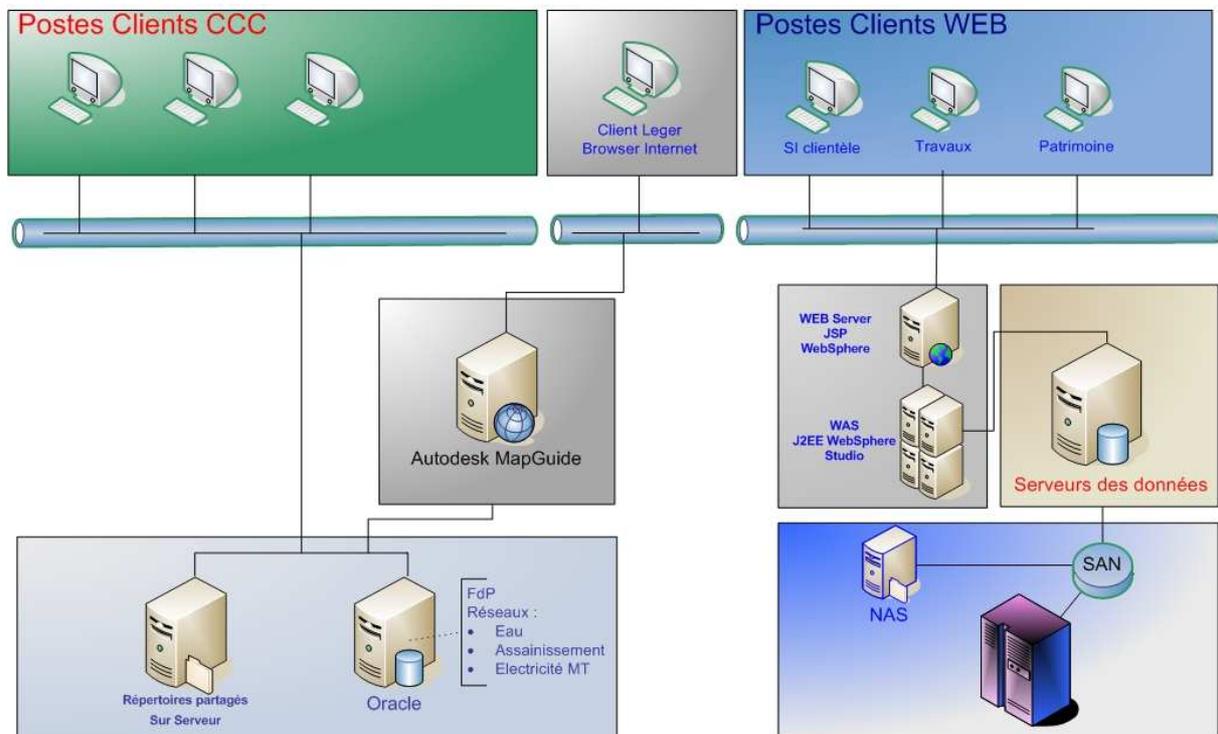


Figure 2: Architecture du système avec RESOCAD

Le système est composé des éléments suivants :

- Les postes clients du CCC : ces postes disposent de licences pour l'utilisation de RESOCAD.
- Le serveur Autodesk MapGuide : le serveur web SIG qui rend les données disponible en Intranet pour les utilisateurs de « RESOCAD Diffusion »⁹.
- Le serveur de fichier : contient toutes les couches du réseau sous format AutoCAD DWG¹⁰. L'utilisation de ce serveur résulte de l'utilisation de AutoCAD.
- Le serveur Oracle : on utilise la solution Oracle Spatial pour stocker les données géographique du réseau. Les données attributaires sont elles aussi

⁹ RESOCAD Diffusion : le nom donné au service Intranet via MapGuide.

¹⁰ DWG : l'une des extension des format AutoCAD.

stockées ici. Le serveur utilisé par Autodesk MapGuide dans le cadre de l'application Intranet RESOCAD Diffusion.

Dans cette configuration, le système se compose de deux SGBDR différents : Oracle et Informix. Ceci pose plusieurs problèmes techniques et managériaux. On cite :

- RESOCAD utilise un serveur de fichier à la base. Le stockage dans Oracle se fait séparément d'où un problème de mise à jour de données ;
- La licence d'Oracle est suffisamment chère ;
- Interfacer les deux bases de données pose des problèmes techniques ;
- On a plus de problèmes liés à la maintenance
- On dispose d'une très bonne expérience en Informix.

Les points cités en haut jouent à l'avantage d'un système comportant les deux bases de données consolidées en un seul SGBDR.

2.1.2.2.ESRI – Informix

Dans cette architecture, les données géographiques se verront migrées dans une base de données Informix Spatial, résultant en un seul système de gestion de base de données qui contient toutes les données de Lydec, en facilitant à la fois la gestion et le suivi.

Le schéma en bas détaille la nouvelle architecture résultant de l'acquisition des produits ESRI :

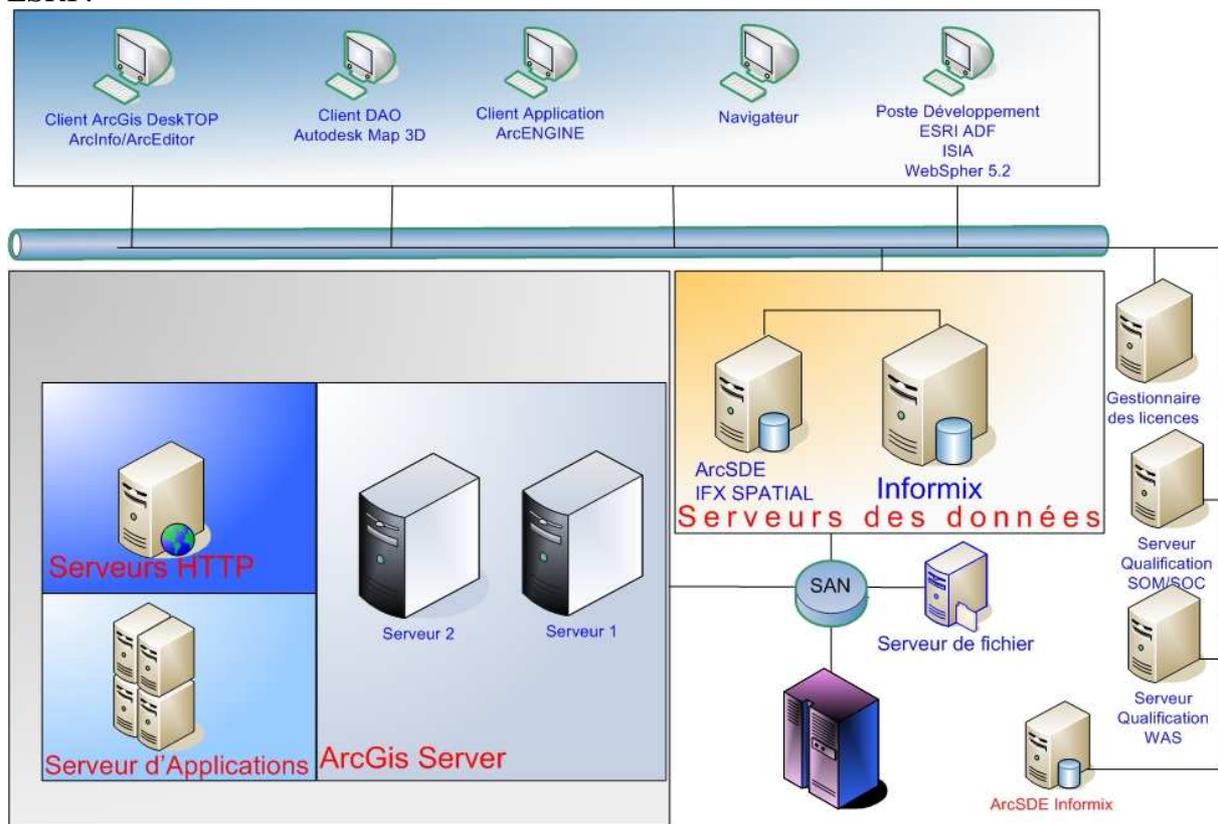


Figure 3: Architecture du nouveau système utilisant les solutions ESRI et Informix

Lydec a adopté plusieurs composants ESRI, ce qui fait de l'architecture actuelle une configuration complète et homogène. On distingue trois couches d'applications :

- Base de données : C'est une base de données Informix avec extension Spatial (voir annexe 2 : Informix Datablade) qui est l'équivalent de « Oracle Spatial » de Oracle.
- ArcSDE : c'est la passerelle entre la base de données Informix et la couche applicative.
- ArcGIS Server : est un ensemble de composants pour le développement d'applications SIG WEB.
- Serveur d'application : à base de Websphere Application Server
- Clients :
 - Les solutions ArcGIS Desktop
 - Les clients légers Navigateurs Web
 - Développeurs WebSphere

2.1.3. Données

Les données dont on dispose sont celles sous Oracle et qui viennent de la production utilisant RESOCAD. Cette base de données contient plusieurs sous ensembles de données :

- Données attributaires et graphiques utilisant un même dénominateur qualifiant le type du réseau,
- Données de paramétrage qui sont liées au fonctionnement de RESOCAD et à la définition des relations entre les tables et les relations entre les différentes couches thématiques,
- Données propres aux modèles des différents métiers.

Le schéma suivant montre la structure de la base de données :

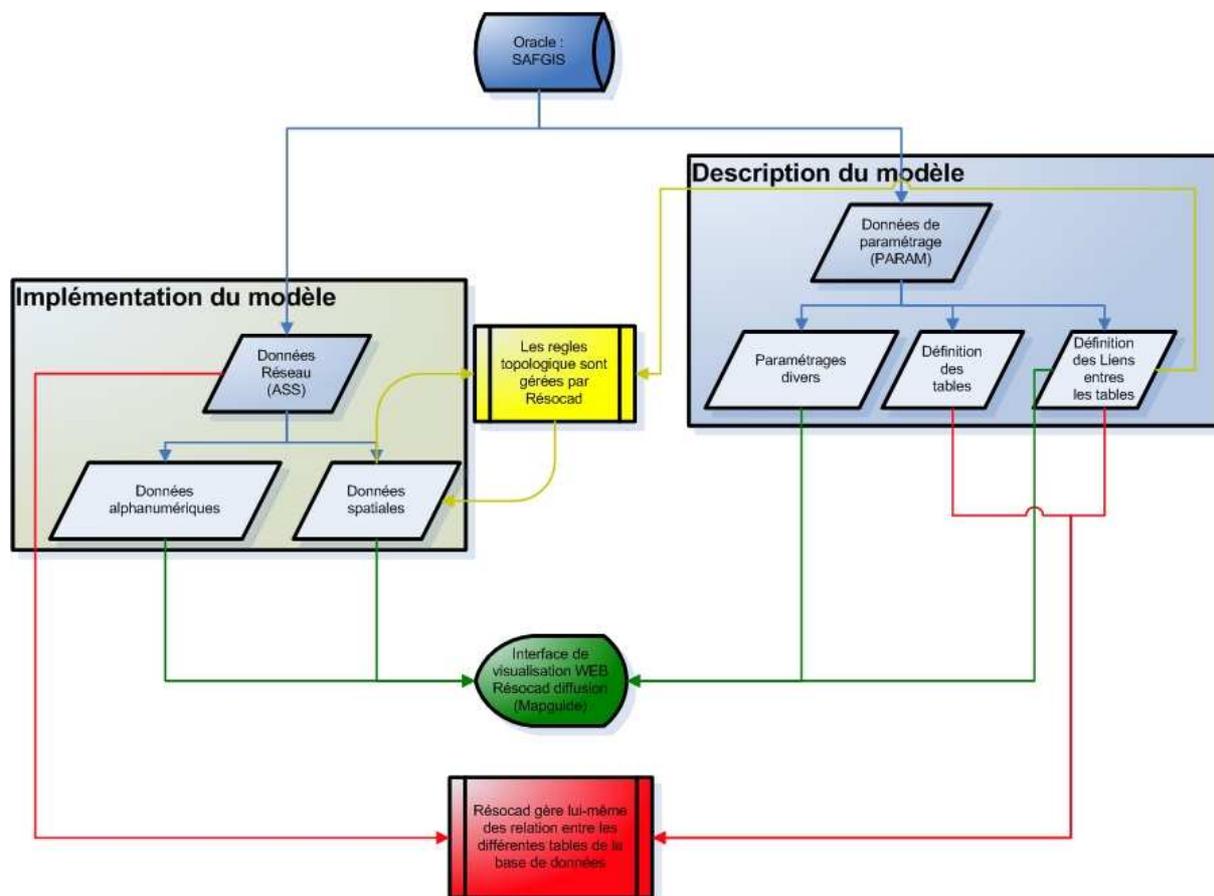


Figure 4: Structure de la base de données Oracle

2.2. Reconstitution du modèle Assainissement

Afin de comprendre la structure générale de la donnée, il faut disposer des informations suivantes :

- la structure des données à migrer : tables, contraintes et relations ;

- la structure graphique des données : les différents types graphiques présents et les différentes couches thématiques à traiter
- l'état de la donnée : pourcentage de remplissage des tables, pourcentage de remplissage des champs de chaque type d'entités

La meilleure manière d'en disposer est de procéder à une retroconception du modèle à partir des tables de la base de données.

2.2.1. Reconstitution du modèle logique de données

Dans cette première étape, nous avons choisi WinDesingn comme outil.

L'outil nous permet de générer les tables, les contraintes et les relations à partir d'une table de données de presque n'importe quel type.

Le reverse engineering peut se faire avec l'option d'importer les indexes et les contraintes, dans notre cas ceci est important parce que les indexes renseignent le plus souvent sur les clefs étrangères et les clefs primaires tandis que les contraintes peuvent nous donner une idée sur les relations entre les tables.

Une fois le « reverse engineering » terminé, on a les résultats suivants :

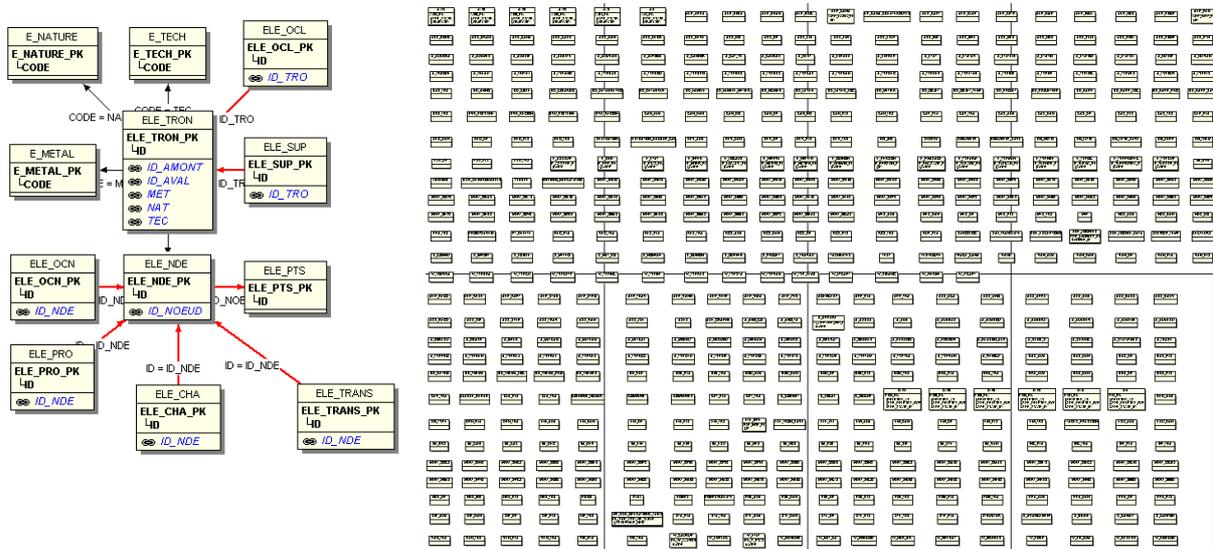


Figure 5: Premiers résultats du reverse engineering

Problématique :

Les tables générées par la méthode précédemment décrite, à part quelques exceptions, présentent une structure sans aucune relation apparente les unes avec les autres. En fait les relations entre les tables existent, seulement elles ne sont pas implémentées côté base de données mais c'est au côté application qu'elles le sont.

Solution :

RESOCAD dispose d'un ensemble de tables stockés dans la bases de données, qui lui permettent de gérer lui mêmes les relations entres les tables métiers. En d'autre termes, les contraintes et les relations sont bien définies dans la base de données Oracle à l'interieur de

simples tables « business » qui sont utilisées par RESOCAD pour définir avec sa façon les liens entre ses types de données.

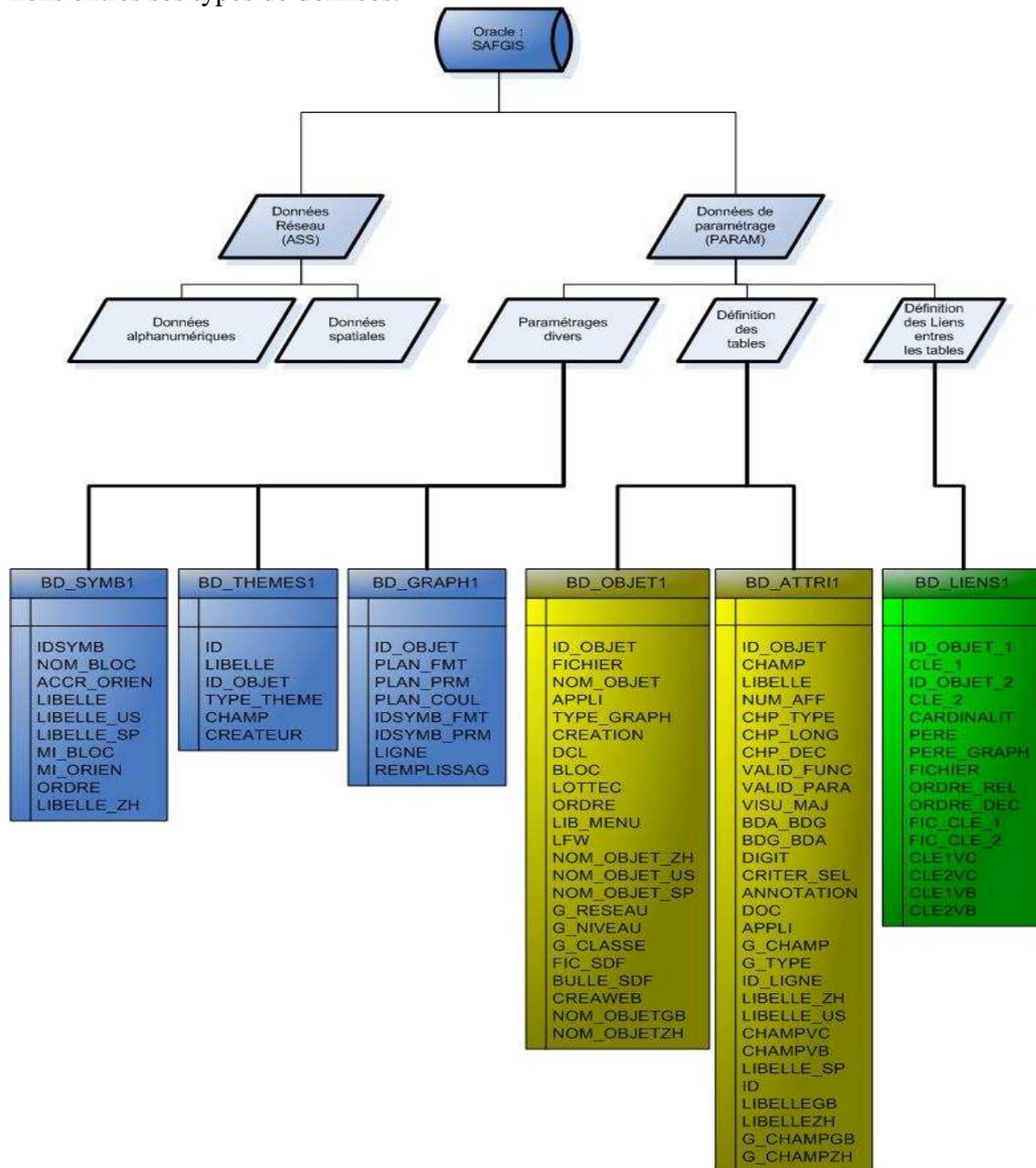


Figure 6: les tables de paramétrage de RESOCAD

Dans le diagramme précédent, il y a trois tables importantes dans le processus de la création du modèle logique de données :

- **BD_OBJET** : contient des informations générales sur les tables, tels le nom de l'entité réel dont les données sont stockées dans la table et le type graphique de l'entité, dont on distingue sept types :
 - **SU** : Surface (polygone),
 - **ND** : Equipement nodal d'un réseau,
 - **EQ** : Equipement de réseau posé sur un tronçon,

- ED : Equipement de réseau connecté à un tronçon mais distant de l'axe de celui-ci.
- BD_ATTRI : définis tous les attributs de chaque table, notamment les liaisons avec les tables annexes qui contiennent les sous-types des objets.
- BD_LEINS : contient les informations sur les liens entre les tables de la base de données ainsi que les règles père-fils qui jouent le rôle de règles de topologie.

