
La solution logicielle SINERGIE

II.1 Introduction

ESCOTA souhaite se doter d'un outil informatique d'aide à la décision pour la gestion et la maintenance du patrimoine. Ce chapitre est consacré aux modèles informatiques de cet outil. Il propose d'une part, la spécification des fonctionnalités qui nous apparaissent comme essentielles pour une aide à la décision pertinente pour assister l'exploitant dans la gestion quotidienne de son patrimoine, d'autre part la structure des données à partager par l'ensemble des acteurs du processus de gestion.

Le processus décisionnel impliqué dans la gestion du patrimoine d'ESCOTA, que nous préciserons dans la section 2 de ce chapitre, présente toutes les caractéristiques de la décision en organisation telles que décrites par l'économiste H.A. Simon [Simon, 91]. Dans le chapitre I, nous avons mentionné à cet égard que si le décideur ne possède que rarement une connaissance totale de la situation, deux causes majeures peuvent être incriminées : d'une part, son incapacité à traiter l'ensemble de tous les flux d'information auxquels il a accès et d'autre part, son enclin naturel pour une représentation simplificatrice monocritère de la situation qui occulte la complexité de la réalité. De façon très résumée, le décideur a donc besoin d'un outil informatique qui lui permette de traiter intelligemment et dynamiquement l'information, en lui proposant en particulier des représentations pertinentes de la situation en adéquation avec ses modes cognitifs. La solution informatique que nous retiendrons s'appuiera donc sur deux grandes approches de la décision : les modèles de type Système de Traitement de l'Information [Simon, 83] [Simon, 97] et l'analyse multicritère [Roy *et al.*, 93].

Plusieurs études sur la décision en organisation s'accordent ainsi à montrer que le traitement de l'information dans l'organisation est le véritable point clé de la décision en organisation [Akharraz, 04] [Akharraz *et al.*, 02] [Planté, 06] [Denguir, 07]. La gestion du patrimoine à ESCOTA relève de cette catégorie de processus décisionnels.

La gestion des opérations est une tâche complexe pour les décideurs qui doivent faire face à une masse d'informations conséquente. Ces derniers ont besoin d'avoir une vision globale du patrimoine en termes d'objectifs et de contraintes, tout en conservant la possibilité de consulter dans le détail l'état d'un élément du patrimoine ou l'évaluation d'une opération à réaliser. L'objectif de notre travail consiste donc à mettre en place un système informatique pour aider l'exploitant à mener une stratégie de gestion durable du patrimoine. Nous verrons dans le chapitre suivant les outils mathématiques qui supportent les fonctionnalités que propose l'outil informatique. Pour l'heure, l'objet de ce chapitre est de construire le modèle de l'outil informatique, support de l'aide à la décision. La section 2 formalise le processus décisionnel de la gestion du patrimoine à ESCOTA et déduit de ce modèle les grandes fonctions à implémenter dans notre logiciel.

Le traitement de l'information, son acquisition et son partage sont donc au cœur de la solution que nous proposons. Pour cela, l'outil doit aider à mettre en place une culture de partage de l'information où chaque acteur intervenant dans le processus de gestion du patrimoine, met à la disposition de tous les informations dont il dispose. L'idée est de créer une base de connaissance du patrimoine contenant toutes les informations sur l'état de santé, les décisions prises en termes d'opérations ainsi que les travaux réalisés. Nous décrivons la conception de ce système d'information dans la section 5.

Cette base, pour rester pertinente, doit être alimentée et mise à jour par l'ensemble des personnels des Districts et du service Structure Viabilité Sécurité intervenant dans le processus de décision. Le bénéfice de ce travail de partage d'informations réside dans la constitution d'un historique de la gestion du patrimoine. Ainsi, il sera possible d'avoir une vision globale de l'état du patrimoine, de mesurer les effets de la politique de gestion et de la justifier au moyen d'un système d'aide à la décision décrit dans la section 4.

Les choix de conception des outils du système d'information et du système d'aide à la décision sont précisés dans la section 3. Enfin, la section 6 analyse la généricité du modèle, notamment sa capacité à intégrer la définition de nouveaux métiers (ou domaines) de gestion de l'infrastructure. Nous étudierons également ces possibilités d'évolution du logiciel.

II.2 Le processus de la décision pour la gestion du patrimoine

La première étape de notre travail a consisté à formaliser le processus de la décision pour la gestion du patrimoine. **Trois étapes** ont été mises en évidence dans le processus d'évaluation des opérations au chapitre précédent qui correspondent par ailleurs à trois niveaux fonctionnels bien distincts chez ESCOTA (districts, inspecteurs extérieurs ; conducteurs d'opérations (COP) ou experts métiers (EM) ; responsables de l'exploitation) :

- Le suivi du patrimoine ;
- L'évaluation de l'état du patrimoine ;
- Les décisions.

Cette gestion se traduit par une surveillance attentive de l'état de santé et l'entretien en temps opportun, ce qui se traduit par la réalisation d'entretiens, d'amélioration ou de mise à niveau. Nous désignerons pour la suite par **opération** les entretiens, les améliorations et les mises à niveau.

Le patrimoine infrastructure d'ESCOTA se compose d'un ensemble d'éléments de patrimoine EP. Tout élément de patrimoine est rattaché à l'un des cinq domaines d'intervention comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent.

Nous retrouvons chacune des trois étapes précitées représentées à la Figure 17. La logique de mesure correspondant au suivi du patrimoine est réalisée d'une part par les Districts avec des visites annuelles, d'autre part par des inspecteurs spécialisés. Ils fournissent des comptes rendus d'inspection sur les éléments de patrimoine au Conducteur d'Opération (ou Expert Métier, EM) concerné. Par exemple, pour les Ouvrages d'Art, une méthode normalisée par le SETRA est utilisée pour les visites annuelles et pluriannuelles : la méthode Image de la Qualité des Ouvrages d'Art (IQOA). Ainsi, un ouvrage d'art a un score annuel (ou note) d'état de santé (en vert sur la Figure 17). Les expressions de besoins sont des demandes, exprimées par les Districts, en termes d'opérations non basées sur un bilan de santé. Un exemple d'expression de besoin est la demande de création d'un chemin d'accès pour faciliter l'accès des véhicules de la viabilité hivernale sur l'autoroute pour les personnels des Districts.

Dans un deuxième temps, la logique d'évaluation (en noir sur la Figure 17) concerne le passage des bilans de santé à la liste des opérations à réaliser sur les éléments de patrimoine qui en ont besoin. Le Conducteur d'Opération fait une synthèse des bilans de santé. Il peut ainsi élaborer le diagnostic de tout EP qu'il classe en urgence d'intervention U_1 , U_2 ou U_3 (U_i est plus urgent que U_{i+1}) à partir de critères relevant d'une analyse de risque technique. Il propose alors des opérations regroupant des EP cotés en niveau d'urgence U_i . Ensuite, le chef de service évalue les urgences qui lui sont proposées en priorité d'intervention P_1 , P_2 ou P_3 (P_i est plus urgent que P_{i+1}) en prenant en compte des critères d'analyse relevant cette fois-ci de la stratégie d'entreprise (risques stratégiques). Il s'agit d'un processus d'évaluation en boucle (cf. cycle noir de la Figure 17) car la survenue d'un nouveau bilan de santé sur un ouvrage d'art, par exemple, pour lequel la note IQOA serait moins alarmante, permet de réévaluer les niveaux d'urgence et de priorité. Cette boucle permet également de prendre en compte la révision d'une évaluation si, après vérification au niveau fonctionnel suivant du processus de planification des opérations, les deux évaluateurs ne s'accordent pas sur la décision à prendre. De même, une mauvaise évolution d'une pathologie peut accroître le niveau d'urgence et/ou de priorité.

Sur la base des opérations évaluées en priorité d'intervention, le chef de service propose au directeur de l'exploitation une programmation pluriannuelle. Nous entrons dans la dernière phase du processus (logique de décision) où la validation de cette programmation (i.e., la décision de lancer l'opération par le service Structure Viabilité Sécurité (SVS) ou le Directeur d'Exploitation (DEX) à la Figure 17)

déclenche le processus de rédaction du Dossier d'Opération, du Dossier de Consultation des Entreprises, puis la réalisation des travaux pilotés par le COP (cf. en rouge Figure 17).

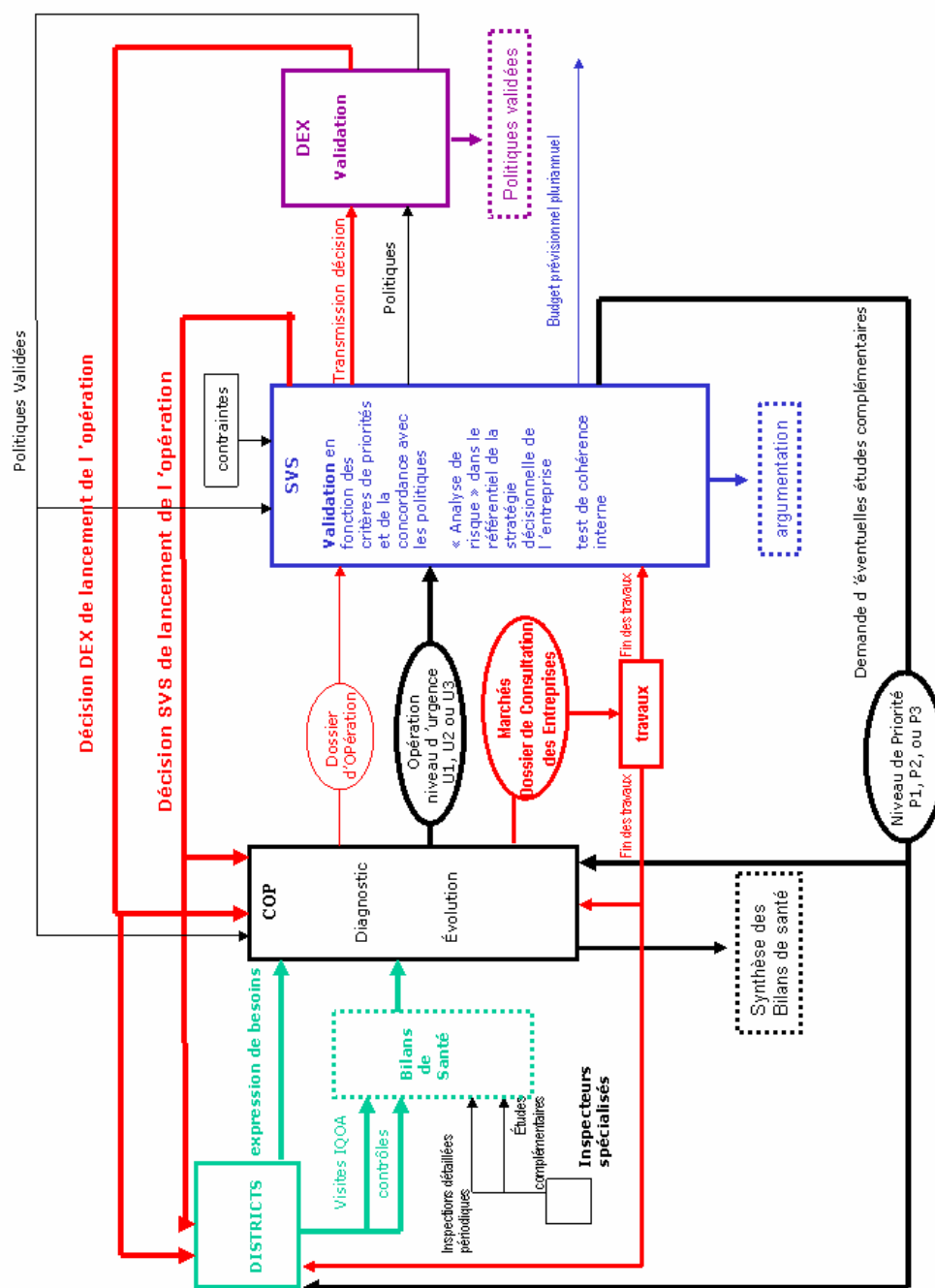


Figure 17 : schéma fonctionnel du processus décisionnel de la gestion du patrimoine d'ESCOTA

La description que nous venons de faire du processus décisionnel, qui part de la mesure de symptômes jusqu'à la planification d'opérations dans un plan pluriannuel chez ESCOTA, nécessite une adéquation entre les informations pertinentes disponibles au bon moment et les représentations propres à chaque niveau fonctionnel de l'exploitation pour que le processus se déroule correctement. La solution que nous proposons résulte donc du couplage entre un Système d'Information SI et un

outil d'Aide à la Décision basé sur une évaluation multicritère hiérarchique et capable de justifier ses conclusions depuis la base de connaissances du SI (cf. Figure 18) :

- Un **Système d'Information (SI)** pour stocker les informations et partager les connaissances. Ce SI doit être capable de gérer toutes les informations utiles aux évaluations des opérations et est destiné à devenir la mémoire de la gestion du patrimoine à ESCOTA ;
- Un **Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD)** pour aider les décideurs dans la façon dont ils utilisent leur capacité de raisonnement et de traitement de l'information dans les phases d'évaluation et de justification.

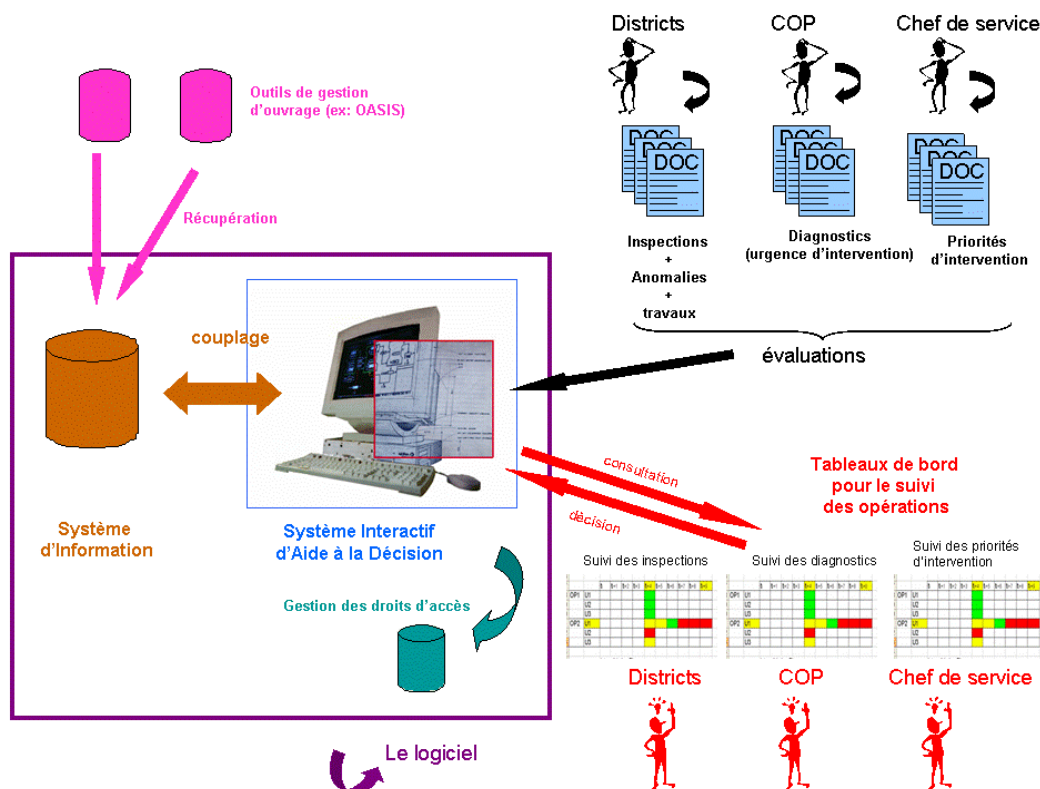


Figure 18 : le logiciel SINERGIE

La Figure 18 ci-dessus schématise le fonctionnement de ce couplage en mettant en évidence la participation de tous les acteurs (Districts, COP et chef de service SVS) dans le partage et la mise à disposition des informations de la gestion du patrimoine. Le SIAD, via un contrôle des droits d'accès des utilisateurs, assure la communication et propose les interfaces adéquates aux utilisateurs afin de :

- enregistrer et capitaliser l'information (en noir sur la Figure 18) : les Districts enregistrent les bilans de santé, les anomalies et entretiens courants, ainsi que le contrôle de la réalisation des travaux des opérations. Le COP (resp. le chef de service SVS) dispose d'interfaces pour enregistrer les évaluations en urgence (resp. en priorité d'intervention) ;
- consulter et avoir une vision globale du patrimoine : l'information contenue dans le SI est récupérée par le SIAD et restituée notamment sous la forme de tableaux de bord pour le suivi des bilans de santé, des évaluations en urgence et en priorité.