Exemple :

Id_objet_1	Cle_1	Id_objet_2	cle_2	Cardinalité	Père	Père graphique
CAN	ASS_CANA.ID	RGS	ASS_REGD.ID_CANA	1N	1	1

Tableau 1: exemple de lien

Dans l'enregistrement d'au-dessus, on récupère les informations suivantes :

- Il y un lien entre la table des canalisations et la table des régulateurs de débit par la clé étrangère ID_CANA de la table ASS_REGD
- La multiplicité de la relation
- L'objet régulateur de débit ne peut exister sans l'existence préalable de l'objet canalisation auquel il va être rattaché
- Graphiquement, on ne peut dessiner un régulateur de débit qu'après sélection d'une canalisation

C'est ainsi, en exploitant les trois tables précédemment citées, qu'on abouti après un travail pour le moins répétitif et fastidieux mais néanmoins nécessaire au résultat de la page suivante:

MLD_ASSAINISSEMENT

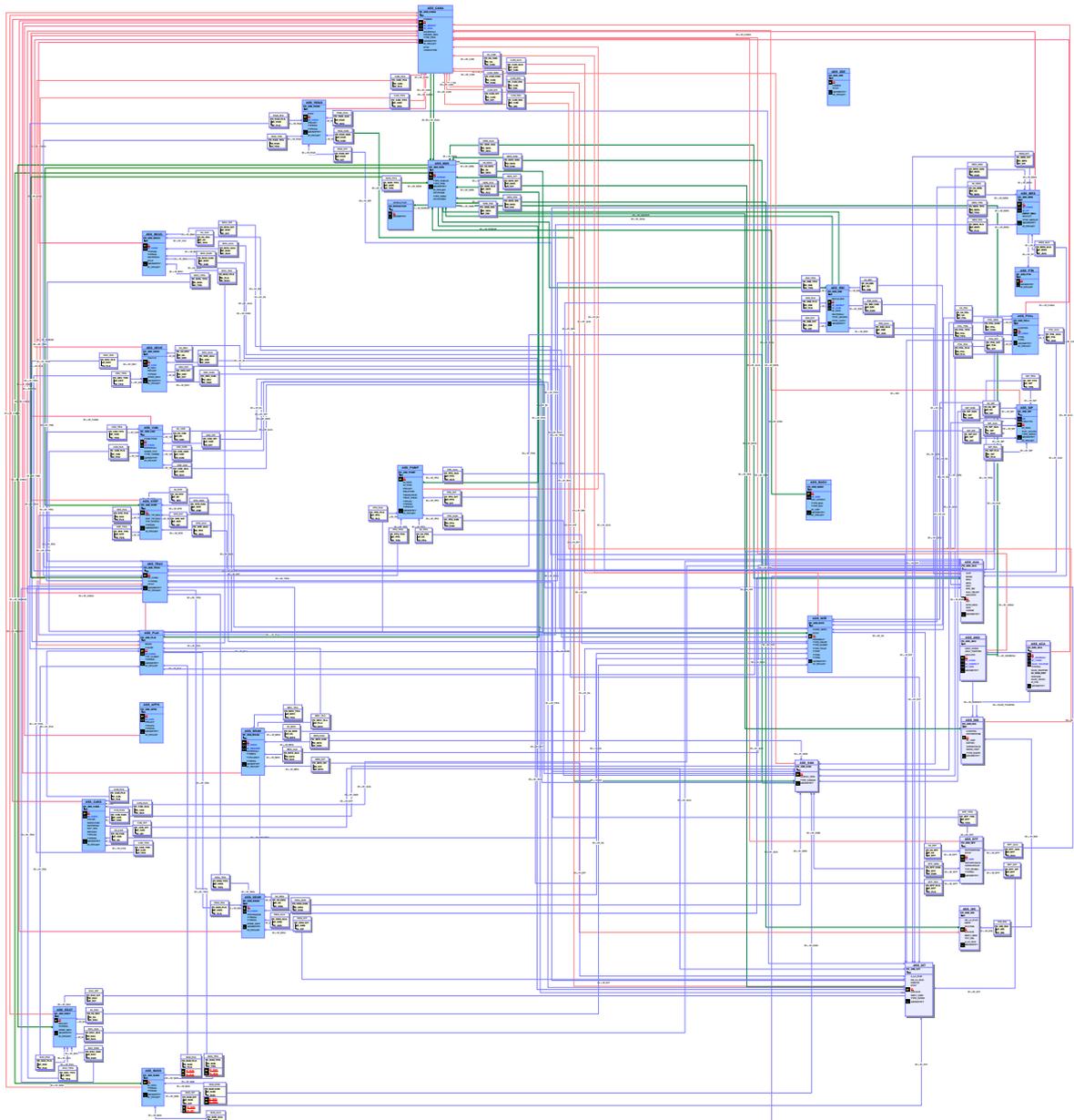


Figure 7: Modèle Logique de Données du réseau de l'assainissement

Légende :

-  Lien avec la table des Nœuds
-  Lien avec la table des canalisations
-  Autre lien

En somme, c'est **32** tables d'entités et **212** relations toutes saisies à la main.

Aussi, il a fallu avoir une vue globale sur les tables annexes et leurs relations avec les entités du modèle, ce qui donne le modèle suivant :

TABLES ANNEXES ASSAINISSEMENT

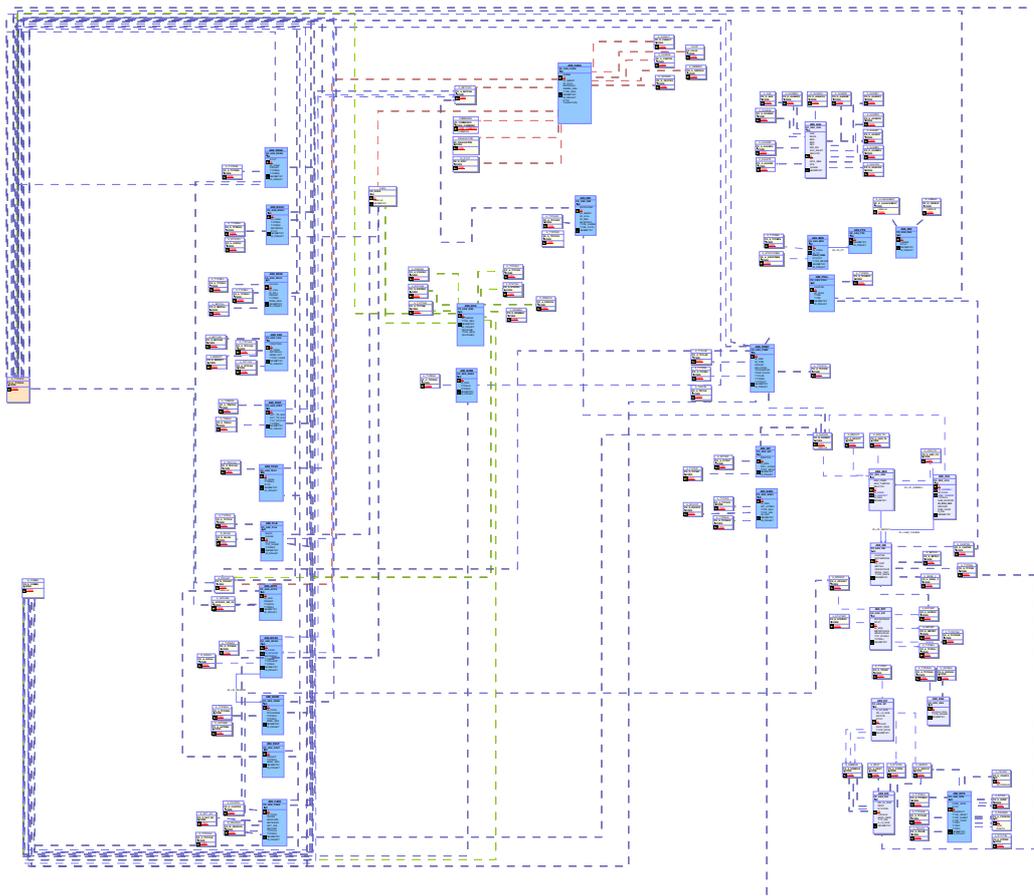


Figure 8: Vue nous permettant d'avoir les liens entre les tables du réseau et les tables annexes propres au modèle de données de l'assainissement

101 tables annexes font partie du modèle assainissement, ces tables contiennent les libellés des sous types associés aux codes utilisés dans les tables des entités réels. Par exemple, le champ matériau (MATERIAU) de la table des canalisations (SAFGIS.ASS_CANA) est associé à la table annexe A_MATCAN dont une partie du contenu est affichée dans le tableau ci-contre:

CODE	LIBELLE
BLI	Béton lisse
BNO	Béton normal
BRU	Béton rugueux
PLA	Plastique
FON	Fonte, acier
GRE	Grés
MAC	Maçonnerie
AUT	Autre



2.2.2. Génération et construction du Modèle Conceptuel de données utilisé

La génération du MCD se fait automatiquement à partir du MLD grâce à un outil de WinDesign. Cependant en ayant le MLD, nous pouvons nous passer du MCD car l'un et l'autre sont équivalents par rapport à ce qu'on veut en faire, à savoir, avoir une idée claire sur les relations mises en œuvre dans le réseau d'assainissement.

Pour la suite du travail, on s'est basera sur le MLD seulement.

2.3. Etude métier du modèle actuel

Le modèle INFEO de l'assainissement a été modifié afin de correspondre aux besoins de Lydec, nous verrons ici en quoi consistent ces modifications, et nous parlerons un peu du métier de l'assainissement.

2.3.1. Le modèle assainissement Lydec

Une des forces du modèle utilisé est qu'il est fait par des experts du domaine, il est issu d'études poussées et d'une longue expérience dans le domaine de l'assainissement.

La compagnie qui construit le « propose ainsi un modèle de données Assainissement standard qui regroupe les applications standards gérées par un gestionnaire de réseau : casses de conduites, intervention, signalisation de travaux, plainte d'abonnées. Ce modèle de données peut être modifié ou étendu dans le cadre de missions de paramétrage réalisées par » la compagnie « ; ceci peut également être effectué par l'administrateur du SIG grâce à la mise à disposition des outils appropriés et d'une formation plus poussée »

En effet, en étudiant le modèle actuel de données assainissement, on voit plusieurs tables qui ne sont pas documenté dans la documentation de RESOCAD, ceux-ci sont au nombre de 8 et sont :

- AUA : Autres anomalies
- ANO : Anomalie regard
- EFF : Anomalie effluent
- ACA : Anomalie camera
- DIS : Demande d'inspection
- DIT : Demande d'intervention
- INS : Inspection
- DAN : Danger

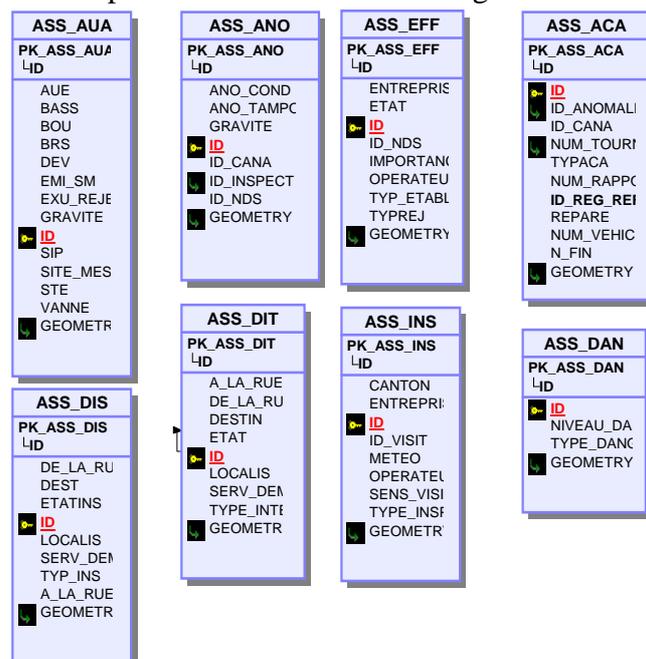


Figure 9: Table issues de missions de paramétrages du modèle d'origine

Le modèle assainissement d'origine a subi d'autres changements afin de correspondre aux besoins de Lydec, comme l'ajout de nouveaux champs aux tables du modèle. Par exemple, [COMMUNE] et [ROTATION] qui sont désormais présents dans toutes les tables de données mais absents du modèle d'origine.

Ceci dit, le modèle souffre de certaines limitations que nous relevons comme suit :

- Le modèle si pris indépendamment de RESOCAD, serait un ensemble de tables sans relations. Il est trop dépendant de l'application.
- Le modèle est fait de telle sorte à n'utiliser aucune requête spatiale ce qui engendre un surplus de liens, par exemple toutes les tables sont liées à la table des communes.

En somme, le modèle est fait de telle sorte qu'il soit utilisé par une application non SIG.

2.3.2. Introduction au métier de l'assainissement

Afin de rester compatible avec le métier de l'assainissement dans la réflexion portée à la construction du modèle, il fallait absolument avoir un contact avec le domaine. Une recherche de documentation a été faite pour satisfaire aux besoins suivants :

Avoir les connaissances fondamentales sur les entités réelles du métier de l'assainissement

Dégager les relations topologiques entre ces différentes entités

Renseigner davantage le nouveau modèle si le besoin se fait sentir.

Le fruit de cette recherche est tableau croisé des relations topologiques présent dans le chapitre « **Modélisation et Conception** ».

2.4. Etude qualitative des données

Graphiquement, les données sont de bonne qualité, ceci est dû principalement à la manière dont RESOCAD gère la topologie. Par exemple, l'opérateur pour dessiner une canalisation se doit de définir d'abord deux nœuds, le nœud amont puis le nœud aval de la canalisation, ensuite RESOCAD trace lui-même la canalisation entre les deux nœuds. Ceci est très efficace pour garder une topologie nette.

Les seules erreurs qu'on a relevées sont celles issues de fautes de frappe, de mauvaise communication entre la base de données et RESOCAD ou d'autres raisons qui nous sont inconnues.

Autre source d'erreur : une fois le nouveau modèle validé, il en résultera quelques types de données qui ne se trouveront plus dans la nouvelle base de données et qui resteront en suspens jusqu'à leur traitement par le CCC. Un exemple est celui des nœuds de types « jonction de maille », ceux-ci sont utilisés dans les extrémités des canalisations dont on ne peut pas compléter la saisie parce qu'ils tombent au bord de la zone d'édition (en mode édition par feuille). Dans ce cas on place dans leurs bords des nœuds de type jonction de maille pour que l'édition de l'autre côté de la limite, reprenne la saisie de la canalisation à partir du nœud. Dans notre nouveau modèle, ce type de jonction n'existe plus parce qu'ArcGIS ne pose pas de problèmes d'édition qui imposeraient l'édition en mode feuille.

2.5. Spécification des besoins

2.5.1. Objectif de la phase

L'objectif de cette phase est de déterminer les besoins de Lydec en matière de modélisation de son réseau d'assainissement et de migration des données.

Bien que le modèle utilisé soit un modèle complet et bien adapté aux besoins de Lydec, l'acquisition des solutions ESRI pour développer son SIG va certainement imposer des changements à l'ancien modèle de données, afin de pouvoir exploiter pleinement les fonctionnalités de chaque outil qui fera partie du SIG.

2.5.2. Démarche adoptée pour la spécification des besoins

2.5.2.1. En matière de modélisation

Afin de cerner les besoins de Lydec que le nouveau modèle devrait combler, nous avons bien étudié les limites du modèle afin de les traduire en besoins. Aussi, nous avons étudié ce qui se fait en matière de réseau en général et du réseau d'assainissement en particulier. Aussi, nous avons étudié les nouvelles fonctionnalités qu'offriront les solutions ESRI pour n'en garder que les plus importantes et qui s'adaptent le mieux au métier de l'assainissement et les traduisant en besoins aussi. Une autre source d'inspiration a été le modèle «Sewer & Storm Water» de ESRI, qui est le modèle standard de l'assainissement selon ESRI.

Ces études nous ont permis de dégager des besoins métiers, techniques et fonctionnelles auxquelles le nouveau modèle devrait répondre.

2.5.2.2. En matière de migration

Le réseau d'assainissement n'est qu'un domaine des trois métiers de Lydec, les autres étant : la distribution en eau potable et le réseau de l'électricité et de l'éclairage public. Les autres bases de données des deux réseaux (Eau potable et électricité) feront elles aussi l'objet d'un projet de migration comme celui-ci et par conséquent le présent stage se doit de satisfaire les besoins énumérés ci-dessous :

- Offrir une méthodologie de migration faible en coût de travail et en temps de traitement
- Garantir l'intégrité des données
- Utiliser les outils dont dispose Lydec
- Garantir une compatibilité avec l'outil de simulation MOUSE.

2.5.3. Liste des besoins techniques et fonctionnels

La liste des besoins techniques et fonctionnels auxquels le modèle doit répondre est la suivante :

- Garder un nombre suffisant de liens entre les entités du modèle afin de garantir l'exploitation de la base de données sans l'utilisation de requêtes spatiales

- Disposer d'une vue claire et logique de l'ensemble des composants du réseau en les subdivisant en sous-groupes métier logiques
- Minimiser la taille de stockage en éliminant les données superflues
- Utiliser une nomenclature plus significative
- Rester le plus proche possible du modèle d'origine tout en intégrant les nouvelles fonctionnalités au modèle
- Prise en charge du Geometric Network dans la nouvelle base de données
- Utilisation du référencement linéaire pour les événements liés au réseau

2.5.4. Solution générale

Le schéma suivant donne une idée générale sur la méthodologie utilisée lors de la modélisation:

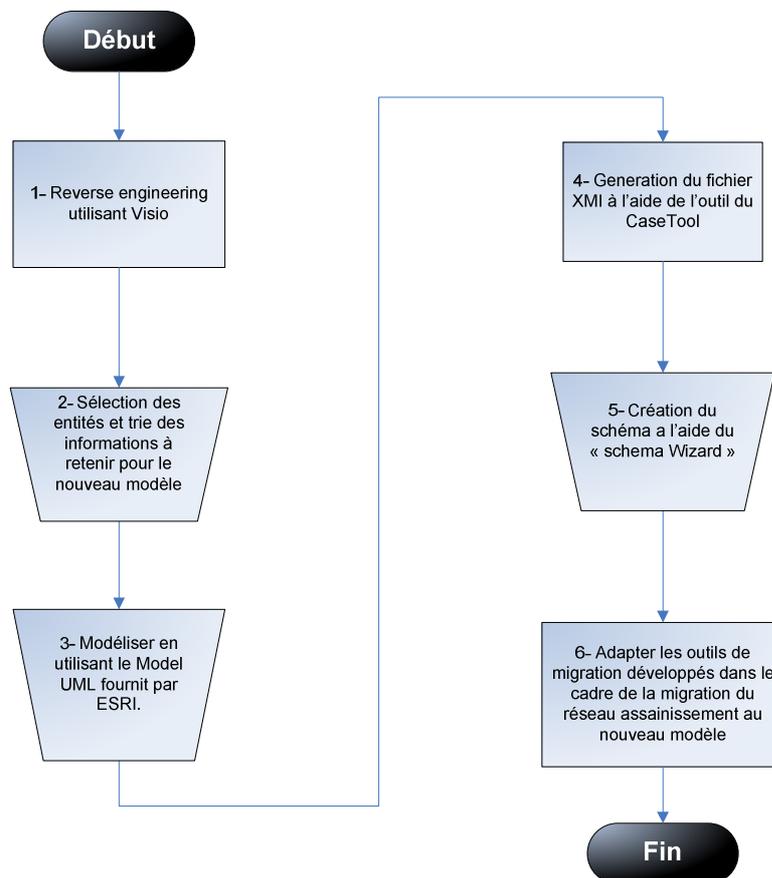


Figure 10: Méthodologie adoptée pour la modélisation

1- utiliser la rétroconception de Visio pour importer les tables Oracle

- 2- entamer la réflexion pour le tri des tables et des champs par table à garder (dictionnaire de données)
- 3- Modéliser le réseau en utilisant le framework (UMLModel.vsd) fourni par ESRI : il offre tous les objets primitifs d'ArcGIS ainsi que les outils pour la vérification de l'intégrité du modèle et la recherche d'erreurs et enfin la conversion en XMI.
- 4- Générer le XMI qui va être utilisé pour la création de la base de données
- 5- Créer la base de données en précisant la référence spatiale
- 6- Les outils développés au cours de ce projet sont conçus afin d'être facilement extensibles aux autres réseaux moyennant des fiches Excel pour générer le code VB.

2.6. Modélisation et Conception

2.6.1. Objectifs de la phase

Dans cette phase du projet, il est question d'améliorer le modèle du réseau de l'assainissement pour pouvoir traduire les besoins déjà cités en réalité. La nouvelle modélisation doit être compatible aussi avec les méthodes utilisées dans la migration en utilisant notamment l'outil Microsoft Visio.

2.6.2. Démarche adoptée pour la conception

Le modèle d'origine était la base de la modélisation parce qu'il reste une référence en matière de données relatives à l'assainissement, il a été conçu par des experts spécialistes du domaine. Il ne faut pas oublier aussi que Lydec lors de son acquisition de RESOCAD a bénéficié d'une mission de paramétrage de ce modèle ce qui le rend idéal pour son métier mais dépassé pour son nouveau système d'information géographique.

De l'autre côté nous avons le modèle d'ESRI qui est difficilement adaptable à Lydec mais qui prend en charge un grand nombre de fonctionnalités du SIG adopté par l'entreprise.

Notre modèle se voudra être une réconciliation entre les deux modèles. Ceci été possible grâce à la collaboration des gens du CCC qui sont experts en RESOCAD, grâce aux gens du métier qui ont exprimé leurs besoins et enfin grâce à la documentation ESRI et les modèles de données gratuit mis à disponibilité sur leur site web.

La figure de la page suivante montre les étapes du processus de modélisation :

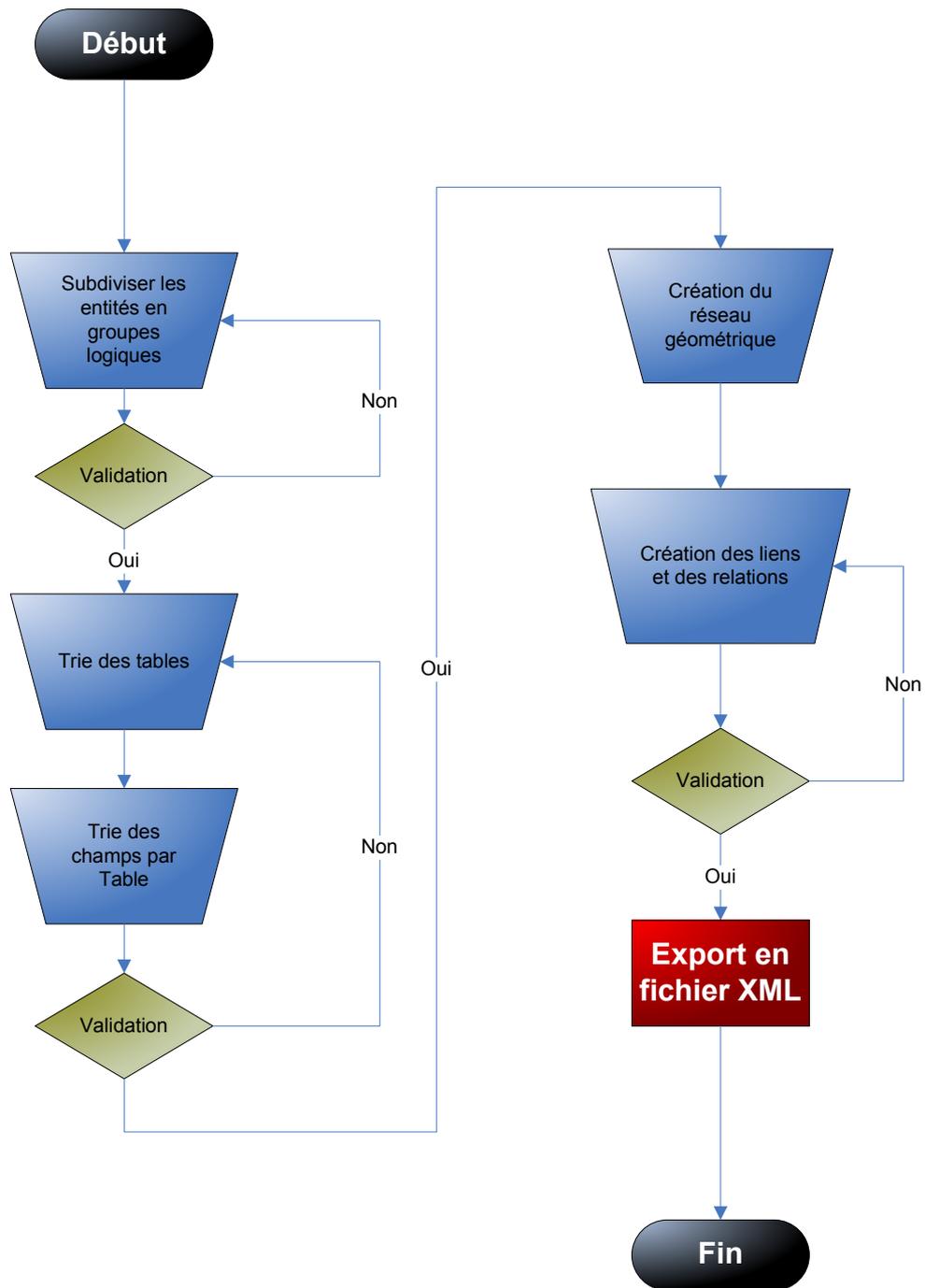


Figure 11: Schéma du processus de modélisation

2.6.3. Modèle Conceptuel de donnée

Le modèle conçu comporte 4 groupes logiques :

- Canalisations : contient les entités canalisation et émissaire
- Nœuds : regroupe bassin de rejet, branchement, effluent, exutoire, regard, station de pompage et station d'épuration.
- Gestion et maintenance : regroupe anomalie camera, anomalie regard, casse, danger, demande d'inspection, demande d'intervention, inspection, intervention, plainte, point noir et travaux
- Equipements et autres ouvrages : regroupe autre appareil, bassin de dessablement, bouche, dégrilleur, déversoir, point de mesure, régulateur de débit, siphon et vanne

2.6.3.1. Canalisations

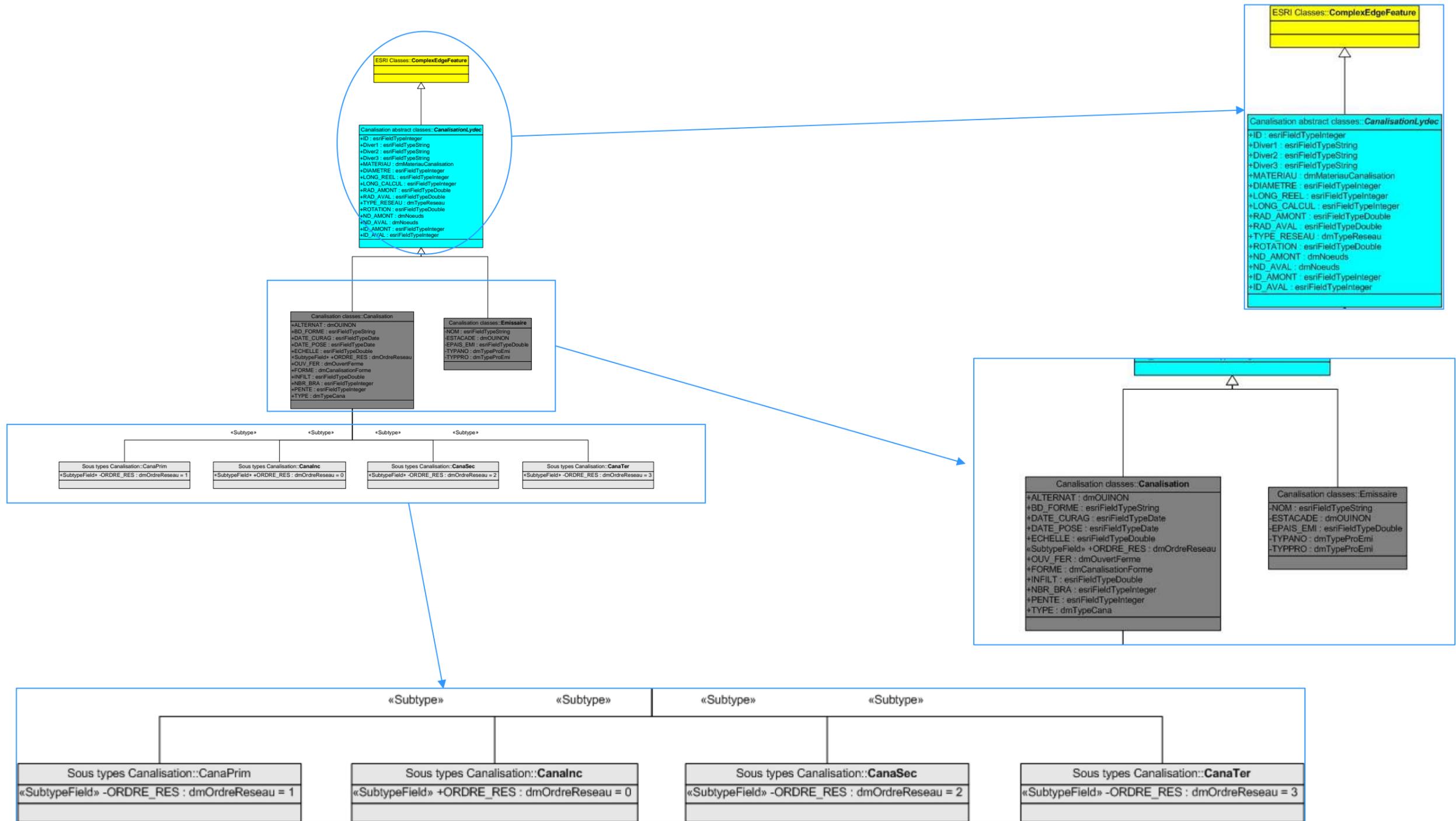


Figure 12: Diagramme de classes du groupe "Canalisations"

Dans la modélisation de la canalisation, on a retenu le champ [Ordre_Res] pour définir les sous-types de la canalisation, ceux-ci sont au nombre de 3, le quatrième dans l'image étant celui des canalisations dont l'ordre est inconnu par manque de données à savoir le diamètre de la canalisation, les ordres réseau sont primaire, secondaire et tertiaire.

Innovation :

- ✓ Le changement effectué par rapport au modèle ancien réside dans les 4 propriétés de la canalisation Id_Amont, Id_Aval, Nd_Amont et Nd_Aval. Désormais une canalisation peut être connectée à n'importe quel type de nœud et non pas seulement les nœuds de type regard comme c'était le cas avec l'ancien modèle. Le [id_ament] ([id_aval]) est la clef étrangère vers le nœud tandis que [nd_ament]([nd_aval]) renseigne sur le type de ce dernier.
- ✓ Les entités canalisation et émissaire sont de type ComplexEdgeFeature pour une utilisation du GeometriNetwork.

2.6.3.2. Nœuds

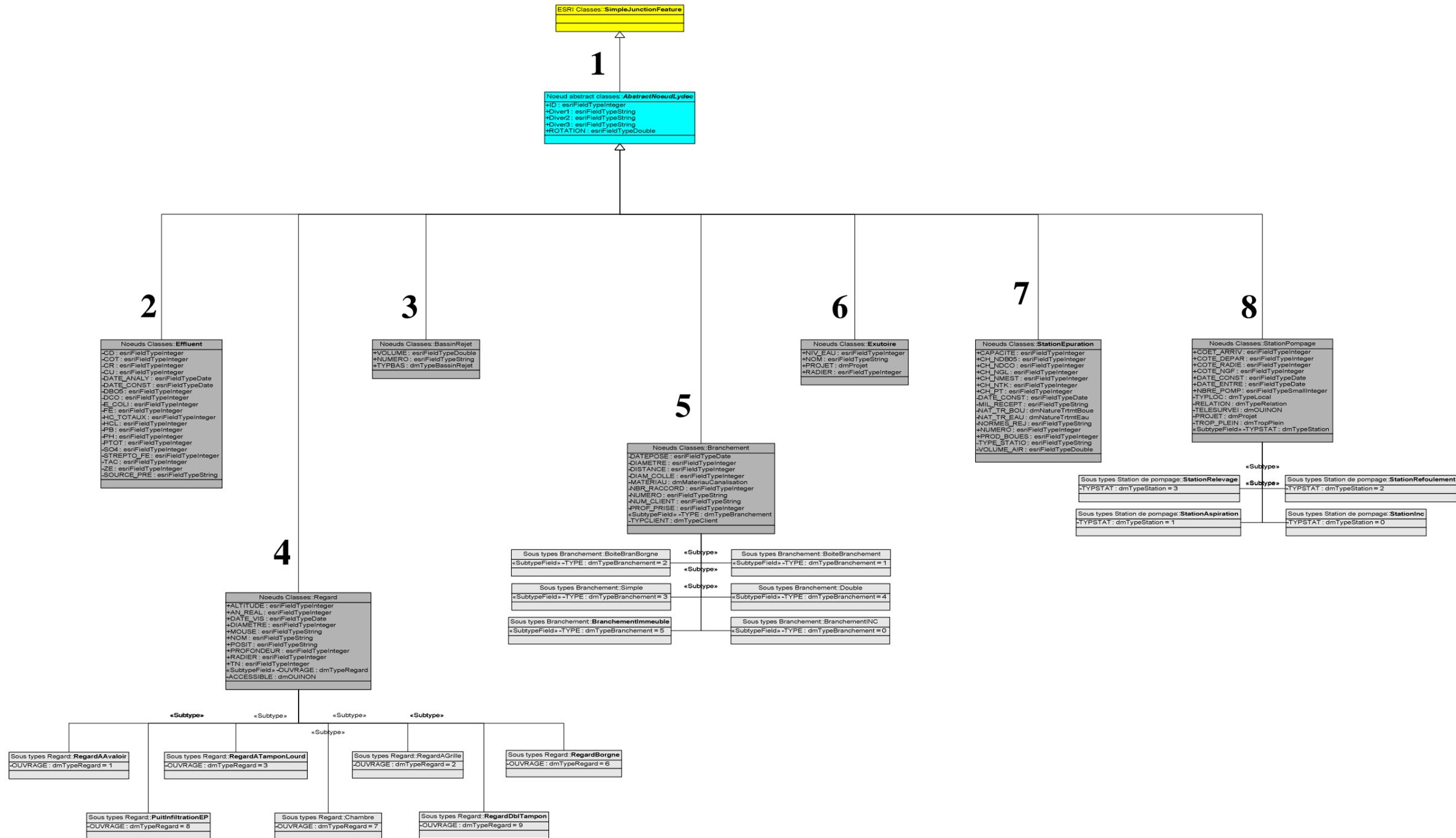


Figure 13: Diagramme de classes du groupe "Nœuds"

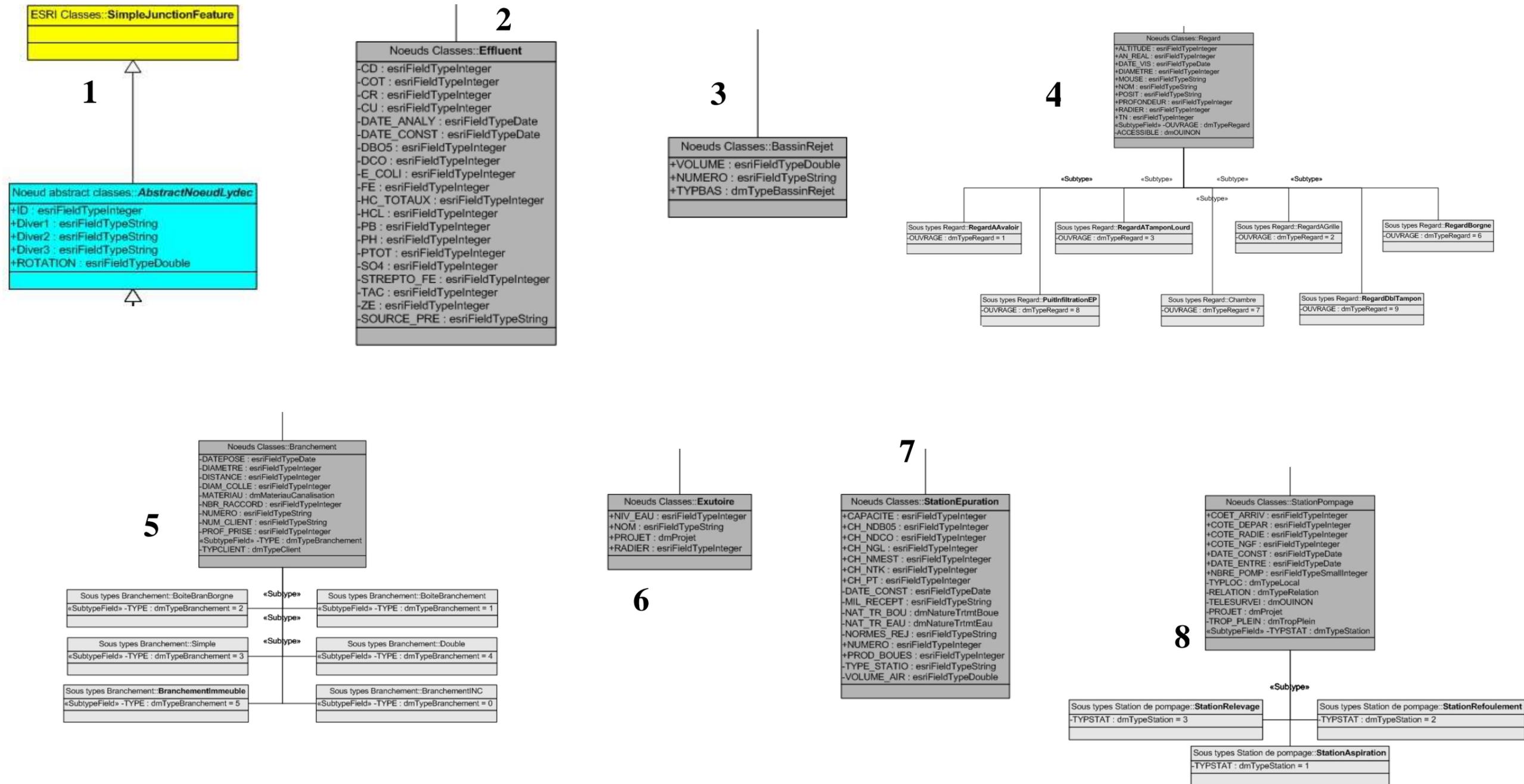


Figure 14: Détail des classes du groupe "Nœuds"

Innovation :

Le nouveau modèle utilise plusieurs nœuds à la différence du modèle ancien qui ne connaissait qu'une seule table où tous les nœuds sont regroupés. De cette façon nous pouvons créer des règles de topologie personnalisées pour chaque type de nœuds.

Les nœuds héritent de la classe SimpleJunction pour une utilisation dans le Geometric Network. Pour les stations de pompage, on a choisi de les sous typer par leur fonction, aspiration, refoulement ou relevage afin d'exploiter cette information dans la simulation par les outils de ArcGIS.