La fiabilité de ce fonctionnement repose sur la base de la collaboration de tous les acteurs dans l'enregistrement et la mise à disposition des informations dont ils disposent pour améliorer la connaissance et le suivi de l'état du patrimoine.

L'outil informatique qui doit supporter la gestion du patrimoine à ESCOTA a été baptisé **SINERGIE** pour **S**ystème **I**nteractif d'**E**valuation pour le **R**enouvellement et la **G**estion de l'**I**nfrastructure

d'ESCOTA. Ce projet doit induire une évolution significative dans le fonctionnement de la gestion du patrimoine via la formalisation du processus décisionnel qu'il instrumente et le partage des informations qu'il gère. La première étape consiste à structurer les données dans le Système d'Information. Ensuite, il faut développer les fonctions de traitement des données, les Interfaces Homme Machine (IHM) permettant la mise en forme, la consultation et le suivi des données proposées par le SIAD.

La description précédente du processus de décision chez ESCOTA a mis en avant les besoins informationnels et les tâches à réaliser à chaque niveau fonctionnel de l'exploitation. Il nous est donc maintenant possible de lister les fonctions principales attendues de SINERGIE.

Les fonctions d'administration

L'administrateur du système n'est pas un acteur dans la gestion du patrimoine, mais il est le garant du fonctionnement du logiciel SINERGIE. Il initialise l'application, c'est-à-dire qu'il enregistre les données nécessaires au fonctionnement de l'outil : la définition du réseau autoroutier et des éléments de patrimoine. Il assure la gestion des utilisateurs : création (resp. modification) d'un utilisateur District, COP et Chef de service SVS. Il enregistre également les données définissant l'environnement du réseau comme les données de trafic et de zones d'accumulations d'accidents (zaa). Ces données sont disponibles au service EIT (Études et Ingénierie du Trafic) à ESCOTA, où elles sont mises à jour annuellement. Le format de ces données est défini à EIT, l'administrateur dispose donc des fonctions d'insertion automatique de ces données dans le SI.

Les fonctions d'enregistrement / consultation

La surveillance du patrimoine est possible en consultant les informations relatives à tout élément de patrimoine : sa définition, sa localisation, les caractéristiques environnementales disponibles, les derniers bilans de santé, les anomalies, les entretiens courants réalisés et les derniers travaux le concernant. Pour chaque type de données nécessaires à la surveillance du patrimoine correspondent des fonctions d'enregistrement et de consultation.

La consultation dépend de la disponibilité des informations lesquelles doivent avoir été au préalable enregistrées dans le SI. Ainsi, les Districts renseignent des fiches pour les anomalies, les entretiens courants et la réalisation des travaux. Les bilans de santé sont enregistrés par le COP dans le cas des chaussées (dont le protocole est défini en Annexe 4). Dans le cas des Ouvrages d'Art, les bilans de santé sont contenus dans d'autres outils, comme l'outil de gestion des ouvrages OASIS (cf. Figure 18) et dans ce cas, SINERGIE se connecte à cet outil pour récupérer et afficher les informations demandées. Nous avons vu, au paragraphe précédent, que les informations de zaa et de trafic sont mises à jour annuellement par l'administrateur du système et consultables par tous les utilisateurs.

Nous avons là une vision sur les informations disponibles en cours. Pour répondre au besoin de capitalisation et d'historique évoqués précédemment, il doit également être possible de faire une recherche sur ces mêmes informations (bilans de santé, anomalies, ...) relativement à des années précédentes afin d'évaluer l'évolution de l'état du patrimoine. Par exemple, pour une chaussée où l'on constate des fissures, la consultation de bilans de santé sur l'année précédente permet de juger de l'évolution de l'ouverture de ses fissures.

Les évaluations

L'approche multicritère de l'évaluation en urgence et priorité d'intervention permet de décomposer le processus décisionnel relatif à la gestion du patrimoine en fonction des informations disponibles à chaque niveau fonctionnel de l'exploitation. Pour toute opération à réaliser sur un ou plusieurs éléments de patrimoine, le Conducteur d'Opération crée l'opération, rentre les éléments de patrimoine concernés par cette opération. Ainsi, pour chaque opération, il est possible de consulter sa nature, ainsi que les éléments de patrimoine concernés.

Les EP (concernés par une opération) doivent ensuite être évalués en urgence selon les critères propres au COP, puis en priorité d'intervention selon les critères du chef de service SVS. Lorsque les scores partiels de chaque opération ont été affectés, SINERGIE calcule le niveau global de l'urgence et de la priorité de l'opération. A cet effet, SINERGIE a recours à l'agrégation multicritère : des

opérateurs d'agrégation ont été définis au préalable dans le logiciel, ils permettent de passer d'un ensemble de scores partiels relatifs aux critères d'évaluation à une note de synthèse en urgence ou priorité. Ainsi, le COP (resp. le chef de service SVS) dispose bien sûr d'interfaces pour définir l'opérateur d'agrégation qui sied le mieux à son comportement décisionnel, mais SINERGIE lui propose également un support logiciel pour l'accompagner dans cette démarche d'identification et de définition de son modèle décisionnel. L'évaluation multicritère d'un élément de patrimoine en urgence (resp. en priorité) repose sur l'agrégation des scores partiels relativement aux critères d'évaluation ; la fonction d'évaluation permet d'enregistrer les scores attribués selon chaque critère et attribue un score global à chaque EP de l'opération. Il est ensuite possible de consulter toute évaluation en récupérant dans le SI la liste des couples critères / scores et recalculer le score global. Le suivi sous la forme d'un tableau récapitulatif (comme cela est proposé à la Figure 18) permet de superviser l'ensemble des opérations en cours avec leur score de synthèse.

Les fonctions d'analyse

Toute évaluation en urgence (resp. en priorité) enregistrée dans le SI comprend un ensemble de scores et de commentaires associés relativement à chaque critère d'évaluation. Deux fonctions sont essentielles pour l'analyse des évaluations effectuées par les Conducteurs d'Opération et le chef de service SVS : la justification et le contrôle d'erreurs d'évaluation.

La première concerne la capacité du système à expliquer quels sont les critères qui ont joué un rôle dans l'affectation du score global de l'opération et l'expliquer grâce à un argumentaire (les commentaires) enregistré lors des évaluations. Cette fonction est la justification : elle permet, à partir d'une note de synthèse, de remonter dans un premier temps aux critères qui ont été déterminants dans l'affectation de ce score, puis dans un second temps de restituer les commentaires textuels associés à ces critères discriminants lorsqu'ils ont été renseignés par le COP (resp. le Chef de Service SVS). Cette fonction constitue le support informatique nécessaire à la construction de l'argumentaire visant à justifier la décision prise par le COP et le Chef de Service quant à la date de programmation de l'opération concernée. Nous détaillerons cette fonction dans la section 4 du chapitre III.

La seconde est une analyse de sensibilité consistant à évaluer la fiabilité d'une évaluation en urgence (resp. en priorité) et à en donner les causes d'erreurs les plus probables, i.e. les critères pour lesquels une erreur d'estimation partielle conduit le plus probablement à une erreur d'évaluation en urgence (resp. en priorité). SINERGIE propose deux fonctions de contrôle des erreurs d'évaluation, qui permettent d'estimer les risques d'erreurs a priori et a posteriori et que nous développerons dans la section 5 du chapitre III.

L'aide à la planification

Enfin, pour chaque opération, les conducteurs d'opération proposent une programmation pluriannuelle en fonction des évaluations en urgence des opérations. En effet, il propose pour chaque EP évalué en urgence un échéancier sur plusieurs années avec le montant des dépenses prévues pour chaque année. Nous avons mis en place une fonction qui permet de contrôler la validité de cette proposition de planification. Ce contrôle systématique proposé par SINERGIE s'appuie sur un ensemble de règles d'exploitation et un test de cohérence entre les interprétations du COP et du Chef de Service pour une opération donnée. Nous avons évoqué précédemment la nécessité de proposer une aide à la planification pertinente dont le processus de construction repose sur l'ensemble des acteurs de la gestion du patrimoine. C'est ce que nous nous proposons de faire en basant notre fonctionnalité d'aide à la planification sur la cohérence des évaluations en urgence U_i et en priorité P_j qui constituent l'aboutissement de toute la chaîne de traitement de l'information assistée par SINERGIE. La planification, qui n'a pas de support mathématique particulier, sera détaillée dans la sous-section *aide à la planification* du dernier chapitre.

Dans un premier temps, l'outil est déployé pour **les Chaussées** pour ensuite être étendu aux autres métiers du service SVS. La conception de SINERGIE doit donc prévoir l'intégration de nouveaux domaines de gestion du patrimoine.

II.3 Les choix de conception

On distingue deux approches distinctes pour la conception de systèmes [Gabay, 05]. L'approche dite classique comprend de nombreuses variantes axées sur les techniques utilisées pour développer des systèmes d'information.

L'une des méthodes dite classique les plus utilisées est la méthode Merise. **Merise** se positionne comme une **méthode de conception de Système d'Information organisationnel**, plus tournée vers la compréhension et la formalisation des besoins du métier que vers la réalisation de logiciel. Cette méthode reste un classique en tant que méthode de conception des Systèmes d'Information et propose une démarche méthodologique de développement. De notre point de vue, sur la seule partie des formalismes, Merise est adaptée à la modélisation des données en vue de la construction d'une base de données relationnelle. Merise se réclame plus de l'ingénierie du Système d'Information métier que du génie logiciel.

Depuis quelques années, l'approche orientée objet est de plus en plus utilisée, car elle permet de considérer le système d'information comme une collection d'objets interdépendants qui fonctionnent ensemble pour exécuter des tâches. Un objet est vu comme un élément du système qui peut répondre à des messages. L'idée de l'approche objet est dans un premier temps de définir tous les objets qui travaillent ensemble dans le système. Ensuite, il s'agit de montrer comment ils interagissent entre eux pour exécuter des tâches.

Le langage **UML** (Unified Modelling Language) s'est imposé comme standard à utiliser en tant que langage de modélisation objet. UML, de par son origine (la programmation objet) s'affirme comme un ensemble de formalismes pour la **conception de logiciel**. C'est la méthode idéale pour concevoir et déployer une architecture logicielle développée dans un langage objet (Java, C++, VB.net).

Aujourd'hui, le courant objet est une réalité incontournable dans le monde des méthodes de conception et de développement des Systèmes d'Information. Toutefois, la modélisation des données via le formalisme « Entité Relation » de Merise est plus sophistiquée que le modèle de classe d'UML et garantit une plus grande fiabilité lors du passage au modèle logique et physique de la base de données. De nombreux systèmes développés aujourd'hui combinent les technologies classiques et orientées objets [Satzinger, 04], nous nous proposons donc d'utiliser ces deux méthodes de manière complémentaire. Dans un premier temps, notre analyse UML va nous permettre de poser de manière claire à quels besoins doit répondre SINERGIE, comment le système devra se comporter et structurer l'architecture logicielle. Ensuite, l'analyse Merise sera plus facile, notamment grâce au travail de modélisation général fait avec UML pour modéliser le Système d'Information.

II.4 Approche Objet UML

UML permet de modéliser de manière claire et précise la structure, le comportement d'un système indépendamment de toute méthode, de tout langage de programmation et de toute plateforme de réalisation. Il est devenu un outil puissant qui s'est révélé très efficace dans la formalisation des connaissances, par exemple pour comprendre un système complexe (voir l'exemple du système « incendie de forêt » [Guarnieri *et al.*, 04], où le modèle permet de mieux comprendre le phénomène, d'en prédire et d'en limiter les dégâts).

La puissance de ce langage réside dans la démarche d'abstraction proposée : représenter dans un langage objet notre façon de raisonner. Cette représentation est ensuite plus facile à transposer en langage informatique.

L'approche objet porte trois regards différents sur le système que l'on cherche à modéliser : **l'analyse**, la **conception** et la **programmation** [Muller *et al.*, 00].

Analyse

L'analyse objet essaie de comprendre, d'expliquer et de représenter la nature du système. Elle identifie le « quoi faire », c'est-à-dire les besoins des utilisateurs. L'analyse se poursuit par l'identification des objets et des classes du système, et par la représentation des interactions entre ces objets. Un objet représente une entité du monde réel qui se caractérise par une **identité**, un **état**

et un **comportement**. L'identité d'un objet est la propriété qui permet de le distinguer par rapport aux autres objets. Son état correspond aux valeurs de tous ses attributs à un instant donné. Son comportement est défini par l'ensemble des opérations qu'il peut exécuter en réaction aux messages en provenance d'autres objets.

Conception

Lors du passage à la conception, les modèles produits lors de la phase d'analyse sont enrichis pour décrire le « comment faire », c'est-à-dire que l'on va rendre possible les désirs de l'utilisateur exprimés dans le « quoi faire » en prenant en compte le domaine d'application et les contraintes de réalisation. La conception consiste à définir l'architecture logicielle, c'est-à-dire les éléments qui constituent le noyau, la base du développement définissant la forme générale de l'application. L'analyse et la conception se chevauchent puisque les diagrammes petit à petit ne représentent plus les objets du domaine mais reflètent le « comment faire ».

Programmation

La programmation en langage objet constitue le dernier maillon de la chaîne et reste le moyen le plus efficace pour traduire en langage informatique le travail de conception.

UML permet la description d'un système à l'aide de neuf diagrammes :

Les diagrammes de cas d'utilisation pour décrire les fonctions du système du point de vue de l'utilisateur. Cette étape permet de comprendre, d'expliquer et de représenter les besoins des utilisateurs ;

Les diagrammes d'interaction modélisent un comportement dynamique entre objets qui se traduit par l'envoi de messages entre objets. Nous utiliserons deux catégories de diagrammes d'interactions :

Les diagrammes de collaboration car ils représenteront de façon spatiale les rôles joués par les objets et les interactions entre ces objets via l'envoi de messages ;

Les diagrammes de séquence insisteront sur une interaction entre objet via la chronologie des échanges de message ;

Les diagrammes d'état transition montrent les différents états des objets et leurs réactions par rapport aux événements ;

Les diagrammes d'activités donnent un enchaînement des activités propres à un cas d'utilisation ;

Les diagrammes de déploiement décrivent l'architecture technique du système ;

Les diagrammes de composants représentent les composants logiciels du système et leurs dépendances dans l'environnement de réalisation (ils ne sont utilisés que pour des systèmes complexes) ;

Le diagramme d'objets représente les instances des classes, c'est-à-dire une situation concrète à un instant donné ;

Le diagramme de classes représente la structure statique du système sous forme de classes et de relations entre classes. Il constitue la partie pivot de la modélisation.

UML est un langage de modélisation et ne propose pas de méthode de modélisation. Nous sommes libres de choisir les diagrammes que nous allons utiliser. Il est vrai que le choix des diagrammes dépend en réalité du type de l'application à modéliser et de nos habitudes de développement. Notre objectif dans l'utilisation de ce langage est de produire le diagramme des classes destiné à être le modèle de notre Système Interactif d'Aide à la Décision. Ce diagramme se présente sous la forme d'un ensemble de classes. Une classe est l'abstraction d'un ensemble d'objets et représente leur structure (les attributs), leur comportement (liste d'opérations) et leurs relations avec les autres classes.

Les utilisateurs de SINERGIE sont confrontés à une masse conséquente d'informations, c'est pourquoi nous nous proposons de produire les diagrammes de cas d'utilisation afin de structurer les besoins des utilisateurs et d'exprimer ce que chaque acteur attend du système. Nous allons nous

servir de ces diagrammes comme fil conducteur tout au long de la modélisation. Les cas d'utilisation restent une description fonctionnelle des besoins : la première étape consiste à établir la liste des acteurs et décrire précisément leur rôle, la seconde consiste à représenter les interactions entre les acteurs et le système.

Le passage à la modélisation objet doit se faire en spécifiant chaque cas d'utilisation de façon à mettre en évidence les objets. Le comportement d'un cas d'utilisation peut se détailler en précisant pour chaque acteur les séquences d'interaction entre cet acteur et le système : c'est la description d'un scénario. Un scénario correspond donc à un ensemble d'échanges de messages entre les objets. Pour représenter ces scénarios, nous nous proposons d'utiliser les diagrammes d'interaction. Les diagrammes de collaboration décrivent quels objets interagissent en précisant les échanges de messages. Cependant, nous n'avons pas d'informations temporelles quant aux échanges de messages. Aussi, proposons-nous de compléter ces derniers par les diagrammes de séquence, lesquels décrivent la structure de la communication. Ces deux types de diagrammes sont complémentaires. Les collaborations insistent plus particulièrement sur les liens entre les objets de façon spatiale. Les séquences ne le permettent pas, mais apportent en revanche la notion de chronologie dans les échanges de messages.

II.4.1 Les acteurs

Les acteurs du système sont :

Le District enregistre les entretiens courants, les anomalies détectées sur le réseau. Ce sont les entités opérationnelles du terrain, les Districts sont donc également amenés à faire des propositions de travaux. Ils consultent toutes les informations concernant les bilans de santé et les opérations en cours pour tous les domaines métiers sur leur district ;

Le Conducteur d'Opération (COP) est responsable de la gestion et de la maintenance de l'ensemble des éléments de patrimoine de son domaine métier. Il enregistre les bilans de santé (dans le cas des chaussées où l'outil de gestion des chaussées doit être intégré à SINERGIE), évalue les opérations en urgence et propose un programme pluriannuel financier pour la réalisation des travaux au chef de service SVS. Il s'appuie sur les bilans de santé, les anomalies, les entretiens courants, les demandes des Districts pour évaluer l'urgence d'une opération ;

Le chef de service SVS s'appuie sur les évaluations en urgence des Conducteurs d'Opérations pour évaluer les opérations en priorité d'intervention. Il enregistre les budgets annuels dont il dispose pour chaque domaine et adapte les propositions des COP en conséquence. Il a accès à toutes les données enregistrées dans le système, des bilans de santé aux propositions de planification ;

Le Directeur de l'Exploitation DEX valide les propositions du chef de service SVS et a accès à toutes les données dans les mêmes conditions que le chef de service ;

L'Administrateur du système gère la base de données, il est en charge d'enregistrer les données à mettre à jour annuellement (données trafic et zones d'accumulation d'accidents), gère les utilisateurs, et rajoute la définition d'un nouveau domaine métier SVS.

Accès aux données

Les acteurs n'ont pas tous les mêmes droits d'accès aux données.

Chaque District dispose d'un accès total aux données qu'il a enregistrées sur le patrimoine infrastructure dont il a la charge d'exploitation. En revanche, un District ne peut pas avoir accès aux mêmes informations précitées sur un autre district.

Chaque COP dispose d'un accès total à toutes les données relatives aux évaluations des Urgences pour les opérations dont il est en charge. Il a également accès aux données de tous les Districts uniquement pour son domaine d'intervention SVS. En effet, le COP doit avoir une vision globale du réseau concernant son métier. Un COP ne peut avoir accès aux données d'un autre COP, ni à celles des Districts relevant d'un autre domaine SVS que le sien.

Le chef de service SVS et le Directeur de l'Exploitation disposent d'un accès total à toutes les données du Système d'Information afin d'avoir une vision globale du patrimoine infrastructure.

Tous les intervenants à tous les niveaux fonctionnels ont accès aux résultats des évaluations en priorité d'intervention des opérations les concernant ainsi qu'à la proposition de planning pluriannuel qui en découle. Les seules personnes habilitées à modifier le planning sont le chef de service SVS et le Directeur de l'Exploitation.

II.4.2 De la description des fonctions du système au modèle objet

Reprenons les cinq grandes fonctions décrites au début de cette section : **administration**, **enregistrement / consultation**, **évaluation**, **analyse** et **aide à la planification**. Elles vont être décrites dans les diagrammes de cas d'utilisation qui vont suivre. Ces derniers vont également nous permettre de structurer les besoins et de procéder à l'analyse du « qui fait quoi ». Le diagramme des cas d'utilisation général à la Figure 19 représente tous les acteurs de la décision au sein du service SVS ainsi que les grandes fonctions du système.

L'administrateur du système a une fonction globale de gestion du système d'information qui est déconnectée des autres fonctions. En effet, il est le garant de son bon fonctionnement, ce dont dépendent toutes les autres fonctions. Les fonctions d'enregistrement / consultation sont celles où l'on manipule les données liées à la description de l'état du patrimoine et de son environnement : d'une part les fonctions d'enregistrement des mesures, regroupant les bilans de santé, les entretiens courant et les anomalies, ainsi que l'enregistrement des travaux ; d'autre part, la fonction surveiller le patrimoine comprend les fonctions de consultations correspondantes. C'est sur l'analyse de ces données (les mesures enregistrées via la fonction précédente) que le Conducteur d'Opération crée une opération d'entretien, d'amélioration ou de mise à niveau. Les fonctions d'évaluation comprennent donc la création d'une opération et un ensemble de fonctions en permettant ensuite le traitement (évaluer les opérations : évaluation en urgence par le COP responsable, puis évaluation en priorité par le chef de service SVS). Ensuite, le Conducteur d'Opération responsable de l'opération, le chef de service et le DEX ont la possibilité d'utiliser les fonctions d'analyse et de justification des évaluations. Enfin, le chef de service et le DEX doivent planifier ces opérations évaluées.

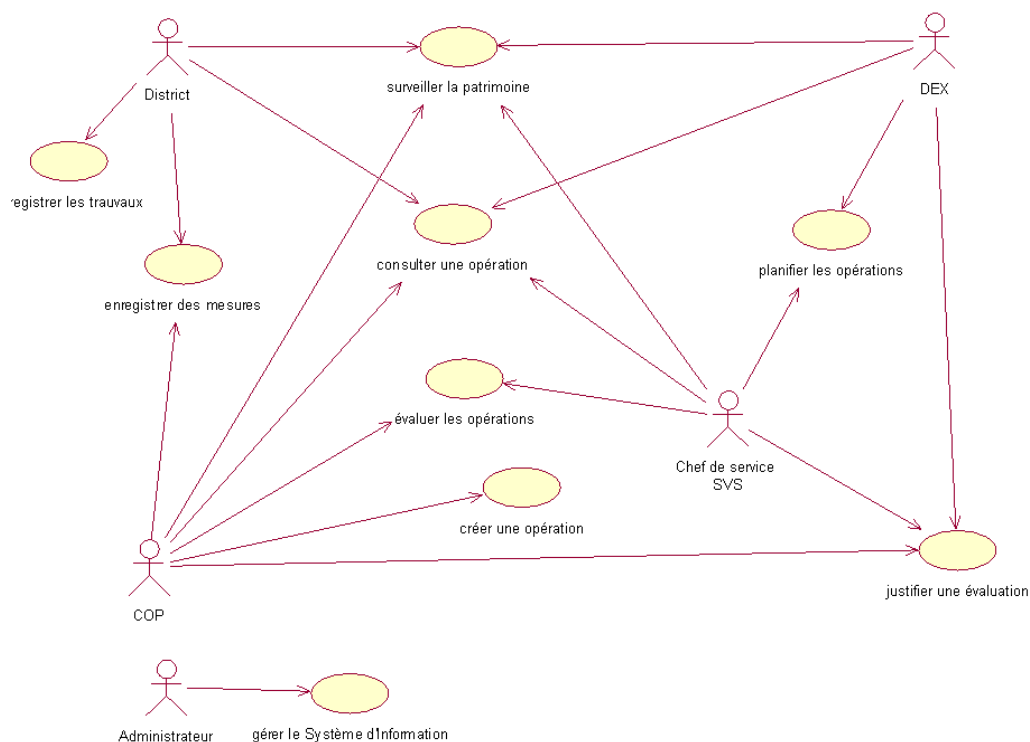


Figure 19 : le diagramme général des cas d'utilisation

Nous allons maintenant détailler dans les sous-sections suivantes les cas d'utilisation de la Figure 19 que nous venons de voir dans des sous diagrammes de cas d'utilisation.

II.4.2.1 Surveiller le patrimoine

La surveillance du patrimoine se fait via la consultation des données relatives à l'état de l'infrastructure lorsque les bilans de santé sont disponibles. Les anomalies détectées constituent un élément important car elles peuvent être une indication de la présence d'un symptôme d'une pathologie (cf. Figure 25). De plus, via un historique, cela permet de voir si une anomalie se reproduit de façon récurrente sur un EP. La réalisation des entretiens courant (cf. Figure 26) permet d'entretenir les ouvrages et constitue un traitement préventif. Toutes ces fonctions relatives à la surveillance sont représentées dans le diagramme de cas d'utilisation Figure 20.

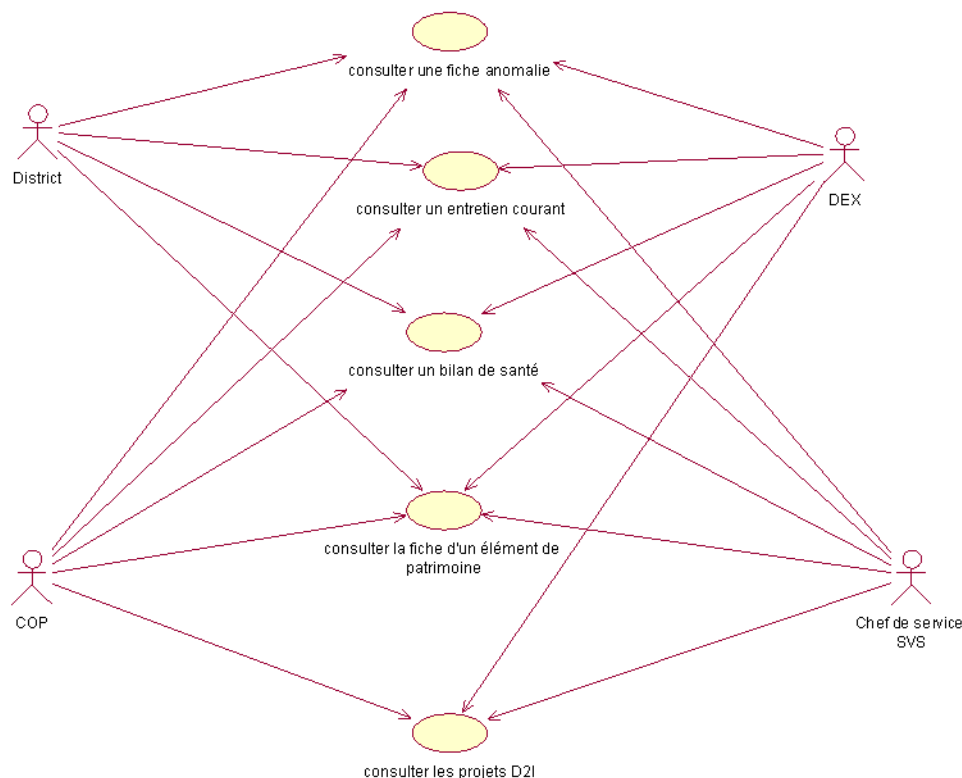


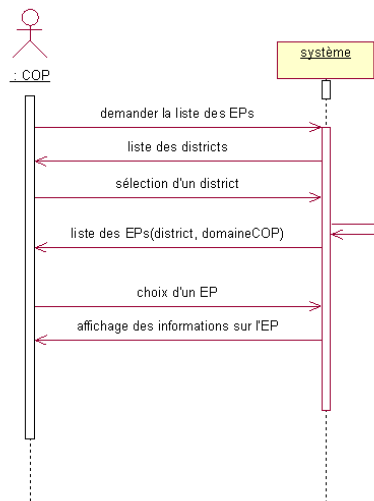
Figure 20 : la fonction de surveillance du patrimoine

Les données des consultations sont liées à un élément de patrimoine. Chaque utilisateur peut consulter la fiche identité d'un élément de patrimoine. Il s'agit de fonctions de consultations, dont les droits d'accès aux informations sont précisés en II.4.1. La Figure 21 détaille l'enchaînement des échanges avec le système pour pouvoir afficher les informations relatives à un élément de patrimoine. Le Conducteur d'Opération, pour consulter un élément de patrimoine, doit le sélectionner dans la liste des éléments de patrimoine dont il est responsable. Le nombre d'éléments de patrimoine étant important, le système propose au COP de les trier par District et lui renvoie la liste des Districts. Après avoir sélectionné un District, le système affiche la liste des éléments de patrimoine dépendant du COP correspondant. Le COP n'a plus qu'à sélectionner celui qui l'intéresse. La Figure 23 diffère légèrement de la sélection du COP Figure 21. En effet, par définition, il a accès uniquement aux éléments de patrimoine dépendant de son District, le système lui propose donc de trier les éléments de patrimoine par domaine métier.

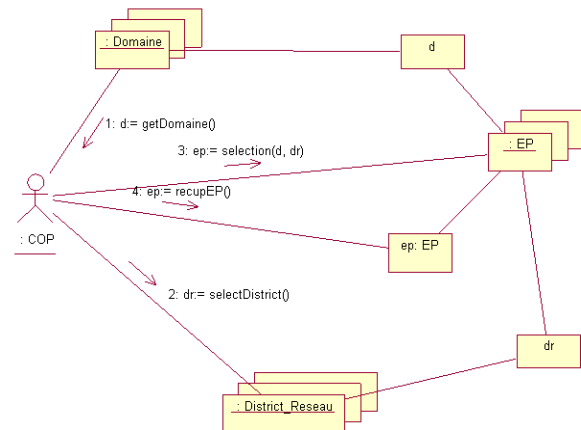
Le diagramme de séquence Figure 21 est complété par une représentation spatiale en Figure 22. Les deux premières actions du COP sont respectivement de récupérer le domaine dont il est responsable

et de sélectionner un District. Ensuite, il demande la liste des éléments de patrimoine pour ce District et ce domaine métier pour sélectionner un élément de patrimoine. L'action numéro quatre correspond à la récupération des informations de l'élément de patrimoine choisi pour affichage. Les diagrammes de collaboration Figure 22 et

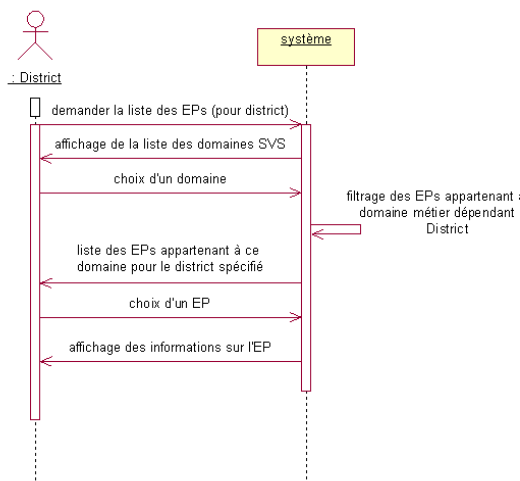
Figure 24 complètent les diagrammes de séquences Figure 21 et Figure 23 en montrant clairement que tout élément de patrimoine est défini pour un domaine métier et appartient à un seul District.