2.6.3.3. Gestion et maintenance

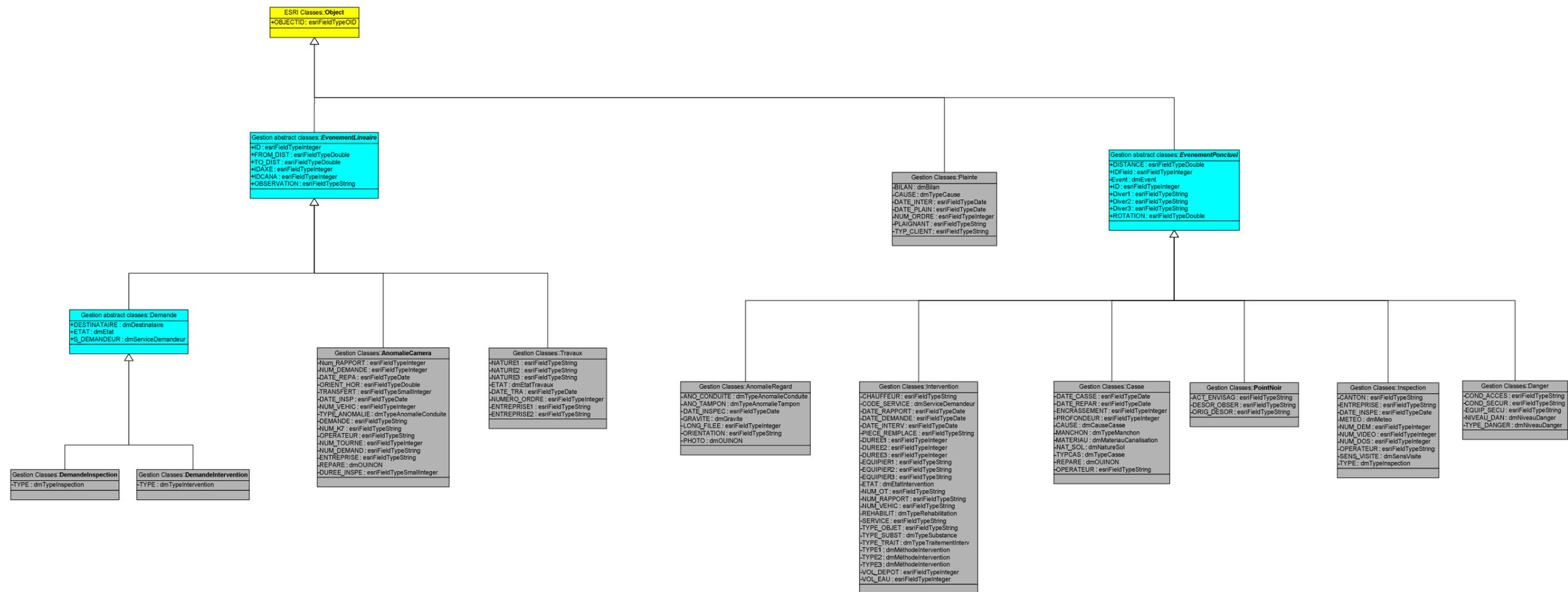


Figure 15: Diagramme de classes du groupe "Gestion et maintenance"

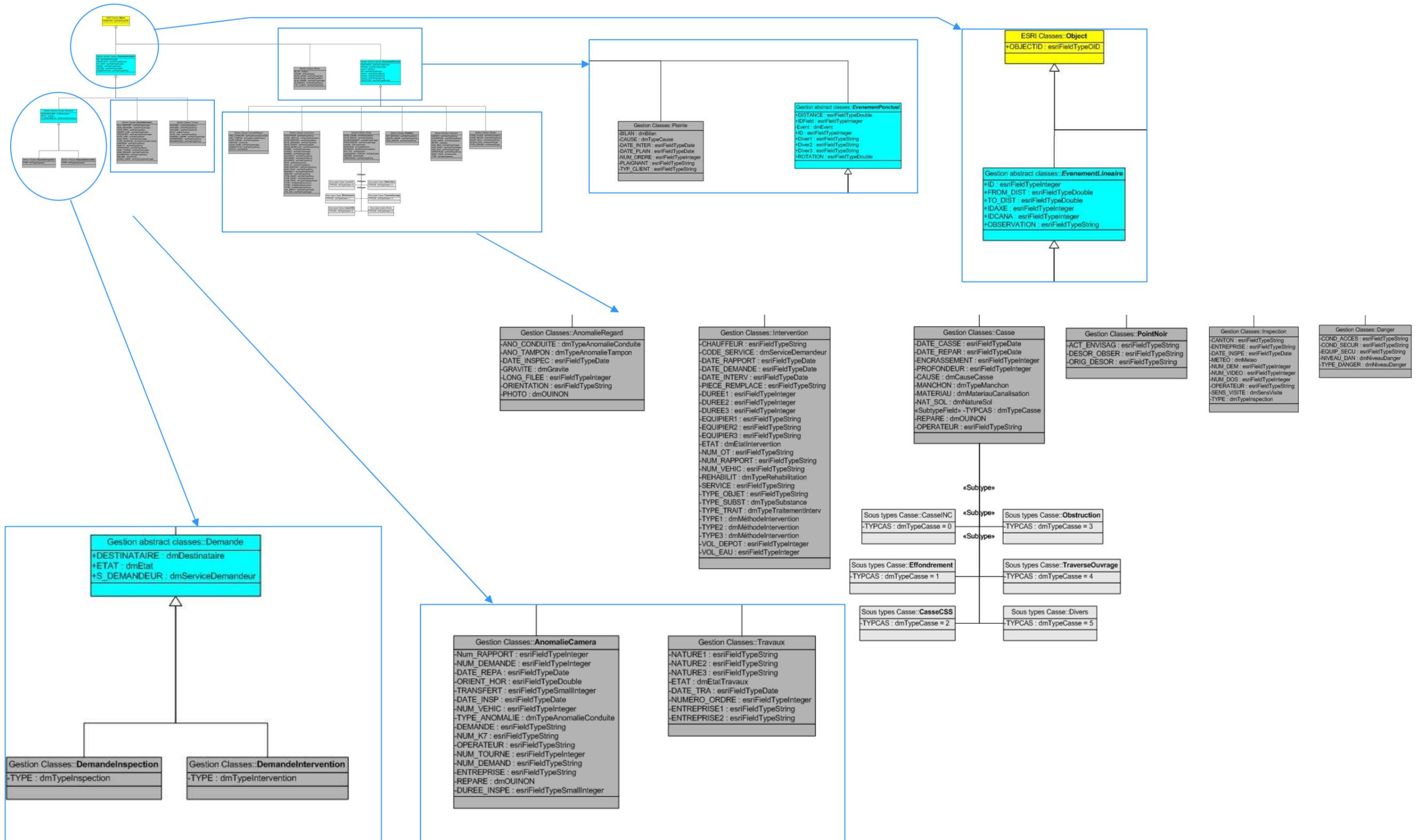


Figure 16: Zoom sur les classes du groupes G&M

Innovation :

Afin de permettre l'utilisation du référencement linéaire, toutes les classes à part « Plaine » héritent de l'une des deux classes abstraites `EvenementPonctuel` ou `EvenementLineaire` qui sont respectivement l'événement de type linéaire et l'événement de type point, et qui héritent à leur tour de la classe « Object ». Ceci veut dire que toutes les classes de ce groupe n'auront pas de géométrie mais auront à la place deux champs `[IdField]` et `[Mesure]`. (Voir « référencement linéaire » en annexe)

Ces couches bénéficieront d'un traitement spécial lors de la migration lequel sera expliqué dans le chapitre traitant de la migration.

2.6.3.4. Equipements et autres ouvrages

Tous les équipements sont de types Point pour deux raisons :

- parce qu'ils n'interviennent pas directement sur le réseau
- parce qu'ils peuvent être montés loin de l'axe de la canalisation

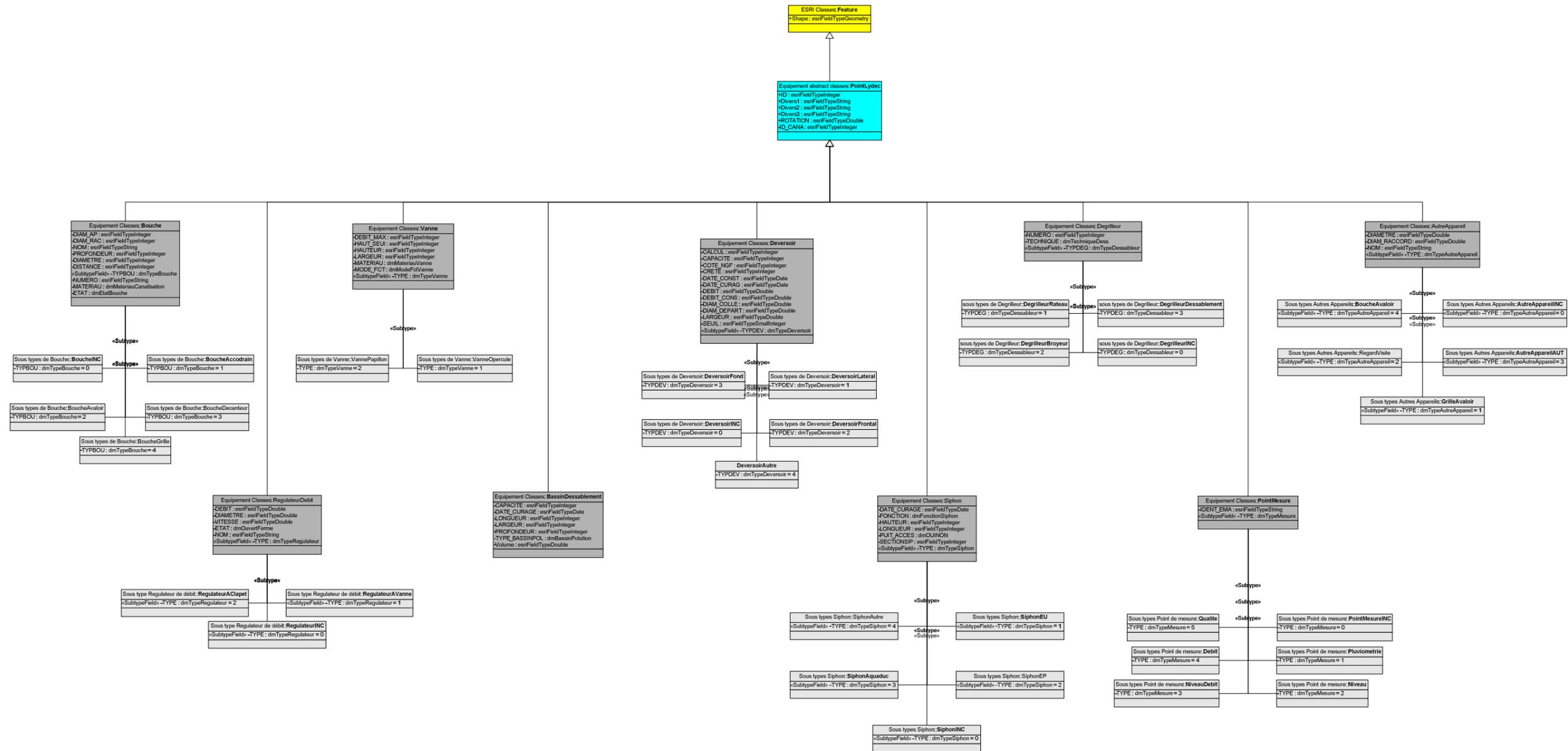
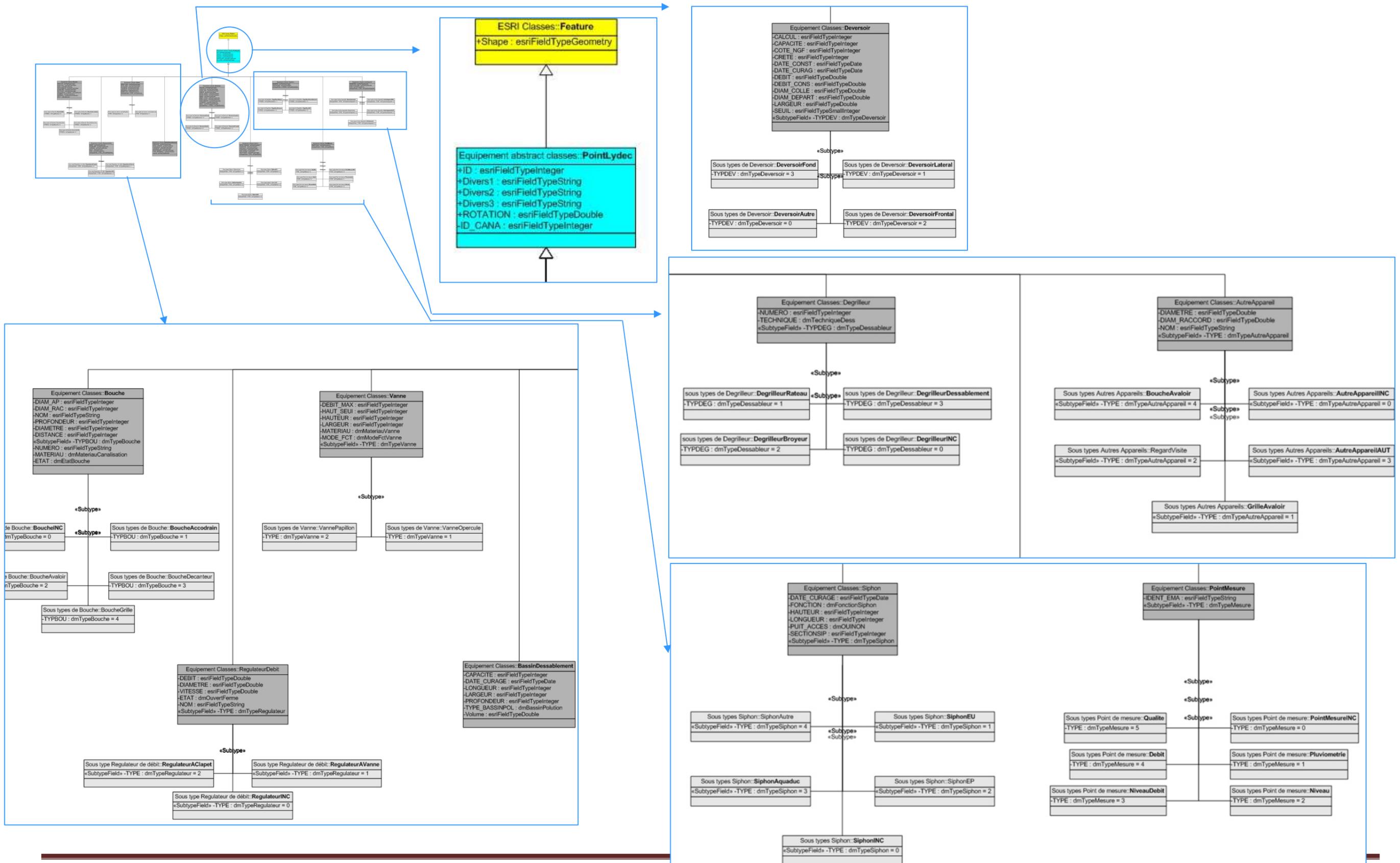


Figure 17: Diagramme de classe du groupe "Equipements et autres ouvrages"

Figure 18: Zoom sur les classes du groupe E&AO



2.6.3.5.Network

Le digramme de classe contient les classes d'objets qui vont participer au réseau géométrique à savoir les classes des groupes Canalisation et Nœuds.

La définition adoptée pour les objets nœud est la suivante :

Un nœud est tout objet qui agit sur l'une des variables suivante est considéré comme nœud :

- Le **diamètre** de la canalisation : un ouvrage comme cône de réduction est considéré comme nœud parce que le diamètre de la canalisation change de part et d'autre de cet ouvrage
- La **direction** du flux : Un ouvrage qui sert comme point de relais de deux canalisations non rectilignes est considéré comme Nœud du réseau.

Globalement, tout ouvrage qui coupe la canalisation en deux parties ou en est l'extrémité est considéré comme Nœud.

L'étude des différentes relations entre les différents ouvrages et appareils du patrimoine de Lydec a donné comme résultat le tableau de la page suivante :

Tableau 2 : Tableau croisé des relations topologiques entre les entités du réseau d'assainissement

	Bassin de rejet	Boite de Branchement borgne	Branchement immeuble	Branchement double	Branchement simple	Effluent	Exutoire	Regard	Station d'épuration	Station de pompage	Canalisation	Emissaire	Bassin de dessablement	Bouche accodrain	Bouche à avaloir	Bouche décanteur	Bouche drille	Dégrilleur	Déversoir Fond	Déversoir latéral	Déversoir Frontal	Point de mesure	Régulateur de débit	Siphon	Vanne	Demande d'inspection	Demande d'intervention	Inspection	Intervention	Point Noir	Anomalie regard	Anomalie camera	Casse	Danger	Travaux	
Bassin de rejet											N/P	!																								
Branchement borgne											N/P																									
Branchement immeuble											Av/P																									
Branchement double											N/P																									
Branchement simple											N/P																									
Effluent											Av/P	!																								
Exutoire											Av/P	!																								
Regard											N/P	A/P																								
Station d'épuration											N/P	N/P!																								
Station de pompage											N/P	N/P !																								
Canalisation	Am	N	Am	N	N	Am	Am	N	N	N		N																								
Emissaire											Am																									
Bassin de dessablement											E																									
Bouche accodrain											E																									
Bouche à avaloir											E																									
Bouche décanteur											E																									
Bouche drille											E																									
Dégrilleur											E																									
Déversoir Fond											E																									
Déversoir latéral											E																									
Déversoir Frontal											E																									
Point de mesure											E																									
Régulateur de débit											E																									
Siphon											E																									
Vanne											E																									
Demande d'inspection	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL			RL	RL		RL	RL	RL	RL																			
Demande d'intervention	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL						RL	RL	RL	RL																			
Inspection	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL					RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL									
Intervention	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL					RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL									
Point Noir								RL			RL	RL																								
Anomalie regard								RL																												
Anomalie camera											RL	RL																								
Casse		RL	RL	RL	RL		RL				RL	RL																								
Danger								RL			RL	RL																								
Travaux		RL	RL	RL	RL						RL	RL																								

N : l'objet en ligne peut être l'objet amont ou l'objet aval de l'objet en colonne
 Av : l'objet en ligne peut être l'objet aval de l'objet en colonne
 P : l'objet en ligne peut être el parent de l'objet en colonne

Am : l'objet en ligne peut être l'objet amont de l'objet en colonne
 E : l'objet en ligne peut être un équipement de l'objet en colonne
 RL : l'objet en ligne est un événement de l'objet en colonne par référencement linéaire

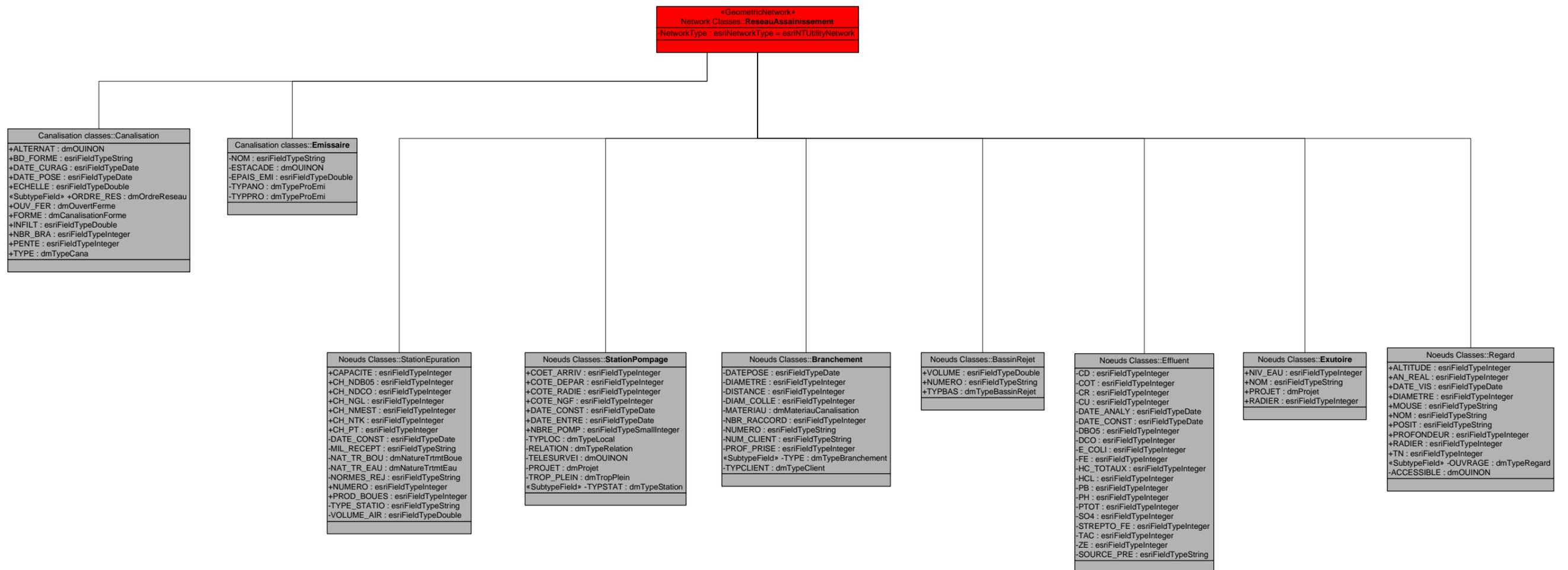


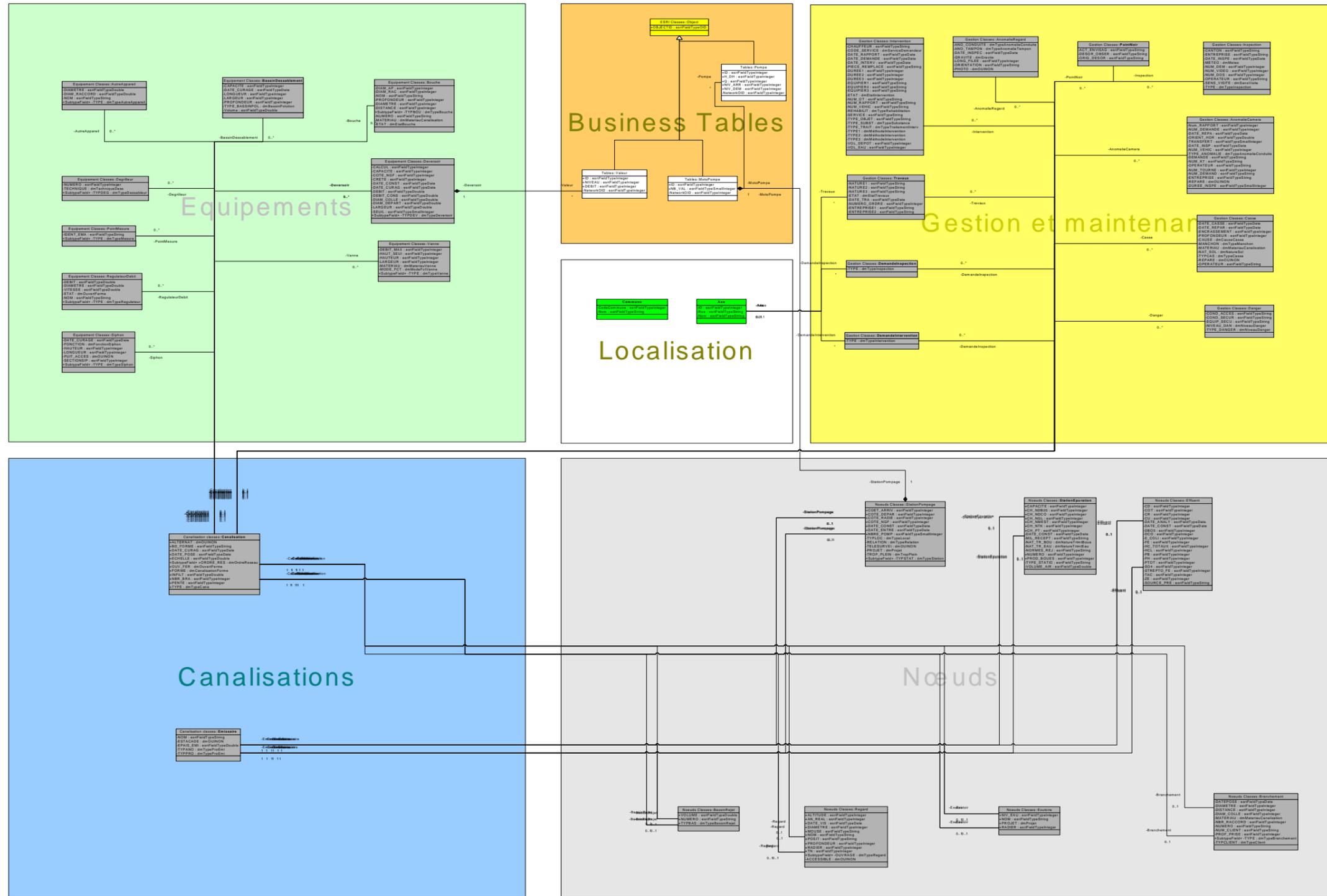
Figure 19: Réseau géométrique d'assainissement