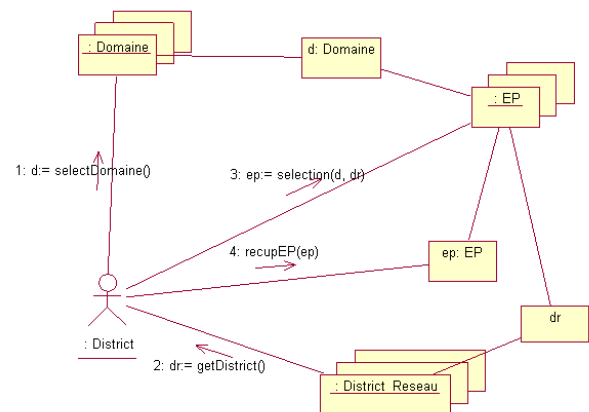
**Figure 21 : diagramme de séquence
consulter la fiche d'un EP (COP)**



**Figure 22 : diagramme de collaboration
consulter la fiche d'un EP (COP)**



**Figure 23 : diagramme de séquence
consulter la fiche d'un EP (District)**



**Figure 24 : diagramme de collaboration
consulter la fiche d'un EP (District)**

L'analyse est identique pour la consultation des anomalies et des entretiens courants. Une anomalie (respectivement un entretien courant) définit un défaut (respectivement un entretien) relativement à un élément de patrimoine. Les Figure 25 et Figure 26 représentent l'accès à une anomalie et un entretien courant pour un District. Comme pour la consultation d'un élément de patrimoine (

Figure 24), le District récupère la liste des anomalies et entretiens courants enregistrés pour son District pour le domaine métier qu'il a au préalable choisi. Ces deux diagrammes de collaboration ci-dessous mettent en évidence que la récupération d'une fiche anomalie ou entretien courant implique la récupération de l'élément de patrimoine concerné. Ainsi, nous venons d'introduire deux nouveaux objets, « Anomalie » et « Entretien Courant », ainsi que leurs liens utiles pour la construction de notre diagramme de classes.

Pour la suite de notre étude, nous ne détaillerons pas les diagrammes de collaboration et de séquence pour chaque cas d'utilisation. En effet, nous allons insister sur les diagrammes mettant en lumière un nouvel objet ou de nouveaux liens entre les objets dans l'objectif de construire le diagramme des classes.

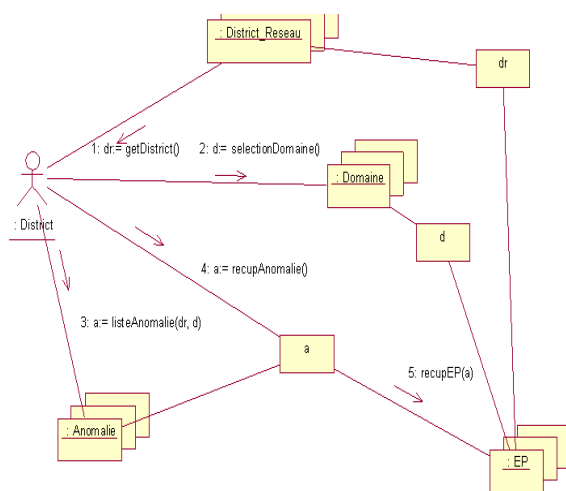


Figure 25 : consulter une fiche anomalie

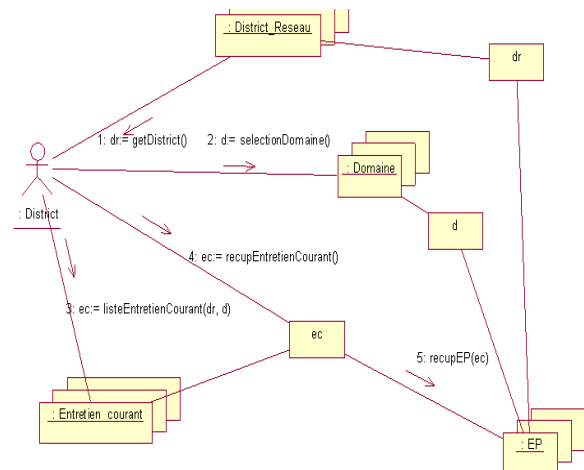


Figure 26 : consulter une fiche entretien courant

II.4.2.2 Enregistrer des mesures

Les enregistrements de mesures sur l'état de l'infrastructure sont détaillés Figure 27 et concernent l'insertion d'anomalies, d'entretiens courants ou de bilans de santé.

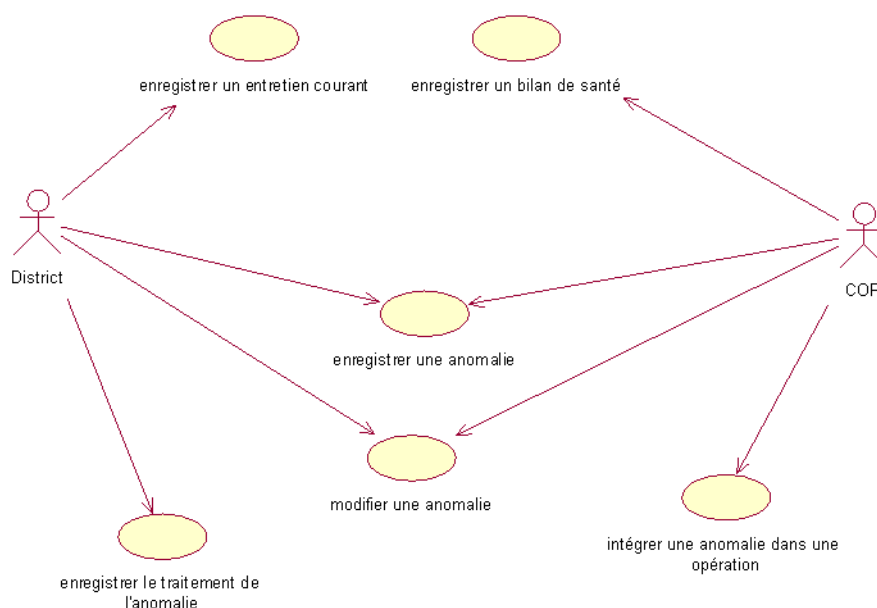


Figure 27 : enregistrer des mesures

Dans le cas où une pathologie est détectée par un District sur un élément de patrimoine, ce dernier enregistre une fiche anomalie. Le diagramme de séquence (cf. Figure 28) montre bien toutes les étapes précédant le remplissage de la fiche, notamment la sélection du domaine d'intervention, la sélection de l'élément de patrimoine concerné parmi ceux du domaine choisi. Le diagramme de collaboration de la Figure 29 met en évidence les échanges de messages entre l'acteur (i.e., le District) et les objets « Anomalie » et « EP » et confirme les liens entre ces objets vus à la Figure 25.

Une fois la fiche anomalie enregistrée, deux cas se présentent :

- soit le District traite l'anomalie directement et, dans ce cas, il enregistre le traitement effectué ;
- soit cette anomalie peut être traitée dans le cadre des travaux d'une opération programmée, le COP concerné devra l'intégrer dans une opération. Ainsi, pour savoir s'il existe une telle opération, il faut rechercher toutes les opérations dont la localisation PR contient celle de l'anomalie (cf. Figure 32).

Les Districts sont en charge de l'entretien courant sur le réseau (cf. Figure 30). L'entretien courant concerne toutes les opérations qui demandent peu de moyens et de technicité. Dans le cas des Ouvrages d'Art, l'entretien comprend des tâches de nettoyage des dispositifs d'évacuation des eaux, le nettoyage des joints de chaussées ou encore l'enlèvement de végétation. Les entretiens courants sont très importants. En effet, le défaut d'entretien peut être à l'origine de l'apparition de pathologies. Par exemple, le curage des gargouilles sur un Ouvrage d'Art permet d'éviter l'apparition de problèmes de drainage. Le diagramme de collaboration

Figure 31 est similaire à celui de l'enregistrement d'une anomalie Figure 29 car ils sont tous deux définis pour un élément de patrimoine.

Dans le cadre du suivi annuel des chaussées, des mesures caractérisant l'état de la chaussée sont effectuées (cf. Annexe 2) : la hauteur au sable, le coefficient de frottement transversal, l'orniérage, les fissures, etc. Ne disposant pas d'outil de gestion des chaussées, nous avons décidé de mettre en place une procédure d'intégration dans SINERGIE de ces mesures. La fonction « enregistrer un bilan de santé » (cf. Figure 33) concerne donc spécifiquement les chaussées. Un format de fichier présenté en Annexe 4 a été défini et nous avons demandé au CETE Méditerranée de nous fournir les données de mesures selon ce format. L'objectif est de pouvoir restituer à partir de ces données une vision globale des chaussées.

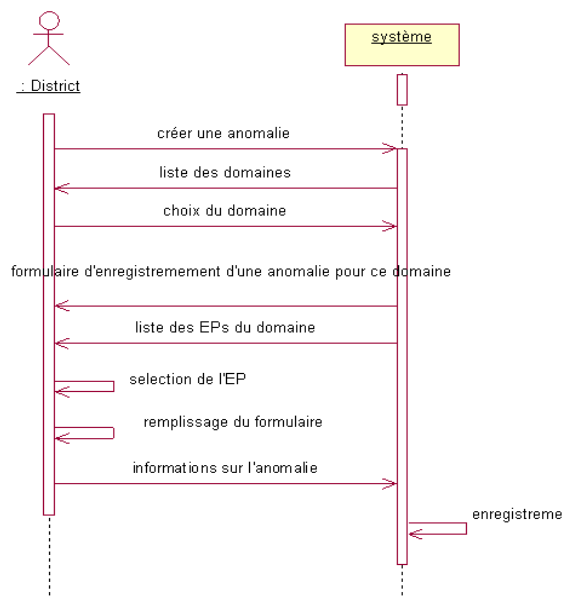


Figure 28 : enregistrer une anomalie (diagramme de séquence)

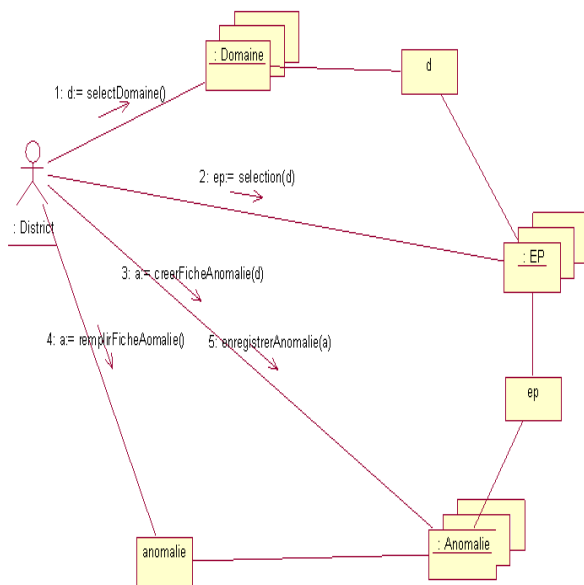


Figure 29 : enregistrer une anomalie (diagramme de collaboration)

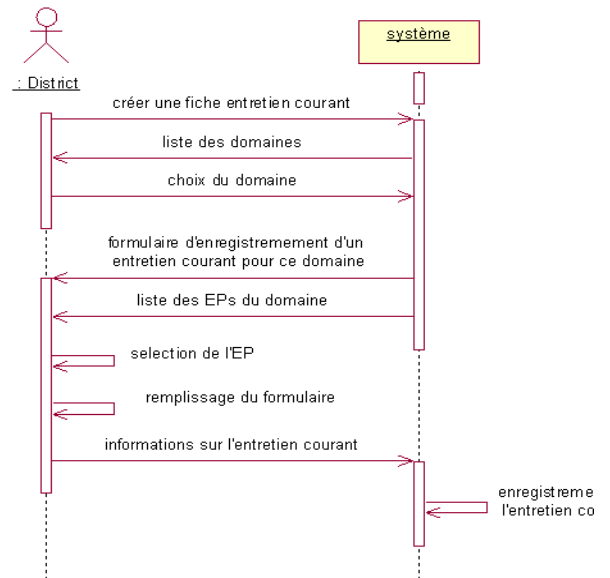


Figure 30 : enregistrer un entretien courant (diagramme de séquence)

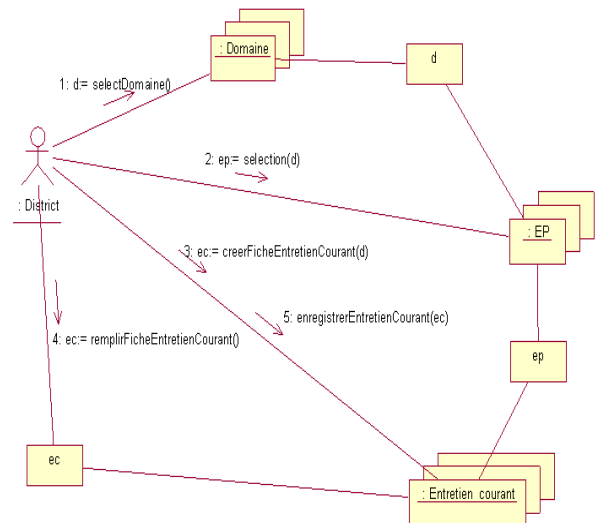


Figure 31 : enregistrer un entretien courant (diagramme de collaboration)

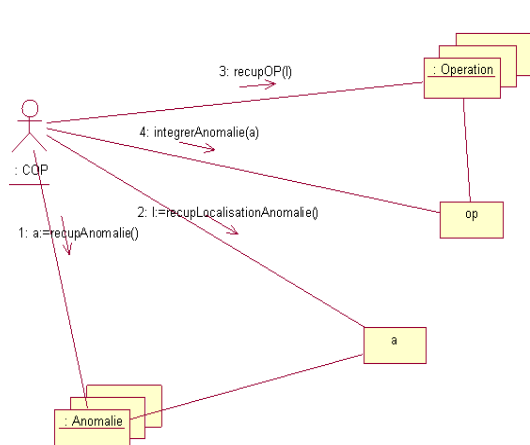


Figure 32 : intégrer une anomalie à une opération

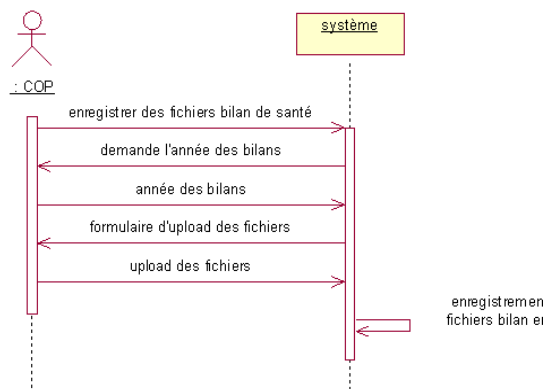


Figure 33 : enregistrer un bilan de santé

Si nous résumons notre étude à ce stade, parmi tous ces diagrammes, l'objet **EP** est un élément central. Il est défini pour un **Domaine** métier et appartient à un unique **District**. Les **Anomalies**, **Entretiens Courant** et **Bilans de santé** sont liés à un élément de patrimoine car ils fournissent des éléments d'information et d'état. Nous disposons ici des objets définissant notre réseau ainsi que ceux apportant les données consultables sur l'état des EP. Nous allons maintenant nous intéresser aux opérations qui vont être créées suite à la consultation de ces informations ainsi qu'à leur évaluation.

II.4.2.3 Créer une opération

Nous détaillons ici le cas d'utilisation « créer une opération » de la Figure 19. Une opération concerne un domaine métier et a donc un unique responsable : le Conducteur d'Opération (cf. Figure 34).

Définition d'une opération : c'est la description de travaux d'entretiens, d'amélioration ou de mise à niveau à réaliser sur un ou plusieurs éléments de patrimoine. Elle appartient à un domaine métier SVS.

Cette définition d'une opération est générale de façon à permettre à l'expert métier de rajouter des éléments de patrimoine à une opération. Considérons par exemple les deux opérations suivantes. La première résulte d'un diagnostic sur un ensemble de garde-corps pour lesquels une nouvelle norme impose un traitement pour ceux dont la hauteur et le barreaudage ne sont plus conformes. La seconde définit un traitement d'orniérage de chaussée du PR_i au PR_{i+k} dû à l'importance du trafic poids lourd. La première concerne un ensemble d'éléments de patrimoine (garde-corps) tandis que la seconde traite de la section de chaussée entre le PR_i au PR_{i+k} . C'est la raison pour laquelle la création d'une opération (cf. Figure 35) n'est pas liée aux éléments de patrimoine.

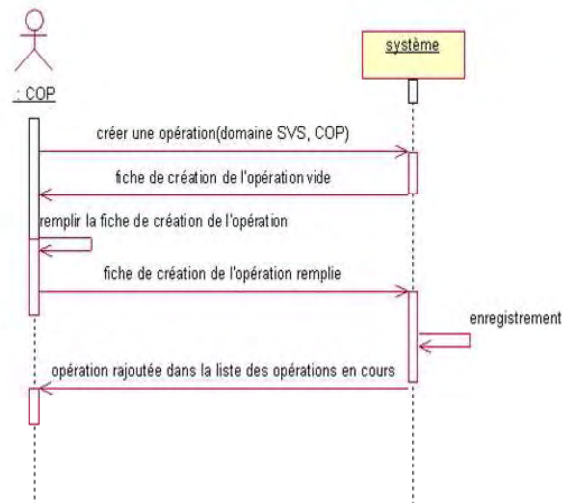


Figure 34 : création d'une opération
(diagramme de séquence)

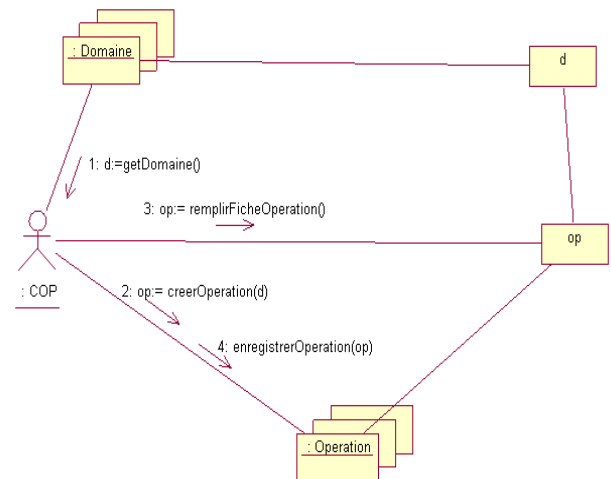


Figure 35 : création d'une opération
(diagramme de collaboration)

Les propriétés suivantes devront être exprimées dans notre diagramme des classes final :

- une opération concerne un ou plusieurs éléments de patrimoine ;
- un élément de patrimoine peut être concerné par une ou plusieurs opérations ;
- une opération appartient à un seul domaine métier SVS.

II.4.2.4 Évaluer une opération

Le cas d'utilisation « évaluer une opération » de la Figure 19 est le cœur du processus d'aide à la décision. Une fois que l'opération est créée, on peut procéder aux évaluations dont la décomposition correspond aux cas d'utilisation de la Figure 36. Comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, une opération peut concerner un ou plusieurs éléments de patrimoine. Chaque élément de patrimoine est évalué en urgence d'intervention par le COP responsable, puis en priorité par le chef de service.

La méthode d'évaluation d'un élément de patrimoine que nous proposons repose sur une procédure d'analyse et d'agrégation multicritère qui sera présentée au chapitre suivant. Ainsi, l'évaluation d'un EP dans le cadre d'une opération correspond à l'association d'un score partiel selon chaque critère d'évaluation propre à l'un des agents du processus décisionnel et au calcul du score global via un opérateur d'agrégation qui, dans notre prototype actuel, est une moyenne pondérée comme nous le verrons dans le chapitre suivant. Nous introduisons pour ce faire la notion de **fiche d'évaluation**.

Définition d'une fiche d'évaluation : c'est l'évaluation d'un élément de patrimoine dans le cadre d'une opération. Elle associe à chaque critère d'évaluation un score et un commentaire. L'évaluation globale (ou score global) de la fiche est le score agrégé des scores selon chaque critère d'évaluation propre à un niveau fonctionnel. Par convention, cette valeur est un réel dans [0,1].

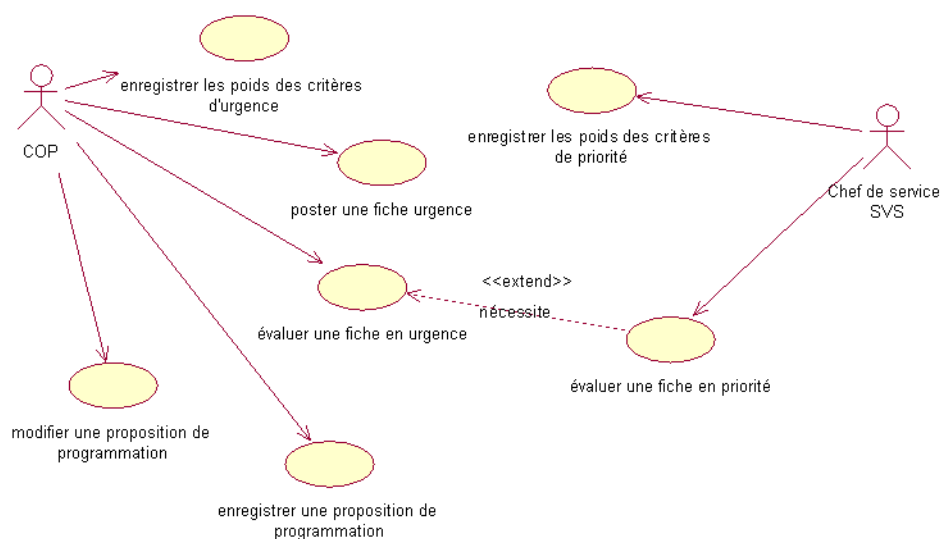


Figure 36 : évaluer une opération

De ce fait, pour chaque EP de l'opération, le COP doit remplir une fiche d'évaluation dont le score global est l'urgence d'intervention de cet EP dans le cadre de l'opération (cf. Figure 37).

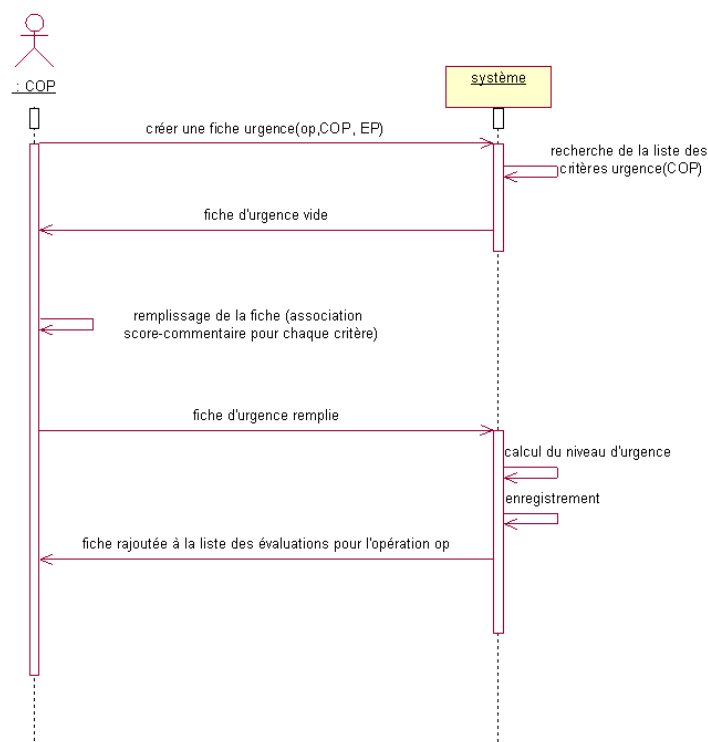


Figure 37 : évaluer une fiche en urgence

Pour que ces évaluations soient possibles, il faut au préalable paramétrer notre opérateur d'agrégation, i.e. la moyenne pondérée dans la version actuelle de SINERGIE : cela implique l'enregistrement des poids pour chaque critère d'évaluation en urgence (cf. Figure 38), et en priorité. Nous reviendrons dans le chapitre suivant sur la méthode d'identification des paramètres nécessaires à la procédure d'agrégation.

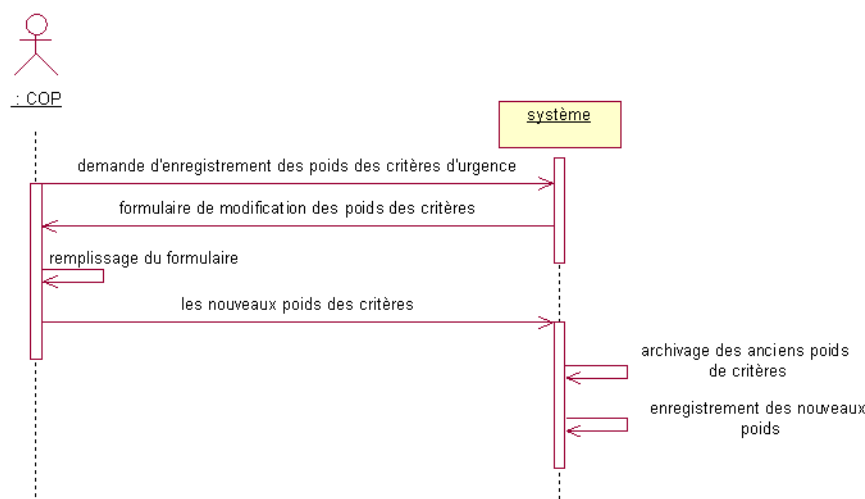


Figure 38 : enregistrer les poids des critères d'urgence

Une fois le niveau d'urgence calculé (score global), le COP peut proposer une programmation à un niveau macro des travaux : proposer une programmation pluriannuelle de la réalisation des travaux et une valorisation annuelle par type d'imputation budgétaire (cf. Figure 39). Le COP a la possibilité de modifier ses propositions tant qu'il n'a pas **posté** sa fiche pour validation par le chef de service SVS (cf. Figure 40).

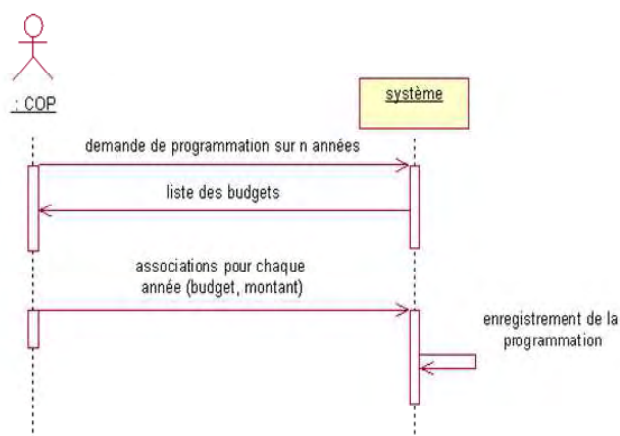


Figure 39 : enregistrer une programmation de planification

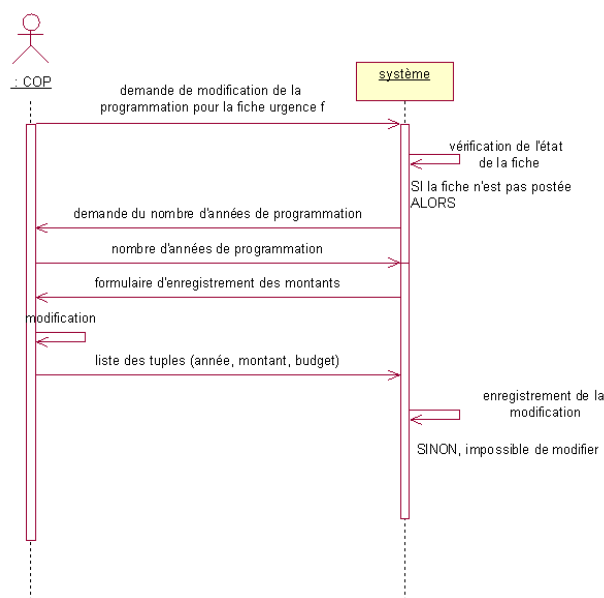


Figure 40 : modification d'une programmation de planification

Les fiches évaluées en urgence d'intervention sont ensuite soumises à validation par le chef de service SVS. Une fois que le COP a terminé ses évaluations et qu'il ne souhaite plus les modifier, il les transmet au chef de service SVS pour évaluation en priorité d'intervention : c'est l'action de **poster une fiche d'évaluation**.

L'évaluation en priorité se fait alors en associant un score partiel à chaque critère de priorité (i.e. relatif au chef de service SVS) pour calculer le score global agrégé de priorité (cf. Figure 41).

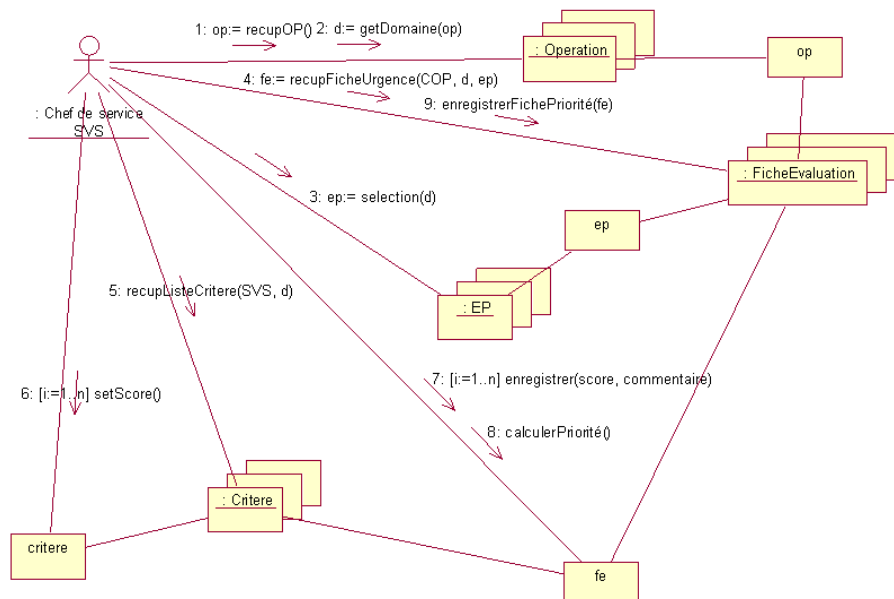


Figure 41 : évaluer une fiche en priorité

II.4.2.5 Consulter une opération

Pour consulter une opération, le COP récupère d'abord la liste des opérations en cours pour son domaine, le District celle des opérations tout domaine confondu concernant son District. Le chef de service SVS récupère la liste intégrale de toutes les opérations en cours. Après avoir sélectionné une opération, le système récupère la liste des fiches d'évaluation qui y sont rattachées ainsi que les propositions de planification de travaux enregistrées par le COP pour chaque fiche (cf. Figure 42).