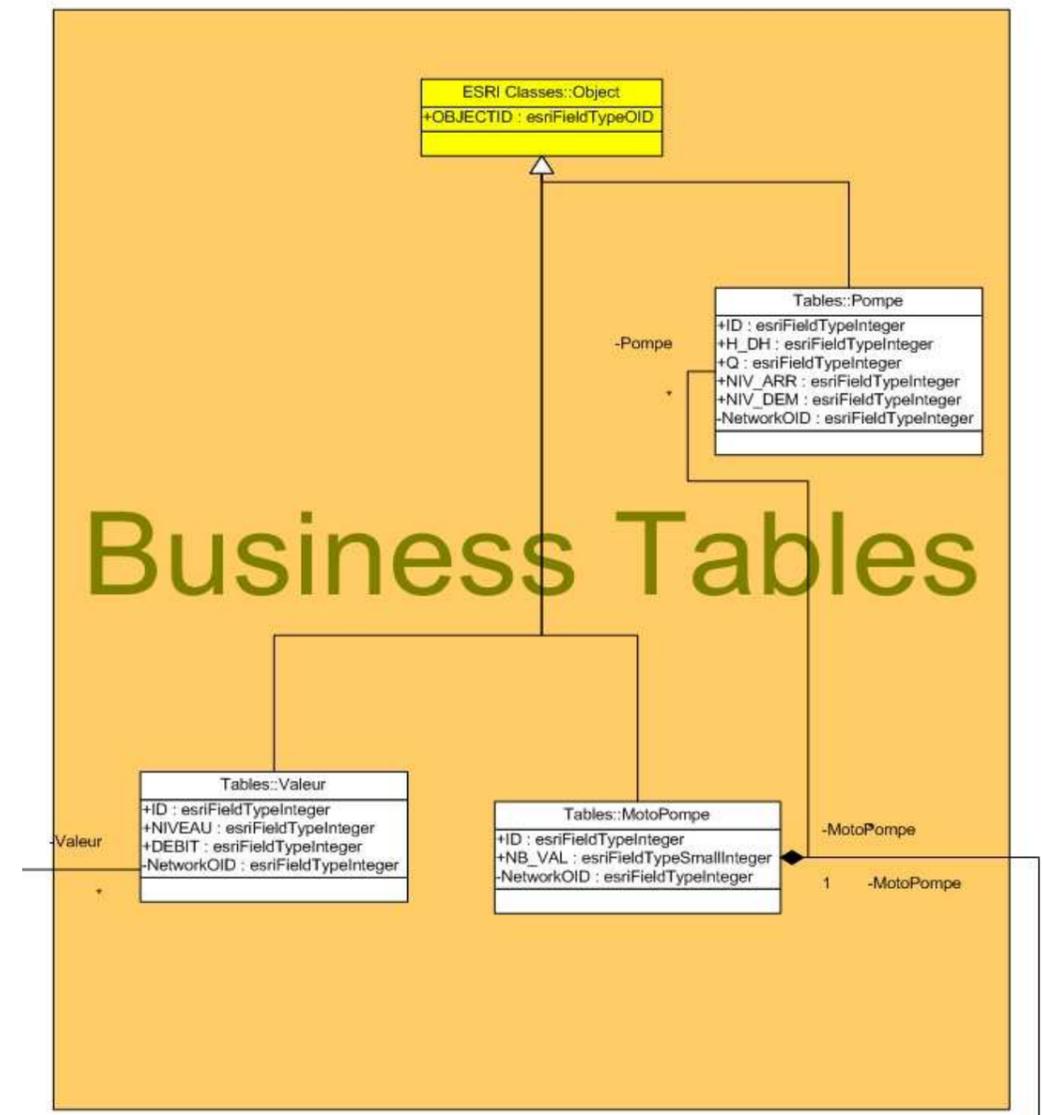
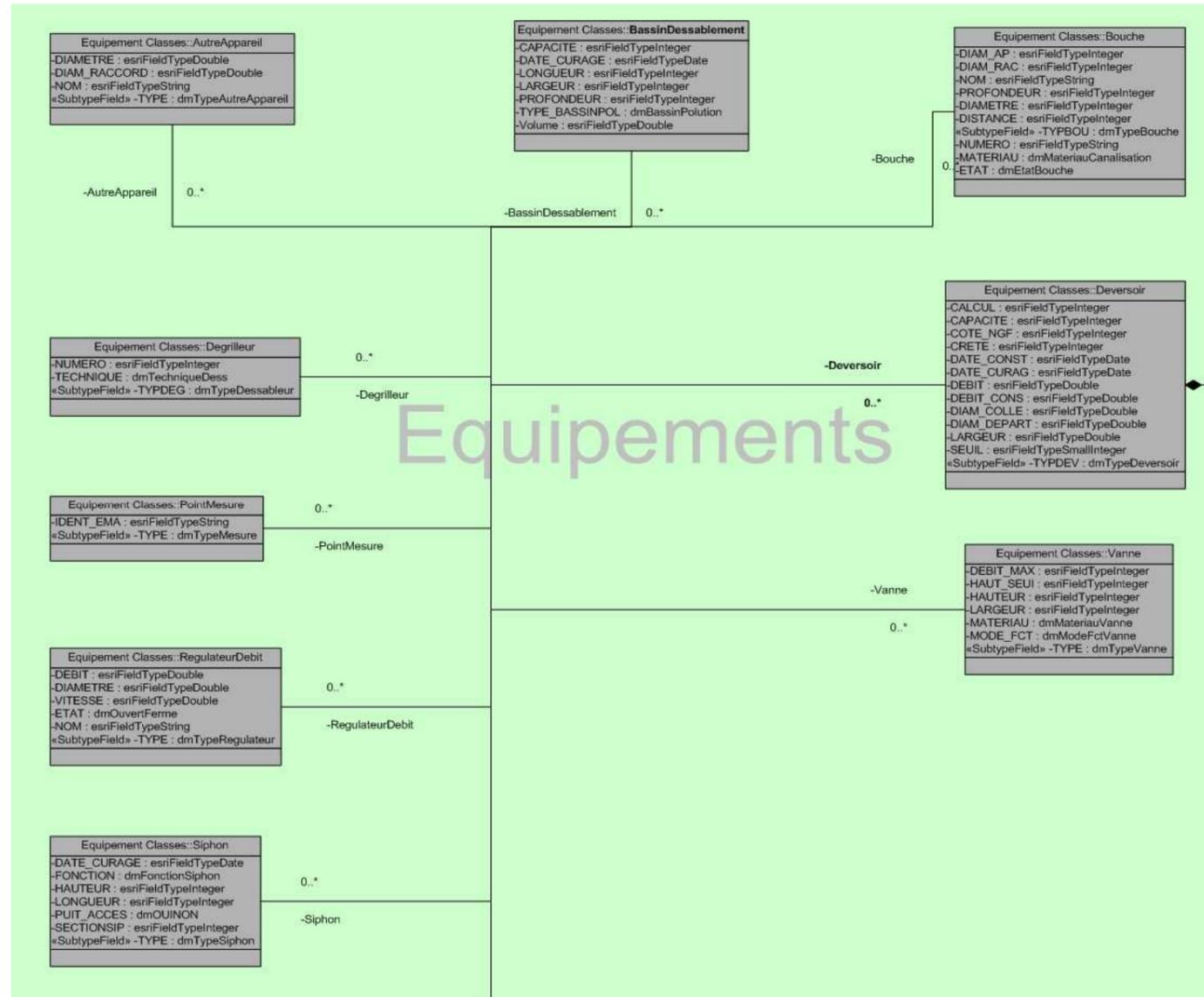
2.6.3.6. Relations

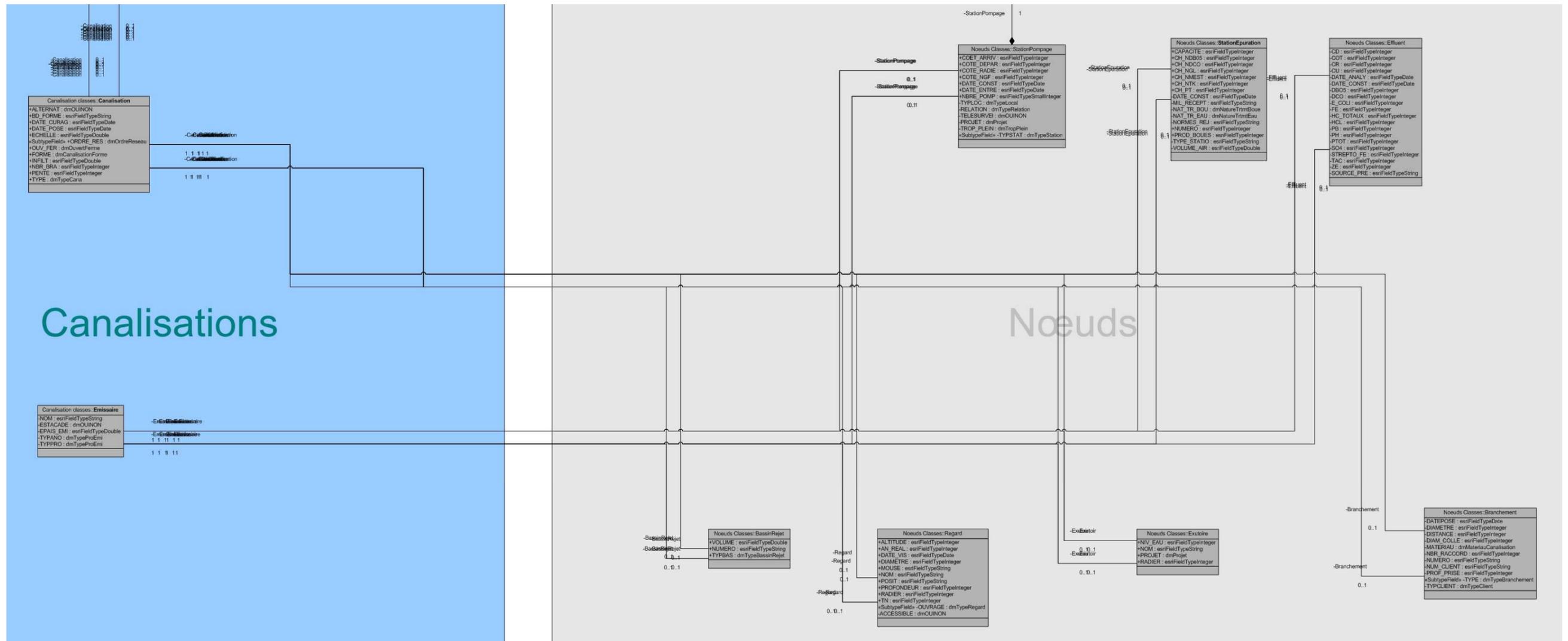
Dans cette partie de la modélisation, on a modélisé l'ensemble des liens entre les « tables » de la base de données afin de rendre le modèle exploitable en dehors du SIG. Le but est de permettre un minimum de fonctionnalités qui demanderaient des requêtes de type spatial. Par exemple, tandis qu'une requête spatiale nous permettrait facilement de connaître les IDs des nœuds aux deux extrémités d'une canalisation, il n'y a aucun moyen d'avoir cette information en utilisant une requête SQL ordinaire, laquelle serait le seul moyen dont un développeur de Lydec pourrait disposer lors d'un projet à venir.

Les relations et les liens entre les « tables » rendent la base de données exploitable en dehors d'un SIG, c'est en fait une contrainte à laquelle était soumise la modélisation dès le début et qui vient dans le cadre d'une compatibilité entre le système ancien et le nouveau système

Réseau assainissement (relationship)







2.7. Conclusion de la deuxième partie

Au terme de cette modélisation, nous avons pu marier la fonctionnalité du SIG de Lydec avec la richesse du modèle d'origine en matière d'information métier.

Nous avons pu garder les données du réseau exploitable en dehors du SIG afin de ne pas limiter le champ de développement aux outils ESRI, nous avons rendu les données plus visibles et intuitives en utilisant notamment une nomenclature significative pour les couches du réseau et un sous-typage chaque fois que l'objet le permettait.

3. Partie 3 : Mise en œuvre du projet

Cette partie parlera de la migration des données de la base de données Oracle vers la base de données Informix. Nous verrons les outils utilisés et la méthodologie adoptée pour cette migration.

- Processus de migration
- Préparation d'oracle
- Préparation de la donnée
- Préparation d'Informix
- Migration
- Vérification du résultat de la migration
- Conclusion de la phase

3.1. Démarche adoptée pour la migration

La démarche choisie pour mener à bout la migration était de subdiviser le travail en petites tâches ou étapes. Le processus global est détaillé dans le schéma suivant :

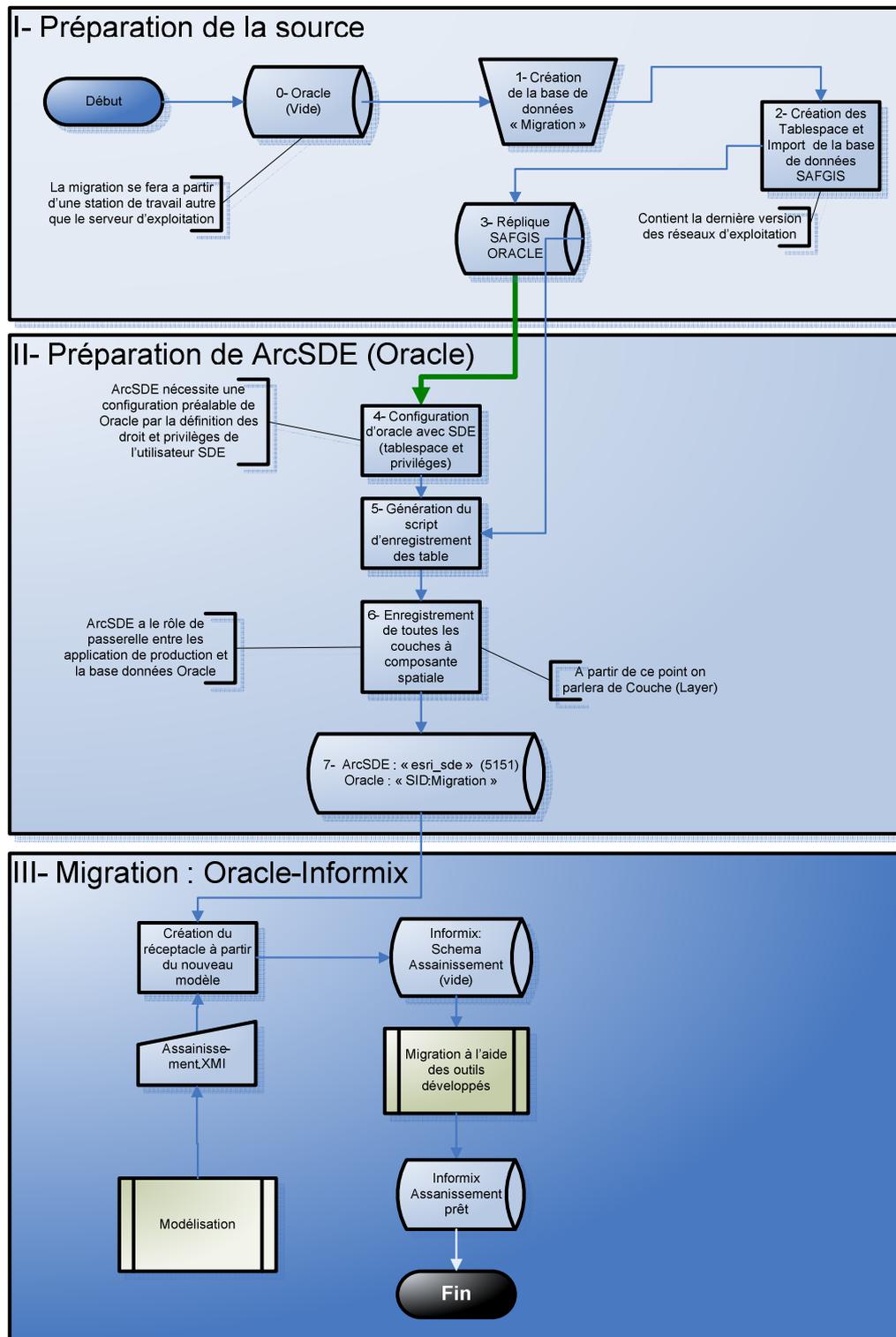


Figure 20: Méthodologie de migration

3.2. Préparation de la source (Oracle)

Afin de garder le serveur d'exploitation du réseau de Lydec en abri de toute erreur, il fallait disposer d'une copie conforme de celui-ci pour les tests de migration.

Cette étape ne passe pas sans difficultés techniques, surtout en matière de privilèges d'utilisateurs et de permissions liés à ceux-ci, il fallait entamer une réflexion pour pouvoir faire le « reverse engineering » de la façon dont RESOCAD utilisent les utilisateurs (User) d'Oracle pour son fonctionnement.

3.3. Préparation de la données (ArcSDE-Oracle)

Une fois la réplique de la base de données Oracle en main, il fallait automatiser le processus de configuration d'ArcSDE avec Oracle. Celle-ci passe par plusieurs étapes dont les plus importantes sont :

1. création de l'utilisateur SDE et des privilèges liés à ce dernier,
2. enregistrer les couches avec ArcSDE manipulant des commandes : c'est une des parties qui ont demandé le plus de temps. Une méthode manuelle parcourant les couches de la base une à une serait une tâche trop fastidieuse en plus d'être coûteuse en temps, donc il fallait comprendre comment Oracle Spatial gère ses données spatiales, pour pouvoir automatiser ce processus qu'on devrait reprendre dans chaque phase de test de migration.

La solution résultant de cette phase est un script plSql qui génère un batch de commandes ArcSDE pour faire l'enregistrement des couches. Toute l'étape ne prend plus qu'une minute de traitement tandis qu'elle aurait coûté des heures si elle avait été faite manuellement.

3. paramétrage de la référence spatiale pour toutes les couches : cette étape est analogue à la précédente, et tout aussi coûteuse en temps si elle avait été faite manuellement. la solution adoptée consiste aussi en un script plSql mais aussi en la création d'une référence spatiale adaptée au réseau Lydec.

Lors de la 3^{ème} étape, on s'est confronté au paramétrage de la référence spatiale qui s'est révélée être une étape décisive quant à la précision des données géographiques. Plus précisément le choix du domaine X/Y des couches, celui-ci agit directement sur la précision de la donnée.

3.4. Préparation du réceptacle (ArcSDE-Informix)

La préparation du réceptacle Informix se résume en deux parties :

- Cette étape correspond à la création du fichier XML à partir du modèle après avoir eu 0 erreur avec le « Semantic Checker »¹¹.
- La création du schéma à l'intérieur d'Informix en utilisant le fichier XML ; il ne faut surtout pas oublier de préciser la référence spatiale pour les couches et les « DataSet ».

¹¹ C'est un outil de vérification de l'intégrité du modèle créé à l'aide de Visio, un outil ESRI qui vient avec ArcGIS Desktop

Une fois les deux tâches accomplies, il ne reste plus qu'à entamer la migration.

3.5. Migration

La migration est un processus long et très hiérarchisé. Le diagramme précédant montre le processus de migration depuis le début, dans cette étape nous allons parler de la migration des données elles-mêmes après la préparation de la source et du réceptacle.

Le diagramme suivant correspond au processus prédéfini intitulé « Migration à l'aide des outils développés » dans le diagramme précédent, il présente en détails toutes les étapes de la migrations.