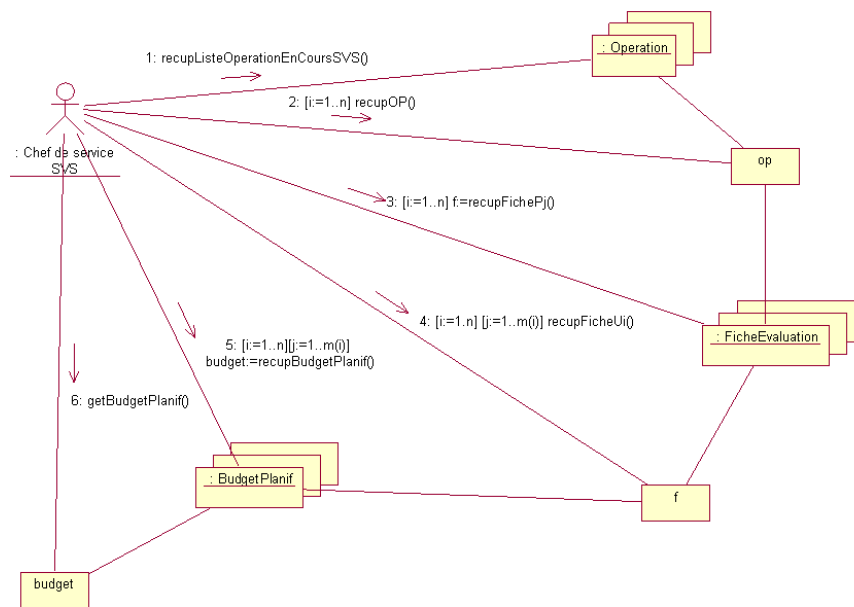


Figure 42 : récupérer la liste des opérations en cours (pour le chef de service SVS)

II.4.2.6 Justifier une évaluation

Justifier l'attribution d'un niveau d'urgence ou de priorité signifie, comme nous le verrons sous un angle plus mathématique dans le chapitre suivant, identifier les critères qui ont été déterminants dans l'attribution de ce score—i.e., ceux qui ont eu l'influence la plus significative lors de l'évaluation. Cette fonction permet à l'utilisateur de connaître la contribution de chaque critère dans le calcul de la note globale attachée à une fiche d'évaluation. L'auteur de la fiche a accès à la justification de son évaluation (cf. Figure 44). Ainsi, par exemple, le chef de service SVS et le DEX peuvent avoir recours à cette fonction pour comprendre quels critères ont prioritairement conduit le COP à attribuer tel ou tel score lors d'une évaluation (cf. Figure 43).

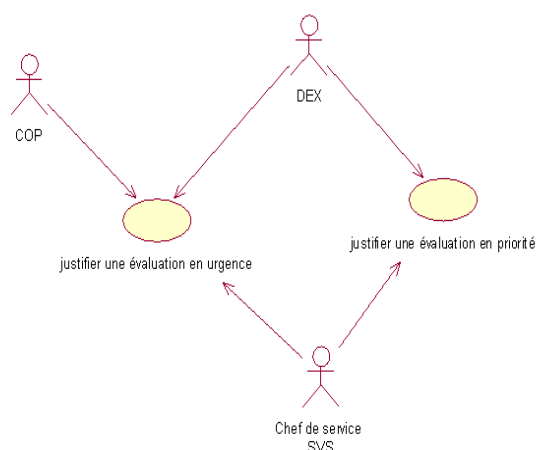


Figure 43 : justifier une évaluation

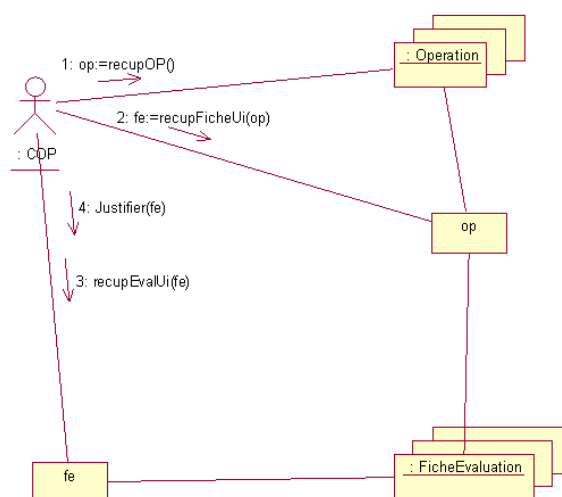


Figure 44 : justifier une évaluation en urgence

II.4.2.7 Planifier les opérations

Par délégation du Directeur d'Exploitation, le chef de service SVS définit et propose la politique d'entretien, de suivi et de réparation du patrimoine. Il suit l'évolution des différents ouvrages et propose des programmes d'entretien pluriannuels à l'approbation de la Direction d'Exploitation (cf. Figure 45). Il contrôle les dépenses correspondant à ces programmes, et peut ainsi modifier les propositions de planification faites par les COP lors de leurs évaluations en urgence. Il les transmet ensuite pour validation au Directeur d'Exploitation (cf. Figure 46 et Figure 47).

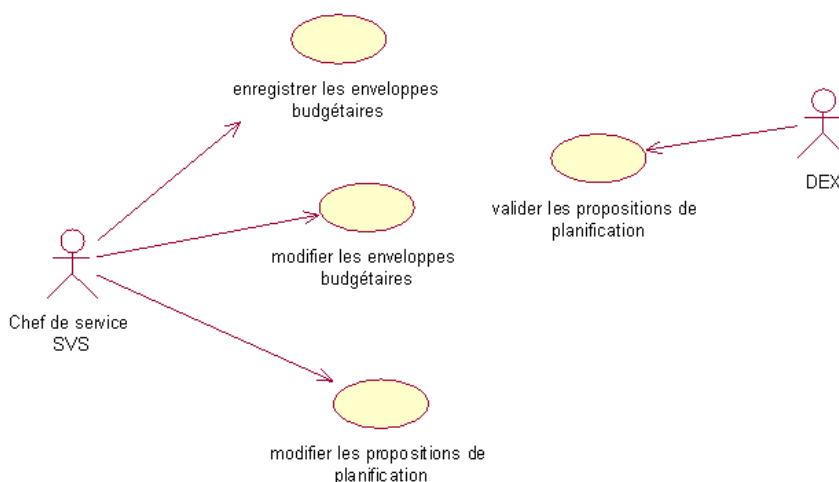


Figure 45 : planifier les opérations

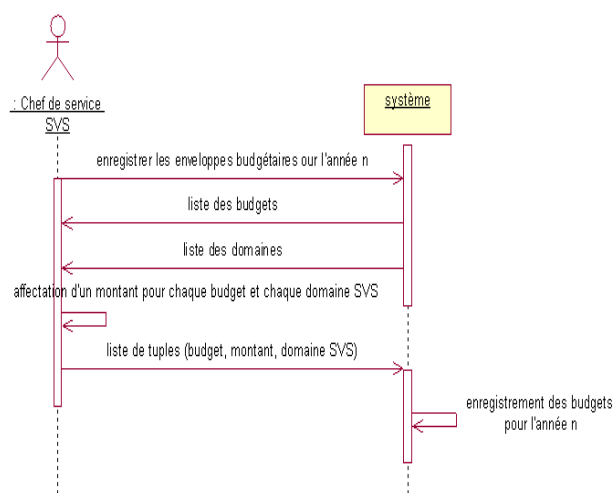


Figure 46 : enregistrer les enveloppes budgétaires

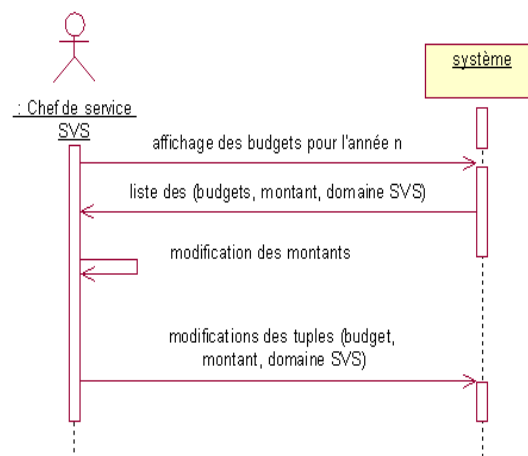


Figure 47 : modifier les propositions de planification

II.4.2.8 Gérer le système d'information

L'administrateur est le garant de la disponibilité et de la fiabilité des données. En effet, il a en charge non seulement la gestion des utilisateurs, mais il assure la gestion et la mise à jour des données trafic, zones d'accumulation d'accidents qui sont récupérées via d'autres services d'ESCOTA (cf. Figure 48).

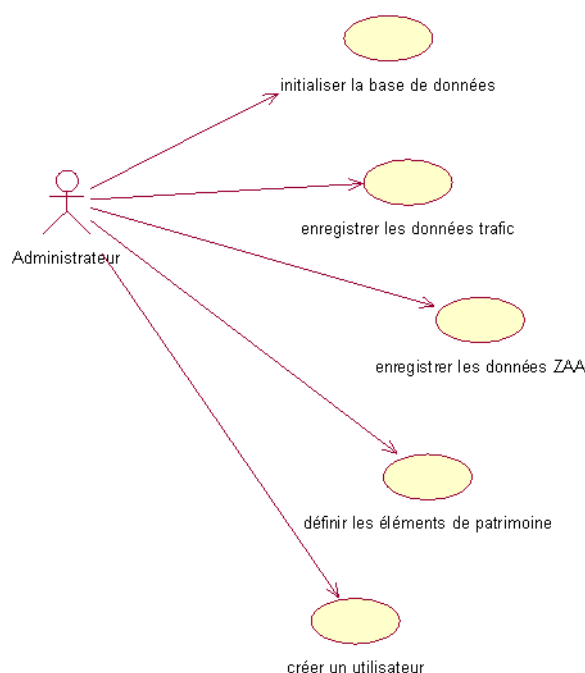


Figure 48 : gérer le système d'information

Les formats de fichiers des données de zones d'accumulations d'accidents et de trafic sont définis en interne à ESCOTA, une procédure de décodage de ces fichiers et d'insertion dans la base de données doit également être fournie. La procédure pour les données trafic est décrite Figure 49. La Figure 50 met en évidence qu'une donnée zaa est définie pour une localisation (i.e., elle est rattachée au réseau, sans distinction d'éléments de patrimoine).

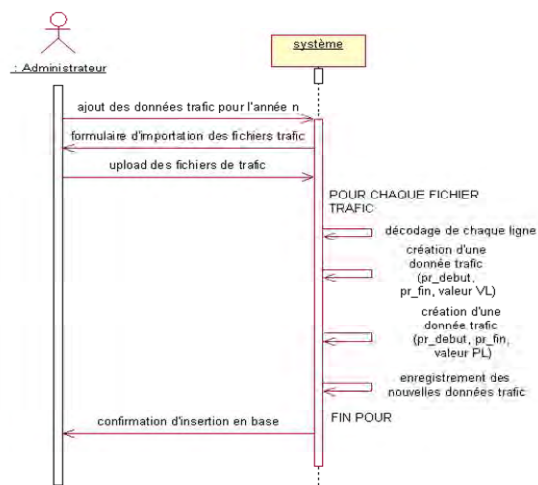


Figure 49 : insertion des données trafic

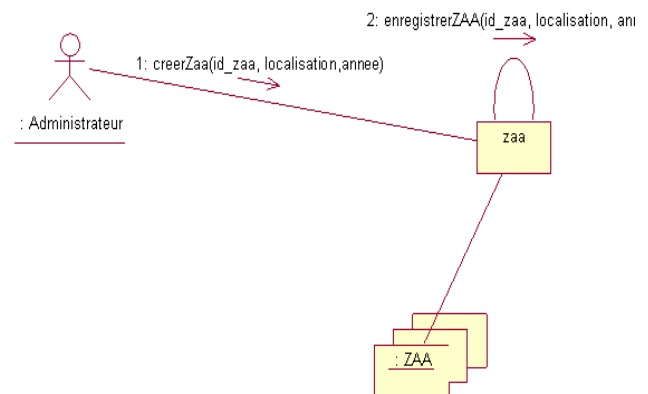


Figure 50 : insertion des données zaa

II.4.3 Modèle UML de SINERGIE (diagramme des classes)

Le diagramme des classes constitue un pivot essentiel dans la modélisation du système car il en donne une représentation statique. Cette représentation se base sur le concept de classe et d'association.

Le système que nous devons modéliser se compose de nombreux objets complexes en interaction. L'objectif du diagramme des classes est de regrouper les objets qui se ressemblent dans des structures de plus haut niveau d'abstraction : les classes.

Une classe décrit un groupe d'objet ayant les mêmes propriétés (attributs) et un même comportement (opérations). Une instance de cette classe est un objet défini par les attributs de la classe et dont le comportement est décrit par les opérations.

Ensuite, les liens qui lient les objets peuvent être représentés de manière abstraite dans le diagramme des classes. Pour chaque famille de liens entre les objets de deux classes correspond une **relation** entre les deux classes de ces deux objets.

On distingue 4 grands types de relations :

- **L'association** : elle représente le lien qui existe entre les instances de ces deux classes. Par exemple une association entre la classe « Autoroute » et « EP » permet d'associer chaque EP instance de la classe « EP » à une autoroute instance de la classe « Autoroute » ;
- **L'agrégation** : association permettant de représenter le lien de type « ensemble » comprenant des « éléments », c'est un lien structurel entre une classe et une ou plusieurs autres classes ;
- **La composition** est une relation d'agrégation dans laquelle il existe une contrainte de durée de vie entre les deux classes, où la suppression de la classe « composant » entraîne la suppression de la ou les classes « composé » ;
- **La généralisation** où on factorise les éléments communs aux classes « filles » pour les regrouper dans un classe « mère ». Chaque classe « fille » hérite donc des propriétés de la classe « mère » : c'est le principe de l'héritage où la superclasse est une abstraction de ses sous-classes.

L'analyse des diagrammes précédents va nous permettre maintenant d'établir la liste des classes. En effet, les diagrammes de collaboration ont fait apparaître les classes utiles à l'application. Les diagrammes de séquence proposent, quant à eux, la définition de chaque classe.

Cette analyse fait apparaître 4 catégories :

- La définition du réseau basée sur la notion d'autoroute, intervalle de PR et sens, avec les districts, les zones d'accumulation d'accidents et les données trafic. il s'agit d'éléments nécessitant une définition géographique via le tuple (autoroute, sens, PR de début, PR de fin);
- Informations relatives à un élément de patrimoine : les anomalies, entretiens courants, bilans de santé;
- Les informations relatives à un domaine SVS : les projets D2I/DT⁵, les budgets se rapportant à un domaine SVS ;
- Les opérations comprenant les fiches d'évaluation, les critères, les plannings budgétaires et les travaux.

Ces quatre catégories sont liées entre elles par au moins une classe. Un EP est défini sur le réseau par le tuple (autoroute, sens, PR de début, PR de fin) et appartient à un domaine métier. Nous avons déjà les trois premières catégories liées. A cela se rajoute l'opération qui est définie pour un domaine métier par un COP responsable, pour laquelle chaque fiche d'évaluation concerne un élément de patrimoine. A la suite de cette analyse, nous obtenons le diagramme des classes Figure 51 ci-dessous.