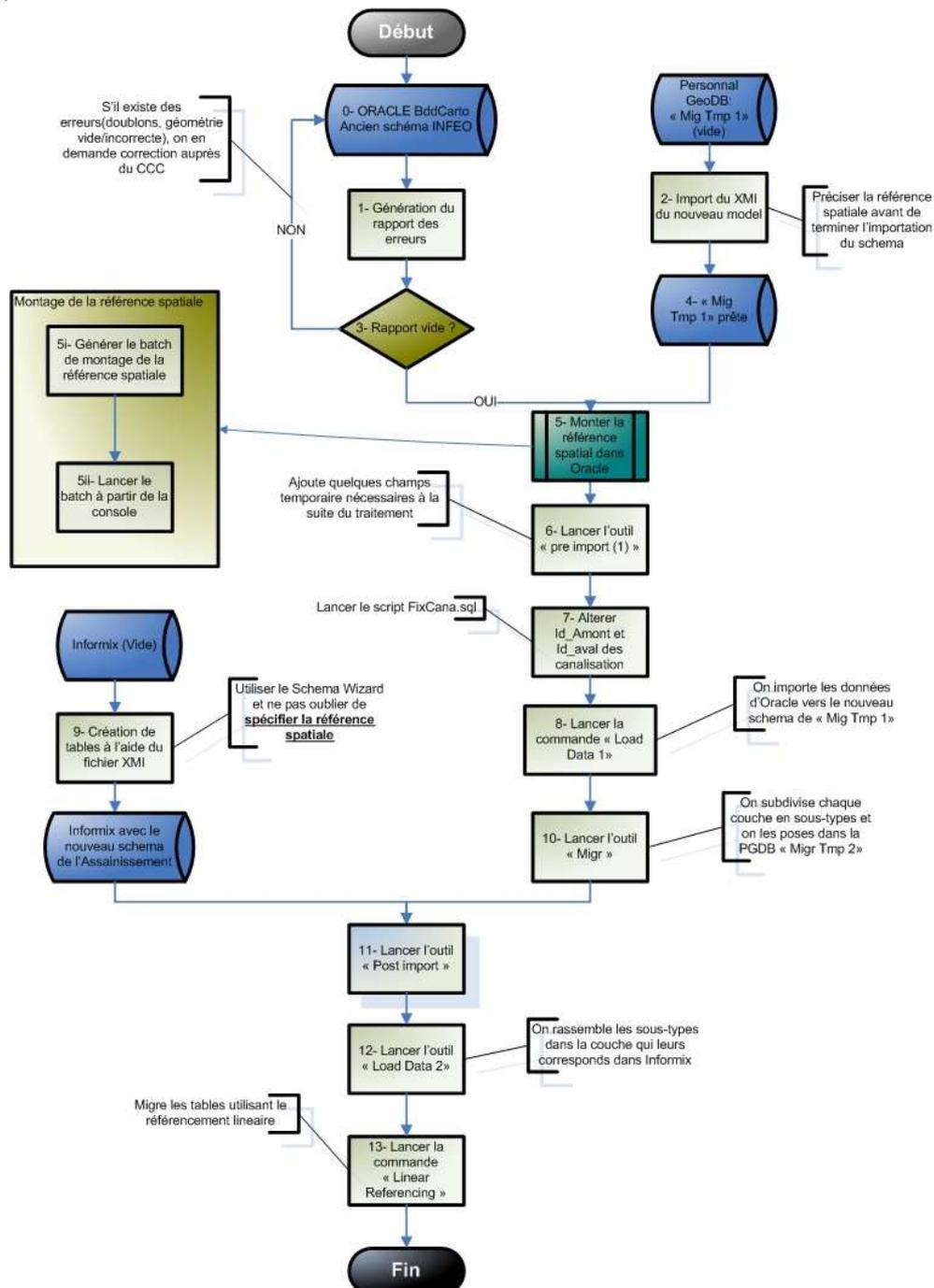
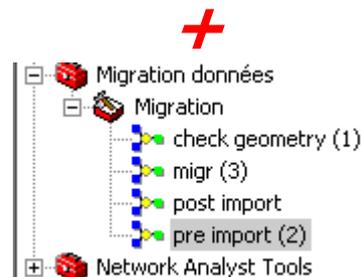
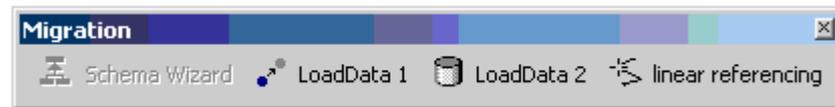


Figure 21: schéma détaillé des commandes et outils à utiliser lors de la migration
L'administrateur SIG dispose des outils suivants :



Scripts plSql et Batch

Figure 22: Outils développés pour la migration

Les étapes de la migration sont décrites comme suit :

0. il faut disposer de la réplique de la base de données Oracle prête à l'emploi.
1. on génère le rapport d'erreurs à l'aide d'un outil construit à cet effet et on présente le rapport au CCC pour qu'il règle le problème. L'administrateur réseau ne dispose pas de l'information nécessaire pour décider du sort des enregistrements à problèmes.
2. on importe le XML du nouveau modèle de l'assainissement dans la « personal geodatabase » 'Mig Tmp 1' après avoir créé celle-ci.
3. si le rapport d'erreurs est vide on peut avancer à l'étape 5.
4. création de la base de données MS Access temporaire « Mig Tmp 1 », celle-ci va jouer le rôle du réceptacle dans un premier temps puis le rôle de la source dans un dernier temps,
5. on effectue cette étape si elle n'a pas déjà eu lieu dans la phase de la préparation de la source,
 - 5i- on génère le batch d'enregistrement de la référence spatiale.
 - 5ii- on applique le batch qui enregistre la référence spatiale pour toutes les couches à la fois

6. l'outil « pré-import » génère des champs temporaires nécessaires à la suite du traitement,

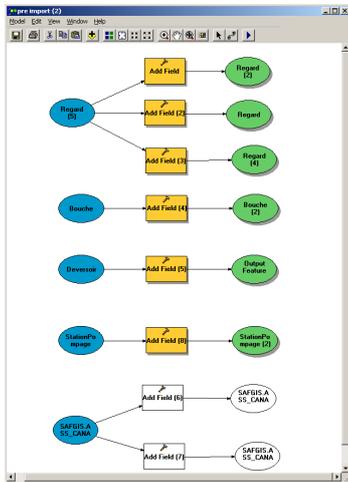


Figure 23 : L'outil "pre import" qui ajoute des champs temporaires aux tables

7. on altère la base de données Oracle. L'altération vise à remplacer les clefs étrangères de la table canalisation qui contiennent les Ids des regards par les Ids de tous les Nœuds (voir schéma à côté).

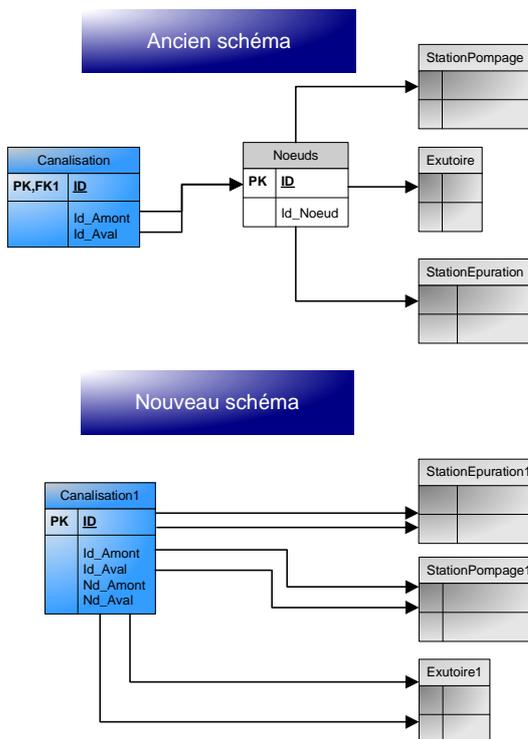


Figure 24: Liens entre les « Nœuds » et les « Canalisation » dans les deux modèles: ancien et nouveau

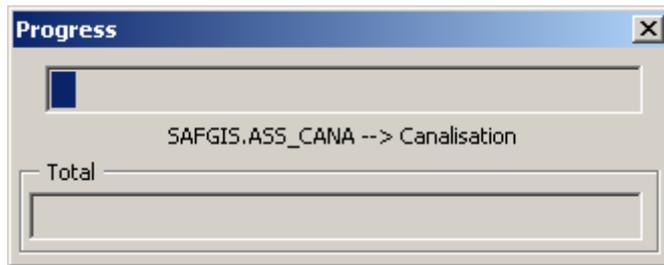


Figure 25: Fenêtre de progression du programme de migration

8. la commande « load data 1 » fait une première migration à partir d'Oracle vers « Mig Tmp 1 », c'est un programme ArcObjects,
9. analogue l'étape 2,
10. cet outil subdivise les couches en sous-types et remplit le champ correspondant au type de la couche avec la valeur correspondante,

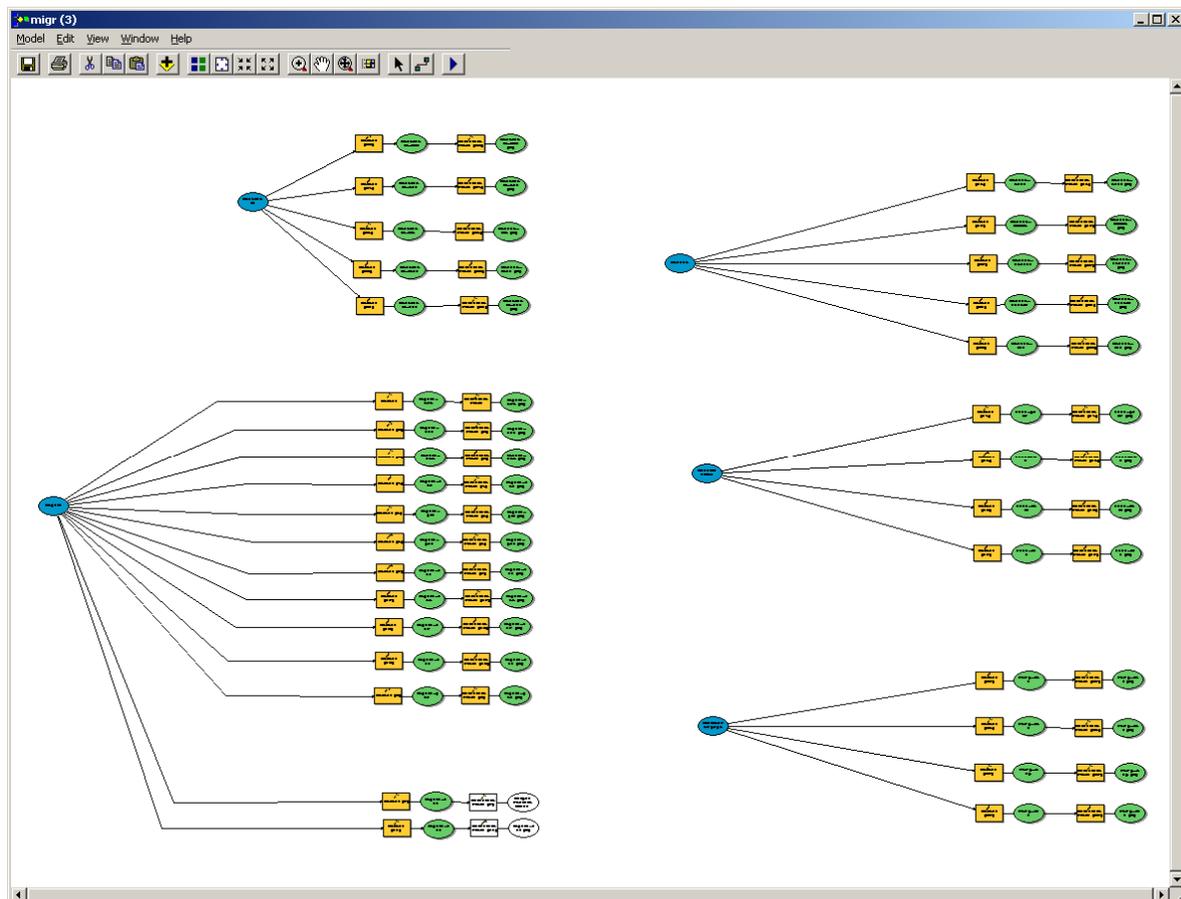


Figure 26: L'outil "Migr"

11. l'outil « post import » va supprimer les champs temporaire précédemment ajoutés, afin d'utiliser les couches directement dans la phase de migration vers Informix.

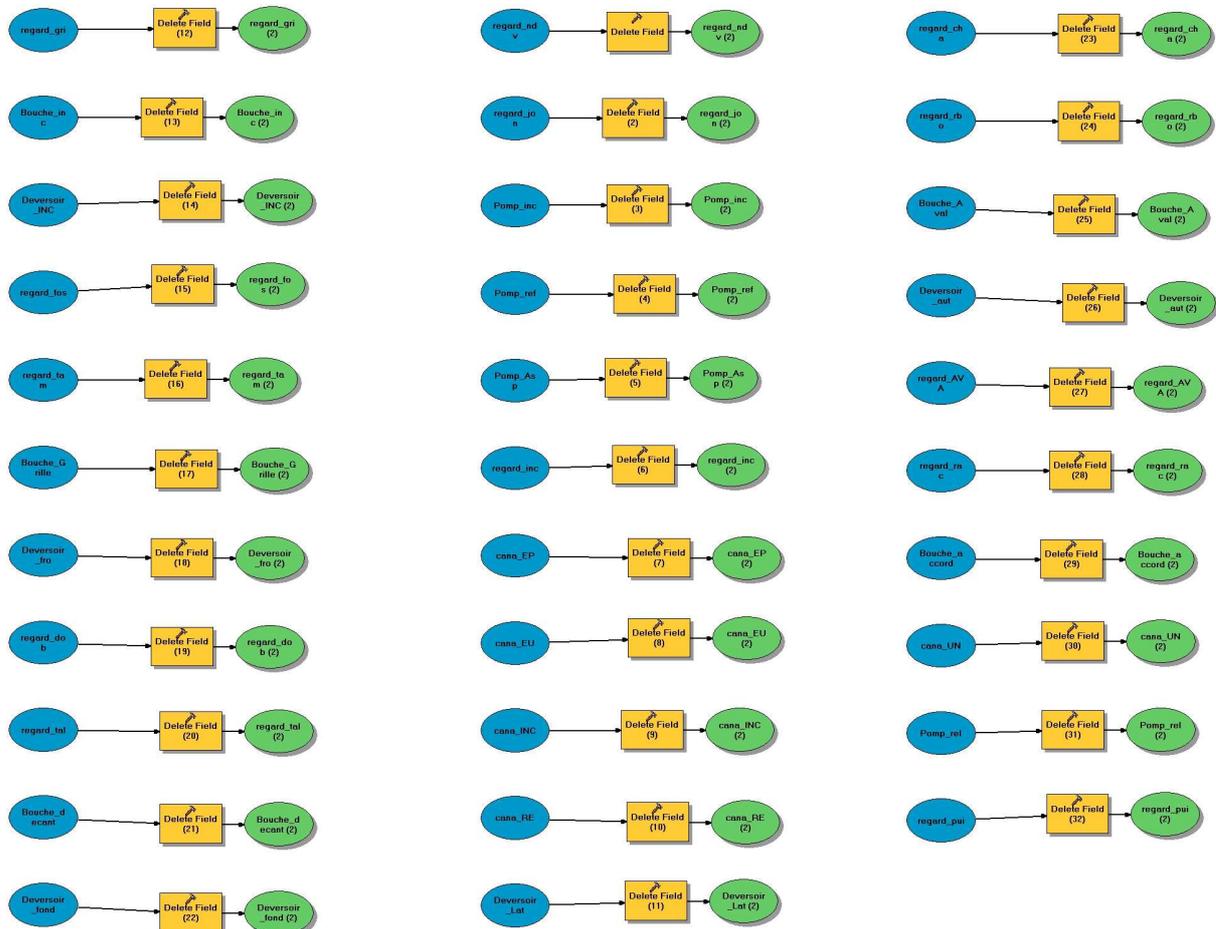


Figure 27 : l'outil "pro import"

12. c'est la deuxième migration, elle prend les sous-types de l'étape précédente et les rassemble dans les couches leurs correspondant,

13. la dernière étape vise à convertir les couches du groupe Gestion et maintenance du Type point(Polyligne) vers le type événement ponctuel (événement linéaire) qui utilise la méthode du référencement linéaire.

Quelques scripts utilisés dans la migration sont présents en annexe 3.

3.6. Vérification du résultat de la migration

En fin de migration on dispose des données classées en sous types bien distincts. Cependant il reste beaucoup d'information qui manquent, et comme effet on voit un grand nombre de Canalisations ou de Regards se classer dans le sous types « Inconnu ».

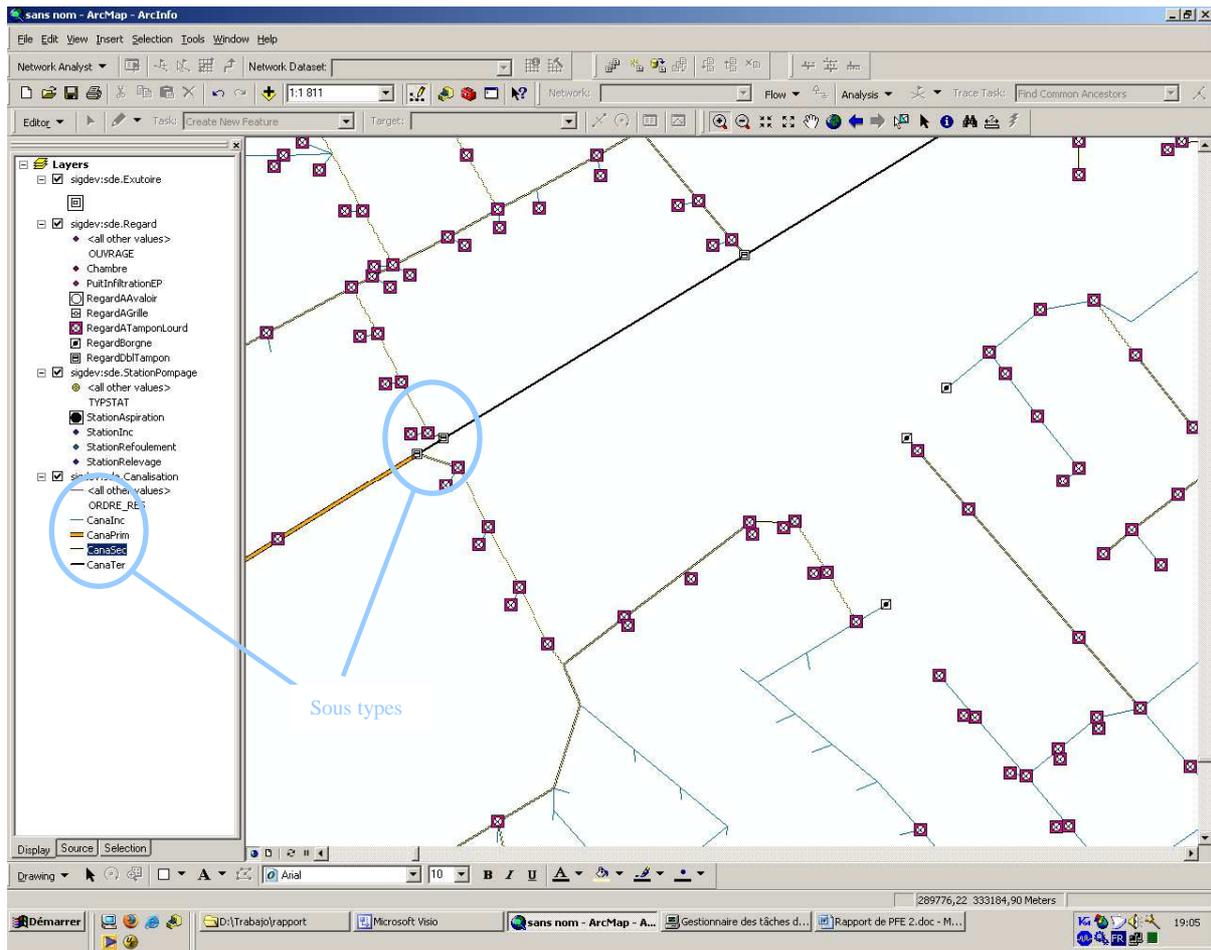


Figure 28: Exemple du résultat de la migration

3.7. Conclusion de la phase

Au terme de cette migration, nous avons pu inter changer plusieurs types de données, nous somme partie d'entités de type polyligne vers des événements référencés linéairement, nous avons implémenté plusieurs concept de réseaux tel le réseau géométrique et l'utilisation de tronçons complexes pour les canalisations.

Aussi, la nouvelle base de données se révèle être plus compréhensible dans sa structure grâce notamment à la nomenclature adoptée et à la répartition de l'ensemble des tables en groupe logiques. Un gain en termes de stockage est aussi généré grâce à l'élimination des champs inutiles.

4. Conclusion

Une grande partie des objectifs fixés est réalisée, nous disposons désormais d'un nouveau modèle extensible et paramétrable grâce à la méthodologie suivie, et nous disposons aussi des outils pour migrer les données d'un modèle vers un autre.