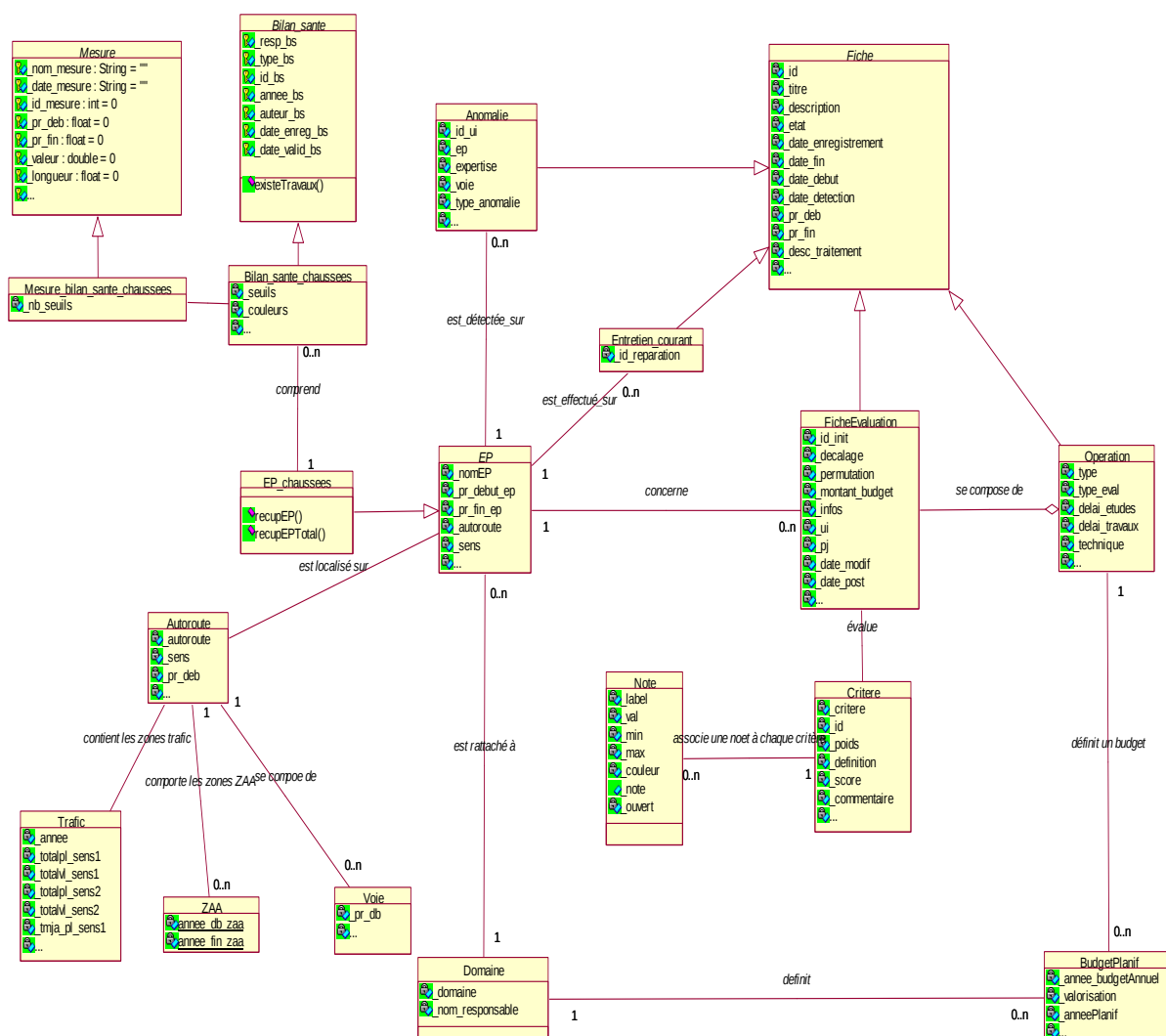


Figure 51 : le diagramme des classes

⁵ Ce sont les projets d'autres directions qui concernent la construction de nouveaux éléments sur le réseau (ex : élargissement de chaussée, extension, contournement, etc.)

Notons que nous avons considéré les domaines d'intervention définis à ce jour au sein du service SVS. L'avantage du modèle objet obtenu est qu'il est extensible à d'autres domaines d'intervention que ceux envisagés pour l'instant.

Le modèle du SI n'est pas directement déductible de celui du SIAD. Il y a un travail d'adaptation à faire (on peut également utiliser des outils pour le générer). Plutôt que de baser notre SI sur un modèle déduit d'un autre, nous avons choisi d'utiliser la méthode Merise pour obtenir le modèle du Système d'Information.

II.5 Modélisation du Système d'Information

Merise est non seulement une méthode de conception de Système d'Information, mais propose également une démarche méthodologique de modélisation (cf. Figure 52). Cette méthode est basée sur la séparation des données et des traitements à effectuer en plusieurs modèles conceptuels et physiques, ce qui assure une longévité au modèle (car les données n'ont pas à être souvent remaniées ce qui n'est pas le cas des traitements). Le Système d'Information est décrit suivant différents niveaux d'abstraction allant de l'abstrait vers le concret. On peut regrouper ces niveaux en deux ensembles :

- Les niveaux décrivant les préoccupations des utilisateurs :
 - o **le niveau conceptuel** : il s'agit de décrire « qui fait quoi » en faisant abstraction des contraintes de l'organisation ;
 - o **le niveau organisationnel** : représente l'ensemble des données en fonction des différents sites de l'organisation ;
- les niveaux prenant en compte la technologie informatique retenue.

Les niveaux prenant en compte la technologie informatique retenue.

Le formalisme de Merise permet de décrire de façon précise les données. Il est normalisé ISO sous le nom « **Entité Relation** ».

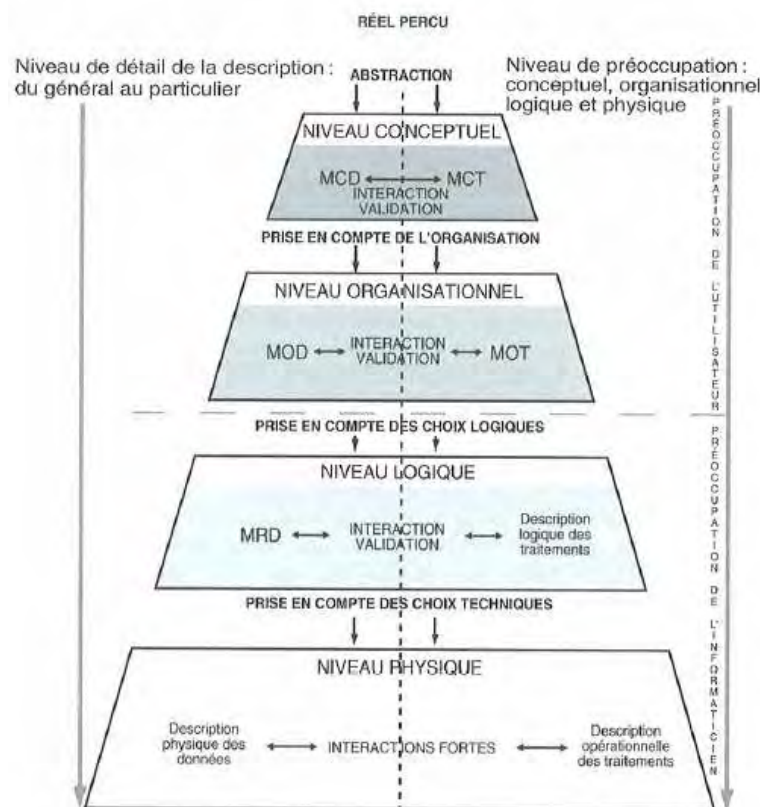


Figure 52 : les différents niveaux d'analyse de la méthode Merise [Gabay, 05]

Nous allons nous intéresser au premier ensemble, notamment au niveau conceptuel de représentation : **le Modèle Conceptuel des Données (MCD)**.

Le modèle conceptuel des données (**MCD**) a pour but d'écrire de façon formelle les données qui seront utilisées par le système d'information. Il s'agit donc d'une représentation des données, facilement compréhensible, permettant de décrire le système d'information à l'aide d'entités.

Une entité est la représentation d'un élément matériel ou immatériel ayant un rôle dans le système que l'on désire décrire.

On appelle **classe d'entité** un ensemble composé d'entités de même type, c'est-à-dire dont la définition est la même. Le classement des entités au sein d'une classe s'appelle *classification* (ou *abstraction*). Une entité est une *instanciation* de la classe. Chaque entité est composée de propriétés, données élémentaires permettant de la décrire.

Prenons par exemple une *Ford Fiesta*, une *Renault Laguna* et une *Peugeot 306*. Il s'agit de 3 entités faisant partie d'une classe d'entité que l'on pourrait appeler *voiture*. La *Ford Fiesta* est donc une instanciation de la classe *voiture*. Chaque entité peut posséder les propriétés *couleur*, *année* et *modèle*.

Les classes d'entités sont représentées par un rectangle. Ce rectangle est séparé en deux champs :

- le champ du haut contient le **libellé**. Ce libellé est généralement une abréviation pour une raison de simplification d'écriture. Il s'agit par contre de vérifier qu'à chaque classe d'entité correspond un et un seul libellé, et réciproquement ;
- le champ du bas contient **la liste des propriétés** de la classe d'entité.

Les cardinalités permettent de caractériser le lien qui existe entre une entité et la relation à laquelle elle est reliée. La cardinalité d'une relation est composée d'un couple comportant une borne maximale et une borne minimale, intervalle dans lequel la cardinalité d'une entité peut prendre sa valeur :

- la borne minimale (généralement 0 ou 1) décrit le nombre minimum de fois qu'une entité peut participer à une relation ;
- la borne maximale (généralement 1 ou n) décrit le nombre maximum de fois qu'une entité peut participer à une relation.

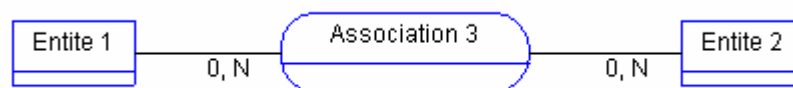


Figure 53 : exemple de relation entre 2 entités

Pour la construction du MCD du Système d'Information de SINERGIE, nous avons suivi une procédure en 4 étapes :

- **Inventaire des données** (cf. Tableau 3) et **contraintes** ;
- **Détermination des propriétés** : les données précédentes sont décomposées en données élémentaires qui sont les propriétés (cf. Tableau 4) ;
- **Détermination des entités** : regroupement des propriétés en objets ayant une cohérence interne ;
- Détermination des **relations** entre les entités en prenant en compte les contraintes.

II.5.1.1 Inventaires des données

Il s'agit de faire la liste exhaustive des éléments (ou attributs) qui sont utiles au fonctionnement de l'application. Pour chaque attribut, il s'agit de donner :

- son nom et une définition ;
- son type : élémentaire ou calculé ;

- les contraintes ou règles de calculs associés.

Voici ci-dessous une extraction du dictionnaire des données obtenues dans le Tableau 3.

nom	définition	type	contrainte ou règle de calcul
nomEP	nom de l'élément de patrimoine	élémentaire	
PR_debut_EP	PR de début de l'EP	élémentaire	
PR_fin_EP	PR de fin de l'EP	élémentaire	
PR_deb_localisation	PR de début de l'autoroute	élémentaire	
PR_fin_localisation	PR de fin de l'autoroute	élémentaire	
autoroute	nom de l'autoroute	élémentaire	
sens	sens de l'autoroute	élémentaire	$\in \{1,2\}$
nb_voies	nombre de voies correspondant de l'autoroute	élémentaire	entier > 0
nom_district	nom du district	élémentaire	
pr_district	pr de localisation du district	élémentaire	
autoroute_loc	autoroute sur laquelle se trouve la bastiment du district	élémentaire	
login_user_district	nom de connexion d'un utilisateur district	élémentaire	
passwd_user_district	mot de passe d'un utilisateur district	élémentaire	
nom_user_district	nom de l'utilisateur district	élémentaire	
prenom_user_district	prénom de l'utilisateur district	élémentaire	
dex	nom du directeur du réseau	élémentaire	
date_db_dex	date de prise de fonction du directeur	élémentaire	
date_fin_dex	date de fin d'exercice du directeur	élémentaire	
login_dex	nom de connexion du dex	élémentaire	
passwd_dex	mot de passe du dex	élémentaire	
id_svs	identifiant du chef de service svs	élémentaire	
chef_svs	nom et prénom du chef de service	élémentaire	
date_db_svs	date de début d'exercice du chef de service	élémentaire	
date_fin_svs	date de fin d'exercice du chef de service	élémentaire	
login_svs	nom de connexion du chef de service svs	élémentaire	
passwd_svs	mot de passe du chef de service svs	élémentaire	
id_env	identifiant de l'environnement	élémentaire	
zone_urbaine	type de zone urbaine	élémentaire	
zone_sismique	type de zone sismique	élémentaire	
topographie	type de topographie	élémentaire	

Tableau 3 : une partie du dictionnaire des données

II.5.1.2 Les règles de gestion

Il s'agit d'exprimer l'ensemble des contraintes et des règles que les données doivent respecter. Les règles de gestion pour notre Système d'Information sont énumérées au Tableau 4.

désignation	description de la règle	traitement
RG1	une opération concerne 1 ou plusieurs EP	mcd
RG2	un EP appartient à un seul domaine SVS	mcd
RG3	1 COP peut être responsable de plusieurs domaines	mcd
RG4	SVS se compose d'au moins 1 domaine	mcd
RG5	le planning est calculé en fonction des règles de dépenses et des budgets sur trois ans	mcd
RG6	le chef de service SVS évalue au moins une fiche priorité pour une opération en urgence Ui, i=1,2,3,	mcd
RG7	une fiche de priorité se compose d'un ensemble de critères priorité	mcd
RG8	A chaque critère priorité d'une fiche priorité sont associés un score et un commentaire	mcd
RG9	un COP évalue une ou plusieurs fiches urgence	mcd
RG10	une opération est liée à un seul domaine SVS	mcd
RG11	A chaque critère urgence d'une fiche urgence sont associés un score et un commentaire	mcd
RG12	une fiche d'urgence se compose d'un ensemble de critères définis par le COP responsable du domaine	mcd
RG13	une fiche urgence se rapporte à un seul domaine SVS	mcd
RG14	une fiche priorité évalue une opération évaluée en niveau d'urgence Ui,	mcd
RG15	un EP peut être concerné par plusieurs fiches d'évaluation	mcd
RG16	Une fiche d'évaluation concerne un et un seul EP dans le cadre d'une opération	mcd
RG17	un EP peut avoir plusieurs bilans de santé	mcd
RG18	un EP peut être concerné par plusieurs fiches anomalies	mcd
RG19	un EP peut avoir plusieurs fiches d'entretiens courants	mcd
RG20	un budget est enregistré pour une année d'exercice	mcd
RG21	un EP correspond à une seule localisation	mcd
RG22	une même localisation peut être associée à plusieurs Eps	mcd
RG23	Une opération peut concerner plusieurs Eps	mcd
RG24	une localisation est associée à une seule donnée trafic et un seul environnement	mcd
RG25	une même localisation peut correspondre à plusieurs EP,	mcd
RG26	un entretien courant concerne un seul EP	mcd
RG27	une anomalie est définie pour un seul EP	mcd
RG28	une demande d'évolution ou une expression de besoin se rapporte à un unique domaine SVS	mcd
RG29	une opération n'est archivée que si la fin des travaux sur tous les Eps concernés ont été enregistrés	trigger
RG30	tout critère doit avoir une valeur dans une fiche d'urgence ou de priorité	trigger
RG31	une fiche urgence évalue un EP dans le cadre d'une opération	mcd
RG32	Une opération peut avoir plusieurs imputations budgétaires	mcd
RG33	Tout critère d'urgence ou de priorité doit avoir une valeur de poids différent de la valeur nulle	mcd

Tableau 4 : les règles de gestion

La prise en compte de ces règles de gestion peut se faire par :

- une **relation** entre deux ou plusieurs entités ;
- l'**arité** (ou cardinalité) d'une relation ;
- des **déclencheurs** (ou **triggers**) c'est-à-dire des procédures stockées en base qui vérifie la validité des opérations réalisées sur la base. Par exemple pour la règle de gestion 30, on doit interdire l'insertion en base d'une évaluation dont l'un des critères de la liste des critères n'a pas de valeur.