Nous avons pu traiter dans des phases de ce projet, non seulement le réseau d'assainissement, mais aussi toutes les données ayant une composante géographique, épargnant par cela, à l'administrateur SIG de repasser par la préparation des données à la migration.

Le volet de l'interfaçage avec les outils de simulation comme Mouse et Picolo n'a pas été suffisamment traité due au manque de temps, cependant nous savons que ces outils ont comme entrée un fichier d'un certain format qui peut facilement être généré soit par script soit par programmation ArcOBJECTS.

En terme 90% du travail demandé a été réalisé en débordant parfois sur les réseaux d'Eau et d'Electricité.

4.1. Perspectives et recommandations

Donnés

Une réflexion particulière doit être portée aux systèmes de références utilisés. Lors de ce stage, la migration de données s'est réalisée en assumant que les données Oracle sont stockées dans le même système de coordonnées que celui qui nous a été fourni. Si jamais ce n'est pas le cas, ceci peut fausser les données. Néanmoins, la phase de vérification des données n'a pas révélé des erreurs mais ceci doit faire l'objet d'une étude à part.

Modèle

Les concepts tels le réseau géométriques et le référencement linéaire devront faire partie de la modélisation des autres réseaux Lydec parce qu'ils offrent beaucoup d'avantages, n'oublions pas que le réseau d'assainissement est un réseau assez simple en comparaison avec les autres réseaux, en ceci qu'il ne nécessite pas l'utilisation d'une gestion des flux telle dans le réseau d'eau, ou la gestion des pannes telle dans le réseau électrique.

Pour le réseau d'eau et d'électricité, l'utilisation du réseau géométrique peut remplacer totalement ou partiellement l'utilisation des outils de simulation comme PICOLO. ESRI dispose de beaucoup d'outils qui permettent de faire le même type d'analyse sans avoir à passer par un format d'échange.

Outils

Les outils développés au cours de ce projet doivent être adaptés aux autres données du réseau Lydec comme l'eau et l'électricité, pour cela nous préconisons l'utilisation de la même méthodologie de conception et du déploiement du schéma issu de la conception, à savoir l'utilisation de MS Visio comme outils de modélisation et l'utilisation des outils « CaseTools » de ESRI pour la création du schéma de la base de données. Cette méthode garantie une totale compatibilité des données avec la solution ESRI.

Si le choix se fait sur les outils qu'on a mentionné avant, nous préconisons l'utilisation des mêmes scripts et programmes déjà développés, en appliquant les petites modifications qui

s'imposeront à cause du changement des noms des tables et des champs. Aussi nous conseillons l'utilisation de la fiche Excel pour générer le code ArcObjects dans l'une des phases de la programmation, ceci dans un souci d'économie de temps.

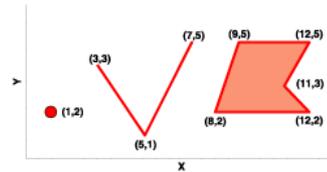
Bibliographie

- C. Coste, M. Loudet (1991). *L'assainissement en milieu urbain ou rural* Tome 1 « Les réseaux et les ouvrages de retenue » ; Paris : Editions du Moniteur
- C. Coste, M. Loudet (1991). *L'assainissement en milieu urbain ou rural* Tome 2 « L'épuration et les traitements » ; Paris : Editions du Moniteur
- L'encyclopédie en ligne Wikipedia : <http://www.wikipedia.com>
- Le support ESRI : <http://support.esri.com>
- La documentation ESRI

Annexes

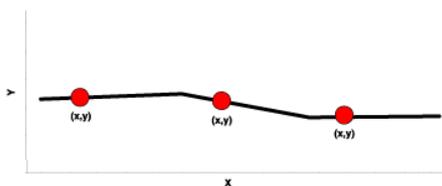
Annexe 1 : Le référencement linéaire

Les données possédant une localisation discrète avec une forme et une limite définies sont modélisées dans un format vectoriel. Dans ce format, les données sont représentées par des entités, qui sont stockées dans des classes d'entités. Chaque entité est associée à une géométrie. Cette géométrie est stockée dans un champ spécial généralement appelé "forme". Une entité peut posséder un des types de géométries suivants : point, multi-points, polygone ou polygone. Chaque géométrie se compose de coordonnées géographiques 2D (x,y) ou 3D (x,y,z).



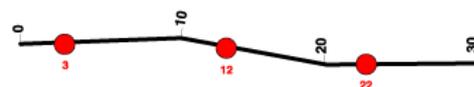
Le format vectoriel est bien adapté à la modélisation d'entités possédant des caractéristiques statiques, telles que des limites de parcelles, des plans d'eau et des caractéristiques de sol. Certaines applications, cependant, exigent la possibilité de modéliser l'emplacement relatif sur divers types d'entités linéaires, telles que les autoroutes, les rues, les voies ferrées, les cours d'eau, les pipelines, ainsi que les réseaux de distribution d'eau et d'égout.

C'est dans cette optique que des systèmes de mesure unidimensionnels, tels que les bornes, ont été conçus. Au lieu d'employer des coordonnées géographiques bidimensionnelles, ces systèmes simplifient l'enregistrement de données en utilisant une position relative sur une entité linéaire déjà existante. Ainsi, l'emplacement est spécifié en termes d'entité linéaire connue et de position, ou mesure, sur cette entité. Par exemple, route I-10, mile 23,2 identifie de manière unique une position dans l'espace géographique sans devoir l'exprimer en termes x,y.



Pour déterminer un emplacement sur une entité linéaire, un système de mesure est requis. Lorsqu'un système de mesure est stocké avec une entité linéaire, tout emplacement le long de cette entité linéaire peut être exprimé en termes de valeurs de mesure.

Outre le fait de rendre les données plus explicites, le stockage des données comme emplacements relatifs le long d'une entité linéaire permet d'assurer que le phénomène spatial qui se trouve le long d'une entité linéaire sera représenté de manière correcte. Par exemple, en l'absence de fond de plan précis, la localisation d'accident à l'aide des coordonnées x,y peut générer l'affichage d'accidents ne relevant pas du réseau routier. Cela ne peut pas se produire si les accidents sont localisés le long des entités linéaires d'un réseau routier.



Annexe 2 : Informix Datablade

Les modules IBM Informix Datablade sont des extensions serveur étroitement intégrées au moteur, et qui offrent des performances remarquables et des fonctions d'application sans équivalent. Grâce à ces modules, les images, les documents mis en forme, de même que les séries chronologiques d'images vidéo complexes et les pages d'information en format HTML sont stockés, indexés et accessibles directement dans la base de données relationnelle, pour une sécurité, des performances et une convivialité supérieures. Les modules IBM Informix Datablade sont les suivants :

Spatial Datablade permet de gérer intelligemment des informations géospatiales complexes et des données transactionnelles, sans pour autant pénaliser l'efficacité du modèle de base de données relationnelle.

Geodetic Datablade prend en charge les requêtes temporelles et spatiales sans les limitations inhérentes aux projections cartographiques, et offre une grande précision quel que soit l'emplacement.

TimeSeries Datablade gère les données temporelles et chronologiques de façon sophistiquée.

TimeSeries Real-Time Loader est un module de chargement qui, utilisé conjointement avec les modules DataBlade TimeSeries et NAG (Numerical Algorithms Group) DataBlade, offre des performances et des possibilités d'analyse supérieures à celles des bases de données relationnelles traditionnelles ou des logiciels autonomes d'analyse en temps réel.

Web DataBlade regroupe plusieurs outils, fonctions et exemples qui facilitent le développement d'applications web interactives et intelligentes de gestion de bases de données.

*Annexe 3 : Liste des scripts***Enregistrement des table****CREATE OR REPLACE PROCEDURE**

sdeconvert

IS

v_table_name varchar(30);

v_ntype number(10);

v_ctype char(1);

v_geometry_name varchar(30);

CURSOR SDO_Cursor **IS** select sdo_table_name,SDO_COLUMN_NAME **from**

mdsys.sdo_geom_metadata_table;

dynstr varchar(3000);

n number;

BEGIN**OPEN** SDO_Cursor;**LOOP****FETCH** SDO_Cursor **into** v_table_name,v_geometry_name;**EXIT WHEN** SDO_Cursor%NOTFOUND;

v_table_name := 'SAFGIS.' || v_table_name;

dynstr := 'SELECT COUNT(*) FROM ' || v_table_name;

EXECUTE IMMEDIATE dynstr **INTO** n;

IF v_geometry_name = 'GEOMETRY' **THEN****IF** n >0 **THEN**dynstr := 'SELECT a.geometry.get_gtype() from ' || v_table_name || ' a
where rownum<2';**EXECUTE IMMEDIATE** dynstr **INTO** v_ntype;**ELSE**

v_ntype := 1;

END IF;

IF v_ntype = 1 **THEN**

v_ctype := 'p';

ELSE

v_ctype := 'l';

END IF;**ELSE** -----**IF** n >0 **THEN****EXECUTE IMMEDIATE** dynstr **INTO** v_ntype;**ELSE**

v_ntype := 1;

END IF;

```

-----
IF v_ntype = 1 THEN
    v_ctype := 'p';
ELSE
    v_ctype := 'l';
END IF ;
END IF;
-----
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('sdelayer -o register -l ' || v_table_name || ',' ||
v_geometry_name || '-e ' || v_ctype || '-u safgis -p safgis -C ID,USER >>log.txt');
-----
END LOOP;
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('nombre de table avec composante geometrique :
' || SDO_Cursor%ROWCOUNT);
CLOSE SDO_Cursor;
END sdeconvert;
/

```

Compter les tables geomographiques et leurs nombres d'entites

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE
    sdecourt
IS
    v_table_name varchar(30);
    CURSOR SDO_Cursor IS select sdo_table_name from mdsys.sdo_geom_metadata_table;
    dynstr varchar(3000);
    n number;
BEGIN
    OPEN SDO_Cursor;
    DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('couche | nombre d entités ');
    LOOP
        FETCH SDO_Cursor into v_table_name;
        v_table_name := 'SAFGIS.' || v_table_name;
        EXIT WHEN SDO_Cursor%NOTFOUND;
        -----
        dynstr := 'SELECT COUNT(*) FROM ' || v_table_name;
        EXECUTE IMMEDIATE dynstr INTO n;
        -----
        DBMS_OUTPUT.PUT_LINE(v_table_name || ' | ' || n );
        -----
    END LOOP;
    DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('nombre de table avec composante geometrique : ' ||
SDO_Cursor%ROWCOUNT);
    CLOSE SDO_Cursor;
END sdecourt;

```

/

Supprime les entités dupliquées de la base de données

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE dell
IS
  v_table_name varchar(30);
  str varchar(300);
  CURSOR tables_Cursor is SELECT table_name FROM user_tables WHERE table_name
  LIKE 'ASS\_%' ESCAPE '\';
  n number;
  p number;
  outputstr varchar(3000);
BEGIN
  OPEN tables_Cursor;
  LOOP
    FETCH tables_Cursor into v_table_name;
    EXIT WHEN tables_Cursor%NOTFOUND;
    str := 'select count(*) from ' || v_table_name;
    EXECUTE IMMEDIATE str INTO n;
    IF n > 0 THEN
      DBMS_OUTPUT.PUT_LINE ('Suppression des enregistrement dupliqués de la table ' ||
v_table_name );
      str := 'SELECT COUNT(*) FROM (SELECT ID FROM ' || v_table_name || ' GROUP BY ID
HAVING COUNT(*) >1)';
      EXECUTE IMMEDIATE str INTO p;
      FOR i IN 1..p LOOP
        str := 'DELETE FROM ' || v_table_name || ' a WHERE EXISTS (SELECT ID FROM ' ||
v_table_name || ' b WHERE a.ID=b.ID GROUP BY ID HAVING COUNT(*)>1) AND
rownum=1';
        EXECUTE IMMEDIATE str;
      END LOOP;
      DBMS_OUTPUT.PUT_LINE(p || ' enregistrement supprimés');
    ELSE
      DBMS_OUTPUT.PUT_LINE ('====>> Contenne de la table : ' || v_table_name || ' VIDE');
    END IF;
  END LOOP;
  CLOSE tables_Cursor;
end dell;
/

```

Enregistrement de la référence spatiale de toutes les couches

```

--MUST CONNECT AS SYSDBA
CREATE OR REPLACE PROCEDURE

```

```

sderef
IS
v_table_name varchar(30);
v_geometry_name varchar(30);
CURSOR SDO_Cursor IS select sdo_table_name,SDO_COLUMN_NAME from
mdsys.sdo_geom_metadata_table;
BEGIN
OPEN SDO_Cursor;
LOOP
FETCH SDO_Cursor into v_table_name,v_geometry_name;
EXIT WHEN SDO_Cursor%NOTFOUND;
-----
v_table_name := 'SAFGIS.' || v_table_name;
-----
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('sdelayer -o alter -l ' || v_table_name || ',' || v_geometry_name ||
'-G file=c:\casa_spatial_reference.prj -u safgis -p safgis -i esri_sde2');
-----
END LOOP;
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('nombre de table avec composante procédées : ' ||
SDO_Cursor%ROWCOUNT);
CLOSE SDO_Cursor;
END sderef;
/

```

Rapporte les enregistrements dupliquées de la base de données

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE duplicata
IS
v_table_name varchar(30);
str varchar(300);
CURSOR tables_Cursor is SELECT table_name FROM user_tables WHERE table_name
LIKE 'ASS\_%' ESCAPE '\';
n number;
p number;
dynstr varchar(300);
BEGIN
OPEN tables_Cursor;
LOOP
FETCH tables_Cursor into v_table_name;
EXIT WHEN tables_Cursor%NOTFOUND;
str := 'select count(*) from ' || v_table_name;
EXECUTE IMMEDIATE str INTO n;
IF n > 0 THEN
str := 'SELECT ID FROM ' || v_table_name || ' a WHERE exists (SELECT ID FROM ' ||
v_table_name || ' b where a.ID = b.ID GROUP BY ID HAVING COUNT(*) >1) ORDER BY
ID;';
dynstr := 'DECLARE CURSOR cur IS ' || str;

```

```

dynstr := dynstr || 'ID number; BEGIN OPEN cur; LOOP FETCH cur INTO ID; EXIT
WHEN cur%NOTFOUND;';
dynstr := dynstr || 'DBMS_OUTPUT.PUT_LINE(ID); END LOOP; CLOSE cur; END;';
EXECUTE IMMEDIATE dynstr;
--DBMS_OUTPUT.PUT_LINE(str);
END IF;
END LOOP;
CLOSE tables_Cursor;
END duplicata;
/

```

Changer les Id_Aval et les Id_Amont par ceux dans Id_Noead

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE FixCana
IS
  idaval number;
  idamont number;
  typ varchar(4);
  id number;
  p number;
  CURSOR cur_am IS select a.ID, a.ID_AMONT, b.TYPE_NOEUD from ASS_CANA a,
ASS_NDS b where a.ID_AMONT=b.ID and not b.ID_NOEUD is null;
  CURSOR cur_av IS select a.ID, a.ID_AVAL, b.TYPE_NOEUD from ASS_CANA a,
ASS_NDS b where a.ID_AVAL=b.ID and not b.ID_NOEUD is null;
  str varchar(180);
BEGIN
  OPEN cur_am;
  LOOP
    FETCH cur_am INTO id,idamont,typ;
    EXIT WHEN cur_am%NOTFOUND;
    p :=
      CASE typ
        WHEN 'EXU' THEN 4
        WHEN 'PPA' THEN 7
        WHEN 'BAS' THEN 1
        WHEN 'EFF' THEN 3
        WHEN 'STE' THEN 4
        WHEN 'BRS' THEN 4
        ELSE 5
      END;
    str := 'UPDATE ass_cana SET id_amont=' || idamont || ', type_am =' || p || ' WHERE ID=' || id
;
    EXECUTE IMMEDIATE str;
  END LOOP;
  CLOSE cur_am;
  OPEN cur_av;

```

```
LOOP
  FETCH cur_av INTO id,idaval,typ;
  EXIT WHEN cur_av%NOTFOUND;
  p :=
  CASE typ
    WHEN 'EXU' THEN 4
    WHEN 'PPA' THEN 7
    WHEN 'BAS' THEN 1
    WHEN 'EFF' THEN 3
    WHEN 'STE' THEN 4
    WHEN 'BRS' THEN 4
    ELSE 5
  END;
  str := 'UPDATE ass_cana SET id_aval=' || idaval || ', type_av =' || p || ' WHERE ID=' || id ;
  EXECUTE IMMEDIATE str;
END LOOP;
CLOSE cur_av;
END fixCana;
/
```

Annexe 4 : Introduction au métier d'assainissement

1. Définition

L'assainissement des agglomérations a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées, ainsi qu leur rejet, dans les exutoires naturels par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Il existe quatre systèmes d'évacuation :

- Les systèmes fondamentaux
- Le système pseudo-séparatif
- Le système composite
- Les systèmes spéciaux.

2. Les systèmes d'évacuation

2.1. Systèmes fondamentaux

On distingue trois systèmes fondamentaux, à savoir:

- **Le système séparatif** : Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques et de certains effluents industriels, alors que l'évacuation de toutes les eaux pluviales est assurée par un autre réseau;
- **Le système unitaire** ("tout-à-l'égout") : Les eaux usées et pluviales sont évacuées par le même réseau.
- **Système mixte** : Selon les zones d'habitation, le réseau peut être constitué en partie d'un système séparatif et en partie d'un système unitaire.

2.2. Système pseudo-séparatif

C'est un système où on divise les eaux pluviales en deux parties:

- Les eaux venant des voiries et évacuées par des ouvrages particuliers : caniveaux, aqueducs, fossés...
- Les eaux provenant des toitures, cours, jardins, évacuées par les mêmes branchements utilisés pour les eaux usées domestiques.

2.3. Systèmes composites

C'est une variante du système séparatif. Par des aménagements divers on dirige les eaux pluviales les plus polluées vers le réseau des eaux usées ; par exemple, on sait que lors des premières minutes des précipitations, l'eau est censée laver les voiries et est donc plus polluée.

2.4. Systèmes spéciaux

Ils ne sont envisagés qu'en cas exceptionnels.

On distingue :

- les systèmes sous pression sur la totalité du parcours: le réseau fonctionne en charge de façon permanente sur la totalité du parcours.
- Le système sous dépression : le transport des effluents s'effectue par mise en dépression des canalisations, en provoquant le vide à l'intérieur des conduits.

3. Les ouvrages d'assainissement

Les ouvrages en matière d'assainissement comprennent :

- les ouvrages principaux qui corresponde au développement de l'ensemble du réseau jusqu'à l'entrée des effluents par la station d'épuration ; on les classe suivant le diamètre :
 - o réseau primaire : $\varnothing > 0.80$ m
 - o réseau secondaire : $0.30 \text{ m} < \varnothing < 0.80$ m
 - o réseau tertiaire : $\varnothing < 0.30$ m
- les ouvrages annexes constituent toutes les constructions et les installations ayant pour but de permettre l'exploitation rationnelle et correcte du réseau (bouches d'égout, regards de visite, déversoirs d'orages, branchements...etc.)

3.1. Les ouvrages principaux

Ils se présentent sous la forme :

- de tuyaux cylindriques préfabriqués en usine, le plus souvent normalisés ou construits sur place, visitables ou non ;
- de tuyaux ovoïdes visitables préfabriqués en usine et normalise également ;
- d'ouvrages visitables de profils particuliers réservés aux émissaires importants d'évacuation (dans les grandes villes)

3.1.1. Tuyaux à section circulaire

En béton non armé : leurs longueur ne doit pas dépasser les 2,5m, ils sont fabriqués sous trois variantes : 60B, 90B et 135B.

En béton armée: sa longueur ne doit pas être inférieur a 2m, on en produit dans trios (3) classes: 60A, 90A et 137A.

3.1.2. Tuyaux ovoïdes préfabriqués

Leur longueur utile est d'au moins 1m et ils sont à joint à emboîtement à mi-épaisseur ou à tulipe. Les caractéristiques géométriques sont particulièrement importantes pour les tuyaux ovoïdes.

3.1.3. Tuyaux en amiante-ciment sans pression

L'amiante est un matériau à texture fibreuse (silicate de magnésium, sodium, fer) que l'on mélange au ciment ; on obtient alors un matériau composite que l'on désigne par l'expression « amiante-ciment».

3.1.4. Tuyaux en grès

Le grès servant à la fabrication des tuyaux est obtenu à parties égales d'argiles et de sables argileux cuits entre 1200°C et 1300°C. Le matériau obtenu est très imperméable; il est inattaquable par les agents chimiques sauf l'acide fluorhydrique. L'utilisation des tuyaux en grès est recommandée dans la zones industrielles. Les parois intérieures très lisses permettent une très faible perte de charge.

3.1.5. Tuyaux et raccords en polyvinyle (P.V.C.) non plastifié

Les matières plastiques ont un comportement différent face à une élévation de température ; il conduit à distinguer deux grandes familles : les *thermoplastiques* et les *thermodurcissables*.

Le P.V.C. fait partie de la famille des thermoplastiques ; c'est une résine synthétique résultant de la polymérisation du chlorure de vinyle monomère, celui-ci étant obtenu par synthèse à partir du chlorure d'hydrogène. Suivant la quantité de plastifiant qu'on adjoint, le P.V.C. peut donner des produits souples ou rigides.

Les tuyaux en chlorure de polyvinyle non plastifié sont sensibles à l'effet de température. Au-dessous de 0°C, ils présentent une certaine sensibilité aux chocs, ce qui nécessite des précautions lors des manutentions.

Les tuyaux livrés ont une longueur minimale de 6m. La tolérance sur les longueurs utiles est de ± 5 cm.

3.1.6. Collecteurs visitables de profiles particuliers

Ces collecteurs sont réalisés dans les centres urbains où le système d'assainissement est du type unitaire.

- a. Les égouts ordinaires à cunette, conçus de telle sorte que les écoulements de temps sec, à faible débit, puissent s'effectuer à vitesse suffisante pour que l'autocurage soit assuré et que l'ouvrage soit visitable dans les meilleures conditions possibles, d'où leurs forme à « rayon hydrologique » maximum pour l'écoulement des petits flots ;
- b. Les collecteurs à banquettes comportent une cunette à faible « rayon hydraulique » et une ou deux banquettes de part et d'autre pour assurer les passages de personnel et du matériel d'entretien. Ils sont prévus dès qu'on a à mettre en place un égout de plus de 2,5 m de hauteur.

3.1.7. Émissaires d'évacuation

Dans les très grandes villes, compte tenu des surfaces urbanisées et des zones d'extension, des stations d'épuration sont implantées loin du centre de la ville-centre.

Devant cette situation ; le transport des eaux d'égout se fait par des ouvrages spéciaux dits émissaires. Ils ne sont pas visitables en service courant, ils ne reçoivent aucun apport intermédiaire et sont toujours précédés de bassins de dessablement afin d'éviter les dépôts de matière solides comme les sables et graviers. Ce sont de véritables ouvrages de génie civil qui ont le plus souvent une forme cylindrique.

3.2. Les ouvrages annexes

Un réseau d'assainissement est un ensemble constitué d'organes différents dont chacun, en raison du rôle qu'il joue, est complémentaire de tous les autres. Aussi, même s'il est normal de consacrer beaucoup de temps à la détermination des caractéristiques de l'organe de transfert (réseau de canalisations), il ne faut pas pour autant négliger l'importance des ouvrages annexes. Ils sont nombreux et obéissent à une certaine hiérarchie de fonctions très diversifiées : fonction de recette (ou de recueillie) des effluents, de fenêtre ouverte sur le réseau pour faciliter l'entretien, de système en raison de leur rôle économique en agissant sur les surdimensionnements et en permettant l'optimisation des coûts, etc.

Les ouvrages annexes sont à considérer selon trois groupes distincts :

- les dispositifs installés chez les particuliers qui doivent obéir à certaines règles ;
- les ouvrages normaux ou courants, qui se subdivisent en trois sous-groupes : les branchements proprement dits entre la propriété riveraine et le réseau collectif

public(ou privé), les ouvrages de surface et les ouvrages de recueillie, les ouvrages intégrés au réseau de canalisation ;

- les ouvrages spéciaux adaptés aux circonstances rencontrés qui méritent, en raison des investissements qu'ils peuvent nécessiter, une attention toute particulière.

3.2.1. Les dispositifs installés chez les particuliers

Ce sont des ouvrages élémentaires susceptible d'être installés chez les particuliers, afin d'empêcher l'introduction de substances corrosives, qui peuvent entraîner une dégradation, voir une ruine rapide des ouvrages.

On en cite :

- Les broyeurs d'évier sont normalement à proscrire pour de nombreuses raisons : ils apportent des surcharges considérables de matières quelques fois difficilement décantables ou fermentescibles. De plus, si ces matières sont importantes en volume, le risque est grand de les voir se déposer dans le réseau, ajoutant à l'incapacité d'autocurage lorsque les débits d'entraînement sont insuffisants.
- Le siphon disconnecteur au pied des descentes d'eaux usées est instamment recommandé, de manière à isoler l'installation privée des nuisances à provenir éventuellement du réseau public.
- Les boîtes à graisse et les bacs déshuileurs, leurs mise en place s'impose à l'aval des installations particulières recevant des effluents en provenance des industries alimentaire, restaurants, garages, ateliers de mécanique, etc.

3.2.2. Les ouvrages normaux ou courants

Les ouvrages normaux sont des ouvrages courants indispensables en amont ou sur le cours des réseaux ; ils assurent généralement la fonction de recette des effluents ou d'accès au réseau.

3.2.2.1. Les branchements particuliers

Un branchement particulier comprend trois parties essentielles : le regard de façade, la canalisation de branchement et le dispositif de raccordement.

- Regards de façade : pour permettre un accès facile aux personnels chargés de l'exploitation et du contrôle du bon fonctionnement, le regard doit être disposé en bordure de la voie publique et au plus près de la façade de la propriété raccordée.
- Canalisation de branchement : les dimensions du réseau public ayant été fixé à 0,20 m de diamètre pour le réseau de collecte des eaux usées en système séparatif ou à 0,30 m de diamètre pour la collecte des eaux pluviales en système séparatif ou pour la collecte de l'ensemble des eaux pluviales et usées en système unitaire ; le diamètre est inférieur à 0,15 m pour le transfert des eaux usées en système séparatif ; lorsqu'il s'agit du transport d'eaux usées et d'eaux pluviales en système unitaire, le diamètre est au maximum de 0,25 m. Il est recommandé de réaliser une pente longitudinale de 3 % afin d'éviter la formation de dépôts ou de stagnations putrides.
- Dispositifs de raccordement : le raccordement proprement dit de la canalisation de branchement s'effectue selon quatre possibilités liées à la nature et aux dimensions du réseau public :
 - Boite de branchement borgne : lorsqu'il s'agit de raccorder la canalisation sur un ouvrage public e diamètre moyen (0,20 à 0,80 m), on réalise généralement le

raccordement à l'intérieur d'une boîte de branchement borgne dont les dimensions, dans le sens transversal au courant dans le réseau principal, peuvent être avantageusement réduites à la valeur du diamètre sur lequel s'effectue le raccordement. Ce dispositif non visitable est nécessairement limité en profondeur ; l'obturation au niveau de l'arase est réalisée par une dalle en béton armé.

- b) Branchement par culotte : lorsqu'il s'agit de raccorder la canalisation sur un ouvrage public non visitable de faible diamètre, on peut mettre en place un culotte normalisée. L'inclinaison maximale de l'axe de la canalisation doit être réalisée au maximum à $67^{\circ}30'$ par rapport au sens du courant dans l'ouvrage public. Le raccordement sur le collecteur principal s'effectue par le moyen de deux manchons ; l'étanchéité est assurée par des joints souples.
- c) Raccord de piquage : ce type de raccordement n'est envisageable que sur des canalisations principales de faible diamètre en amiante-ciment ou en P.V.C. la fixation sur le collecteur s'effectue par collage d'au moins 6 centimètres. Comme pour la culotte, l'angle maximal de raccordement est fixé à $67^{\circ}30'$ avec tulipe ou bout lisse et manchons à joints souples.
- d) Branchement par tulipe ou bout lisse avec arrêteurs : Ce type de dispositifs n'est à prévoir que sur les canalisations principales en béton armé ou non d'un diamètre minimal de 0,40 m. Le raccordement peut s'effectuer par tulipe ou bout lisse avec arrêteurs évitant le dépassement de la pièce à l'intérieur du tuyau.

3.2.2.2. Les ouvrages de surface et les ouvrages de recueillie

Les ouvrages de surface sont destinés, en général, à la recueillie des eaux pluviales. On en distingue deux catégories :

- Les ouvrages de recueillie et de transport : fossés, gargouilles, caniveaux ;
- Les ouvrages de recueillie proprement dite, en tête et sur le cours du réseau principal : les bouches d'égout.

Fossés ; gargouilles et caniveaux

Fossés : les fossés sont principalement destinés à la recueillie des eaux provenant des chaussées en milieu rural ; suivant les caractéristiques du relief, ils sont soit des ouvrages de transport à faible pente, soit des ouvrages de stockage des eaux, lesquelles sont soumises au double phénomène de l'évaporation et de l'infiltration dans le sol. Il faut procéder à un entretien périodique afin de les débarrasser des déchets putrescibles qui peuvent s'y accumuler et provoquer notamment des odeurs de fermentation.

Gargouilles : ces éléments de réseaux, même s'ils peuvent paraître désuets aujourd'hui, ont une fonction de liaison entre les descentes de gouttières et les caniveaux en évitant ainsi les ruissellements intempestifs sur les trottoirs.

Caniveaux : Les caniveaux sont des accessoires de la voirie destinés à la recueillie des eaux pluviales ruisselant sur le profil transversal de la chaussée et des trottoirs, et au transport de ces eaux jusqu'aux bouches d'égout (bouche à avaloir ou bouches à grille).

Bouches d'égout

Les bouches d'égout sont destinées exclusivement à collecter les eaux en surface ; elles sont généralement disposées à l'exutoire des aires de potentialité de débits à 40 l/s, soit sous les trottoirs si ceux-ci ont des dimensions suffisantes, soit sous les caniveaux et bords de chaussée dans le cas contraire.

Elles peuvent être classées selon deux critères principaux : la manière de recueillir les eaux et la manière dont les déchets sont retenus.

La classification selon la forme de la bouche révèle deux groupes principaux :

a) Bouche d'égout à section circulaire de 0,5 m de diamètre avec ou sans décantation

Ces appareils peuvent pratiquement s'adapter à toutes les situations. On a intérêt, surtout si le réseau risque de ne pas faire l'objet d'un entretien permanent, à prévoir la mise en place de bouches du type avec décantation de façon à piéger les sables avant leurs entraînement dans le réseau ; il suffit alors de bien déterminer la fréquence raisonnable d'intervenir pour le curage.

Selon le type de recueillie des eaux, on distingue cinq types de bouches d'égout :

- *Les bouches d'égout avec grille et couronnement métalliques*, adaptables aux bordures préfabriquées du type A ou du type T : Ces bouches peuvent être sélectives ou non et, lorsqu'il est prévu une décantation, l'entrée des eaux au réseau s'effectue soit au moyen d'un siphon, soit directement par surverse au-dessus du seuil du puisard de décantation.
- *Les bouches d'égout avec bavette en pierre ou en béton et couronnement métallique*, adaptables aux bordures du type A ou du type T : Comme les précédentes, elles peuvent être sélectives ou non, avec ou sans décantation, siphonide ou non ; dans ce dernier cas, l'entonnoir amovible est plongée par une jupe dont la base doit être plongée d'au moins 0,05 m au-dessous du niveau permanent du puisard de décantation.
- *Les bouches d'égout avec bavette et couronnement* en pierre ou en béton qui sont des variantes applicables aux deux types précédents.
- *Les bouches d'égout à avaloir métallique, à grille et couronnement combinés*. Comme les précédentes elles peuvent être équipées avec ou sans décantation, être siphonides ou non ; la seule particularité repose sur le fait que le dispositif métallique supérieur (tampon et grille-avaloir) s'emboîte directement sur l'arase supérieure de la cheminée.
- *Les bouches d'égout à grille seule*, directement emboitable sur l'arase supérieure de la cheminée. Toutes les variantes envisagées précédemment son applicables.

b) Bouches d'égout à section rectangulaire de 1 m × 0,70 m avec ou sans décantation

Les remarques formulées à l'égard des bouches d'égout à section circulaire sont applicables à ce type, à cette différence près qu'il n'est pas possible de les rendre sélectives (il n'existe pas sur le marché de paniers de formes adaptées).

Selon le type de couronnement, on distingue :

- *Les bouches d'égout avec bavette et couronnement en pierre ou en béton* sans décantation ou avec décantation, siphonides ou non.
- *Les bouches d'égout avec bavette en pierre ou en béton* et couronnement métallique, avec ou sans décantation, siphonide ou non.

Ouvrages d'accès au réseau : regards de visite

Les ouvrages d'accès au réseau sont en fait des fenêtres par lesquelles le personnel d'entretien pénètre pour assurer le service et la surveillance du réseau. On en distingue deux types principaux :

a) Regard de visite à section circulaire de 1 m de diamètre.

Ce type de regard comporte trois sous-groupes selon que la canalisation a un diamètre inférieur ou égal à 0,80 m, ou un diamètre supérieur à 0,80 m, ou encore une section ovoïde ; suivant les circonstances, l'accès pourra être centré (accès normal par le dessus) ou excentré (accès latéral avec couloir d'accès à la canalisation proprement dite).

Les regards de visite sur *canalisations de diamètre nominal inférieur ou égal à 0,80 m* sont en règle générale des regards centrés sur l'axe principal du réseau. Ce type de regard peut comporter une série d'échelons de descente scellés en saillie ou une cage d'échelle avec encastrement dans la paroi.

Les regards de visite sur canalisations de diamètre nominal supérieur à 0,80 m sont à accès centré ou à accès latéral :

- Les regards à accès centré présentent une particularité essentielle : ils ne comportent pas de cunette.
- Les regards à accès latéral qu'on utilise généralement sous les voies à très fort trafic, comportent un couloir d'accès dont la hauteur est déterminée par le niveau supérieur du tuyau principal.

b) Regard de visite à section carrée de 1 m de côté

Comme les regards du type précédent, ce type de regards comporte également trois sous-groupes identiquement répartis selon que la canalisation visitée a un diamètre inférieur ou égal à 0,80 m, ou un diamètre supérieur à 0,80 m, ou encore une section ovoïde. Les regards sont soit centrés sur l'axe de la canalisation principale, soit excentrés par rapport à l'axe principal avec accès latéral.

3.2.2.3. Les ouvrages spéciaux adaptés aux circonstances.

A la différence des ouvrages normaux, ces ouvrages ne sont pas systématiquement obligatoires dans le concept général du réseau. Cependant, dans de nombreux cas, il convient de recourir à tel ou tel ouvrage :

- Soit pour résoudre certains problèmes qui apparaissent au stade de l'étude, comme l'incapacité d'autocurage, le risque d'ensablement des sections à faible pente, la gêne provenant des flottants ;
- Soit pour optimiser le projet sous le double aspect technique ou (et) financier avec la création de déversoir d'orage, de bassins de stockage ;

- Soit encore pour tourner certaines difficultés physiquement ou topographiques, comme le passage de points obligés, la nécessité d'un relèvement hydraulique des effluents, la protection des ouvrages contre des phénomènes cyclique (marées) ou aléatoires.

3.2.2.3.1. Dispositifs liés au bon fonctionnement

Ces dispositifs entrent dans la classe des ouvrages spéciaux mais, en raison même du rôle important qu'ils peuvent jouer, notamment au niveau du fonctionnement, il ne faut pas dissocier de cet fonction les aspects économiques qui s'y attachent.

1. *Dispositifs de ventilation*

Un effluent qui s'écoule dans les ouvrages souterrains doit être normalement aéré pour éviter les développements des fermentations anaérobies nauséabondes et les formations de poches de méthanes dangereuses pour le personnel d'entretien. L'aération est donc fondamentale. Dans d'autres circonstances, les dispositifs de ventilation mises en œuvre pourront jouer le rôle de soupape, notamment lors de la mise en charge des ouvrages souterrains, pour laisser échapper la masse d'air qui se comprime à mesure de la montée du flot.

Ces dispositifs sont soit des conduits à faibles démentions qui remontent en façade des immeubles, mais suffisamment hauts pour éviter les nuisances dues aux dégagements d'odeurs (tuyaux d'évent), soit des conduits plus conséquents (cheminés d'aération). Ces dispositifs sont mis en œuvre dès qu'il y a risque de stagnation ou lorsque les temps de parcours des eaux usées en réseau sont susceptibles de favoriser les fermentations.

2. *Réservoirs de chasse*

Lorsqu'il n'est pas possible de faire procéder régulièrement au curage des canalisations par les moyens appropriés, et encore plus si l'incapacité d'autocurage du réseau a été vérifiée sur certaines sections, il convient de recourir à de tel dispositifs fonctionnant automatiquement selon e rythme assigné.

Le principe, est assez simple : il s'agit de disposer en tête, et éventuellement sur l)parcours du réseau, des citernes à faible capacité (maximum 1 000 l)qui se remplissent selon la cadence recherché en fonction du nombre de « lâchures » à réaliser sur 24 ou 48 heures par l'intermédiaire d'un siphon à fonctionnement automatique à cloche siphonide.

3. *Bassins de dessablement*

En règle générale, le piégeage des sables s'effectue dans les bouches, sélectives ou non, munies de puisards de décantation dont l'exploitation doit être assurée régulièrement (vidage des paniers ramasse-boues et curage des puisards). Dans de nombreux cas, il est néanmoins nécessaire d'interposer des bassins de dessablement : par exemple si les bouches ne disposent pas de puisards de décantation ou s'il est possible de vérifier l'importance de la charge minérale transportée par rapport à la capacité de l'ensemble des bouches de décantation.

Le principe de fonctionnement d'un bassin de dessablement repose sur la sédimentation des élément transportés lorsque la vitesse s'abaisse. On estime généralement qu'il est souhaitable

d'éliminer les éléments dont la trajectoire est susceptible de s'infléchir au-dessous de la vitesse de 0,30 m/s (voire 0,20 m/s pour un piégeage plus fin).

4. Dégrilleurs

Les dégrilleurs sont destinés à retenir, à l'orifice des parties canalisées, les corps les plus volumineux transportés par les effluents pluviaux ou par les effluents d'eaux usées lors de leur écoulement dans les réseaux. Placés en amont des canalisations de siphons, ils permettent notamment d'éviter l'intrusion d'éléments susceptibles de perturber les écoulements ou de fermenter à l'abri de l'air.

3.2.2.3.2. Dispositifs liés au circonstances

Ces ouvrages spéciaux sont souvent susceptibles de contribuer, dans une large mesure, à l'économie d'un projet ; ils sont liés aux circonstances, en ce sens qu'ils doivent résulter d'études circonstanciées prenant en compte certains facteurs d'influence, d'ordre physique ou économique.

1. Déversoirs d'orage

Au sens de l'hydraulique, un déversoir est un orifice, généralement de forme rectangulaire, établi sur le cours d'un écoulement à tangulaire, établi sur le cours d'un écoulement à nappe libre pour mesurer les débits par le moyen de cette formule bien connue des hydrauliciens : $Q_d = m l h \sqrt{2 g h}$

- Q_d est le débit au niveau du déversoir
- m est un coefficient de débit dont la valeur est fonction du type de déversoir
- l est la longueur du déversoir
- g est la pesanteur
- h est la hauteur de la charge en m au-dessus du seuil du déversoir, cette hauteur étant mesurée à une distance au moins égale à $5 h$ en amont du seuil du déversoir.

En hydraulique urbaine, un déversoir est un dispositif dont la fonction essentielle est d'évacuer, par les voix les plus directes, les pointes exceptionnelles des débits d'orage vers le milieu récepteur.

2. Bassins de stockage

Les bassins de stockage, généralement dénommés bassins de pluie, sont disposés en amont des stations d'épuration pour les protéger des pointes hydrauliques qu'on observe notamment à l'aval des réseaux en système unitaire. Ils jouent un rôle d'excréteur des pointes hydrauliques, les flots retenus pendant de délais relativement limités étant traités ultérieurement en station. Par conséquent, ces bassins protègent également le milieu naturel, les charges polluantes transportées n'étant plus déversées dans le milieu comme c'est le cas pour les déversoirs d'orage, mais stockées en vue d'être éliminées ultérieurement.

3. Siphons

Les siphons sont des ouvrages destinés à réaliser le franchissement d'obstacle contraignants ; ils s'intègrent parfaitement sur le cours d'un réseau dès lors que des circonstances particulières s'opposent à la réalisation des conditions normales des écoulement : cours d'eau, voies ferrées, routes à grand trafic, ouvrages importants enterrés, etc.

4. Postes de relèvement ou de refoulement

Dans tous les cas, ces postes sont des appareils destinés à élever les eaux d'un niveau à un autre, soit pour contourner les difficultés provenant du franchissement d'un obstacle, soit pour modifier des conditions devenues économiquement inacceptables ou des conditions incompatibles physiquement avec les données d'aval.

Suivant les cas, on distingue :

- Les *postes de relèvement*, essentiellement destinés à relever, pratiquement sur la place et à faible hauteur, les eaux d'un collecteur devenu trop profond, jusqu'à un niveau économiquement acceptable, par le moyen de pompes centrifuges ou à canaux, de vis dites « d'Archimède », d'éjecteur ou d'émulseurs¹² ;
- Les *postes de refoulement*, destiné à forcer le transport des effluents d'un point à un autre, souvent sur les grandes distances, voire de grandes dénivellations, moyennant une mise en pression pour vaincre les pertes de charge à l'intérieur des conduites de transport ainsi que la hauteur géométrique de franchissement. Dans la pratique, ces appareils sont utilisés pour assurer le franchissement d'un obstacle particulier (transport d'une rive à l'autre d'une rivière) ou tout simplement pour atteindre une station d'épuration éloignée sans nécessité de collecte tout au long du parcours de la conduite.

¹² Les éjecteur et les émulseurs sont des appareils d'un très faible rendement énergétique ; il n'en demeurent pas moins qu'ils sont vivement recommandables pour le relèvement des faibles débits, notamment en raison de leur sécurité de fonctionnement.