II.5.2 Regroupement des entités

Tous les attributs dont un exemple est donné au Tableau 3 peuvent être regroupés en 4 catégories :

- La définition du réseau et son environnement ;
- La caractérisation des éléments de patrimoine EPs ;
- Les opérations et évaluations ;
- Le service SVS.

Nous allons préciser le modèle de chacune de ces catégories dans les lignes qui suivent.

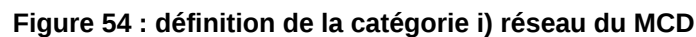
Dans la modélisation UML de la section précédente, nous avons basé notre modèle sur une définition de tout élément du réseau faisant apparaître les items suivants :

- Autoroute (nom) ;
- Intervalle de PR ;
- Sens.

Les entités de la catégorie i) définissant le réseau et son environnement s'appuient donc sur cette définition. Ce sont :

- Les voies de la chaussée ;

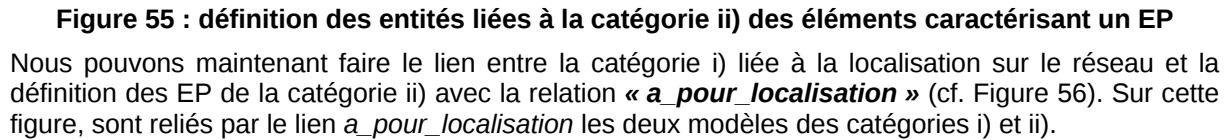
- La Figure 54 ci-dessous donne la représentation de cette catégorie i).



Cependant les EP appartenant à un domaine SVS ont des spécificités inhérentes au métier. Nous considérerons pour la suite les deux domaines Chaussées et Ouvrages d'Art pour l'exemple.

Indépendamment du domaine auquel appartient un EP, les éléments suivants apportent de l'information sur la vie de l'EP :

- Ces deux entités se rapportent donc directement à la table EP. Ci-dessous la Figure 55 propose le modèle de la catégorie ii) pour la définition des EP Chaussées et OA.



Passons maintenant aux entités de la catégorie iii). Les règles de gestion 6 à 16, 23, 31 et 33 (cf. Tableau 4) sont à la base de la définition des entités liées aux opérations et aux évaluations de la classe iii). Par exemple, la règle 15 qui énonce qu'un EP peut être concerné par plusieurs fiches d'évaluation et la règle 16 qui dit qu'une fiche d'évaluation concerne un et un seul EP dans le cadre d'une opération, nécessitent la représentation d'une relation ternaire (evalue_ep) entre les trois tables EP, Operation et Fiche_ui (cf. Figure 57). La Figure 57 donne le modèle complet de la catégorie iii).

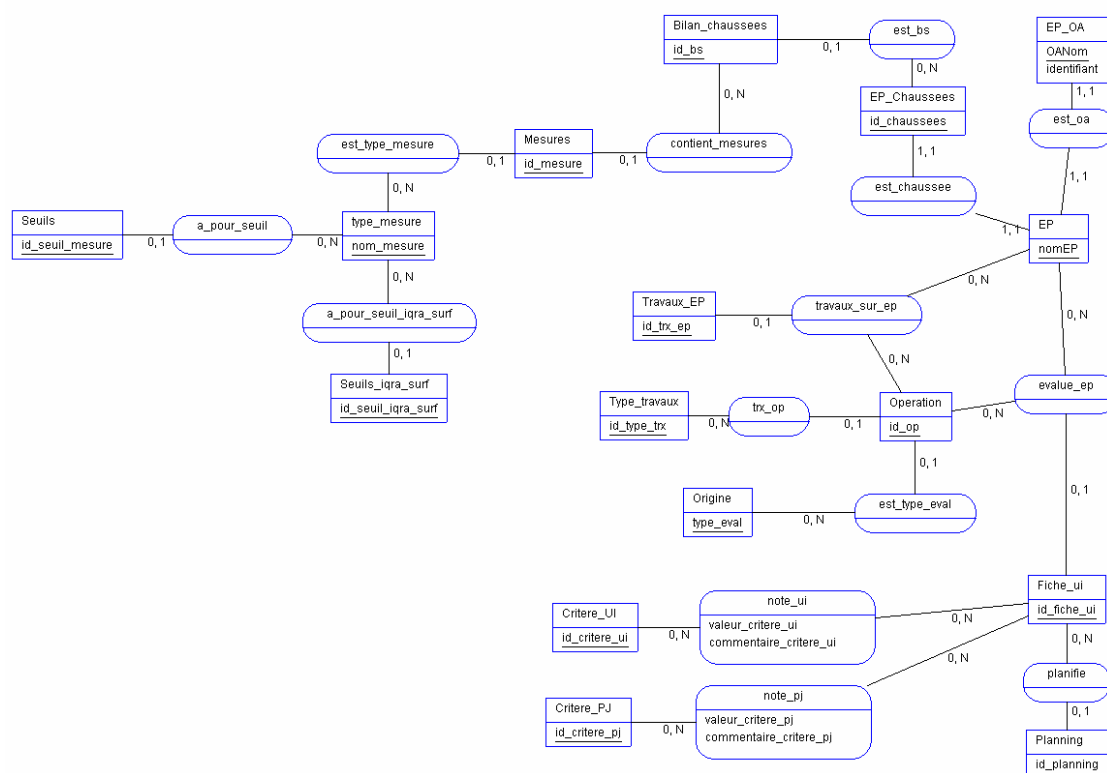


Figure 57 : définition des opérations et évaluations

La catégorie iv) concerne la définition du service SVS. Il se compose de plusieurs domaines ayant chacun un responsable. Dans cette catégorie, il faut encore considérer les types de budget (valables pour tous les domaines) et les demandes d'évolution ou expression de besoin se rapportant à un et un seul domaine (cf. Figure 58).

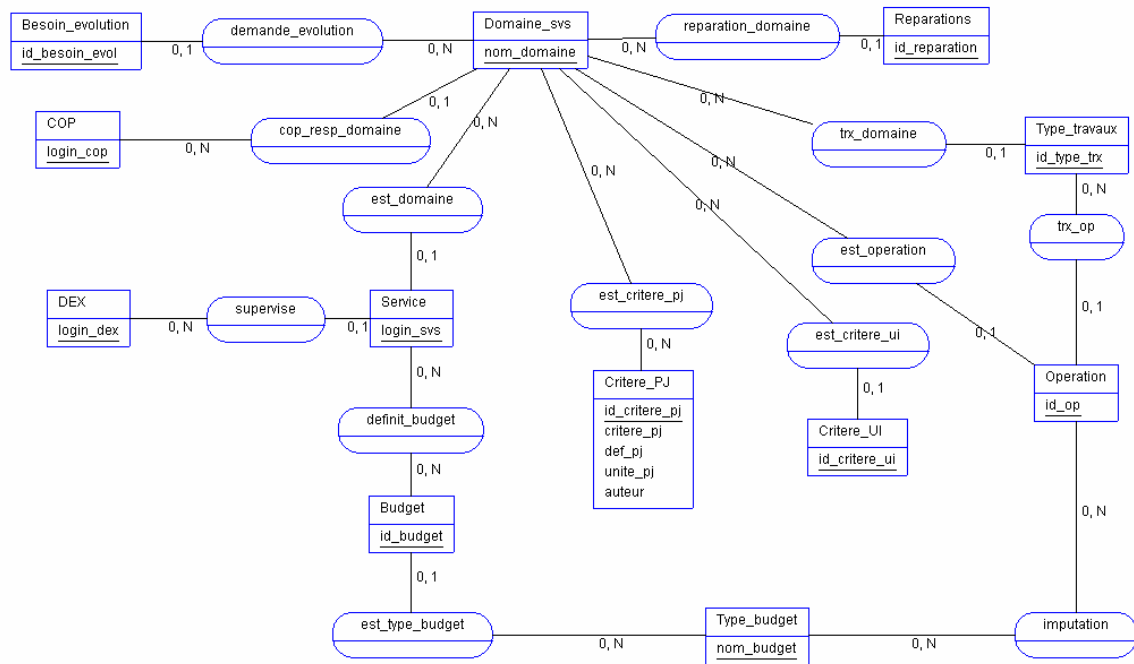
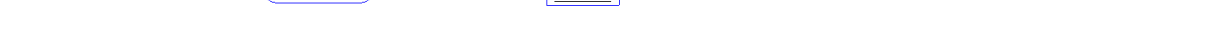


Figure 58 : définition du service SVS

II.5.3 Le Modèle Conceptuel des Données

Maintenant que nous avons regroupé tous les attributs dans des objets et que nous disposons de la liste des contraintes à représenter, il ne reste plus qu'à construire le Modèle Conceptuel des Données (MCD) en reliant les objets par les relations adéquates. Dans un souci de lisibilité, seules les clés des entités sont représentées dans le MCD (cf. Figure 59).



II.6.1 Ajout d'un nouveau domaine au modèle

La conception du SI repose sur plusieurs structures en étoiles, auxquelles il est plus facile de rajouter de nouvelles définitions.

Pour l'instant, SINERGIE n'a été développé que pour les Chaussées, les Ouvrages d'Art et la Signalisation Horizontale (cette dernière reprenant exactement la même définition pour les EP que pour les Chaussées).

L'ajout d'un nouveau métier au niveau du Système d'Information se fera par :

- L'ajout de la définition du domaine dans la table « domaine_svs » et du cop responsable dans la table « cop » ;
- La définition d'une nouvelle sous entité des EPs notée E'. Pour les bilans de santé, deux cas se présentent :
 - o Lorsqu'on ne dispose pas d'un outil métier, une entité bilan de santé doit être définie (c'est le cas pour les Chaussées et la Signalisation Horizontale) ;
 - o Lorsqu'on dispose d'un outil métier, comme OASIS pour les Ouvrages d'art, il s'agit de créer les fonctions de connexion à cet outil dans SINERGIE. Dans la nouvelle entité E', il faut ajouter les champs « clé » qui permettent d'identifier les EPs dans l'outil métier. Par exemple, dans l'entité « EP_OA », les champs « OANom » et « identifiant » permettent de récupérer les infos sur la structure de l'ouvrage mais aussi de rechercher les inspections dont il a fait l'objet.
- La définition des critères et des valeurs des poids dans les entités « critères_ui » et « critères_pj » (c'est-à-dire la définition des dimensions de l'analyse multicritère et les paramètres de l'opération d'agrégation) ;
- La définition des types de dégradations pour les anomalies.

Pour le SIAD, il faut définir :

- Pour les districts et le chef de service, les interfaces web relatives aux EPs, bilans de santé dont la structure dépend de leur définition ;
- Toutes les interfaces web relatives au COP du nouveau domaine. Ces interfaces sont pour la plupart identiques à celles des autres COP, à l'exception de celles relatives aux EPs et bilan de santé ;
- Les interfaces d'évaluations en urgence et priorité pour le COP et le chef de service ;
- Les tables Bilans de Santé et EP.

II.6.2 Un exemple d'intégration de nouvelles connaissances caractérisant le patrimoine : la caractérisation du risque naturel

SINERGIE est un outil de centralisation et de partage de la connaissance du réseau. Nous avons identifié et intégré un certain nombre de connaissances liées à l'environnement de l'infrastructure qui sont très importantes pour le COP ou le chef de service. En effet, les informations de contextualisation sur le trafic, les zones d'accumulations d'accidents peuvent modifier l'appréciation de l'utilisateur de SINERGIE lors d'une évaluation en urgence ou en priorité.

A la suite d'accidents survenus sur le réseau, il est apparu nécessaire pour ESCOTA d'améliorer sa connaissance en matière de risques dans les zones de part et d'autre de l'emprise autoroutière, susceptibles d'être à l'origine d'événements dangereux sur l'autoroute.

Une réflexion a eu lieu au sein du service SVS visant à définir les moyens nécessaires à la connaissance des risques naturels auxquels le réseau ESCOTA est susceptible d'être exposé. Le BRGM a créé une méta base de données à la demande d'ESCOTA regroupant l'ensemble des données existantes concernant les phénomènes naturels (événements, cartes d'aléas, cartes de risques), leur type et leur format. L'objectif est ensuite d'intégrer ces données dans SINERGIE en caractérisant le risque encouru par l'infrastructure.

Les phénomènes naturels pris en compte sont :

- Les inondations ;
- Les mouvements de terrain gravitaires (glissements, fluages, chutes de blocs et éboulements, coulée de boue et laves torrentielles) ;
- Les séismes ;
- Les feux de forêt.

Pour chacun de ces phénomènes naturels, nous disposons maintenant d'un outil localisant les zones où il existe un risque.

L'idée est d'associer à chaque tuple (autoroute, sens, PR de début, PR de fin), le type de risque et une quantification du risque. Cette définition ne pose aucun problème informatique car il suffit de :

- rajouter une entité dans le Système d'Information ;
- rajouter une classe supplémentaire dans notre modèle de l'application en définissant les attributs et les opérations qu'on peut effectuer ;
- rajouter les modules de consultation dans SINERGIE.

Le problème qui se pose encore concerne la **quantification** du risque sur laquelle nous continuons de réfléchir.

II.6.3 Transposition à une autre société d'autoroutes

Pour toute autre société d'autoroute, la structure du modèle resterait la même. Le point commun à tous les éléments de patrimoine, quel que soit leur domaine d'intervention, est la définition de leur localisation par le tuple (autoroute, sens, PR de début, PR de fin).

Au niveau du Système d'Information, les entités resteront les mêmes, seules leurs définitions pourraient être adaptées.

On peut intervenir au niveau du Système d'Information :

- En **modifiant les champs d'une ou plusieurs entités**. Les données n'ont pas la même signification, ou alors, des champs supplémentaires sont nécessaires. Il se peut qu'une autre société d'autoroute souhaite exploiter des informations plus détaillées sur les zones d'accumulations d'accidents (par exemple le nombre de blessés), et il suffit alors de rajouter les champs nécessaires dans la table « ZAA »;
- En **rajoutant des entités** au modèle. Cela peut être le cas avec la disponibilité de nouveaux types de données permettant de caractériser l'environnement du réseau (par exemple le micro zonage sismique).

Au niveau du Système Interactif d'Aide à la Décision, pour tous les utilisateurs, il faut :

- Rendre ces données accessibles lors de la consultation des EP, bilans de santé et évaluations en urgence et priorité. Cela implique de **rajouter les rubriques de consultation** dans les pages web existantes. Par exemple, la Figure 60 montre les différentes rubriques de consultation existantes encadrées en rouge ;
- Également créer les fonctions d'enregistrement et de mise à jour de ces données.

The screenshot shows the ESCOTA SINERGIE web application interface. The main content area is titled 'CHAUSSEES : A50 - Marseille - Toulon'. It contains several sections: 'entretien Courant' (no current maintenance), 'Anomalies' (a note about a road closure on 03/04/2006), 'Les derniers bilans de santé' (last health reports for A50 - Marseille - Toulon, bilan année 2005), and 'Opérations en cours' (ongoing operations for A50 Aubagne-La ciotat, Chateaulavallon, and a test operation). The 'Localisation' section shows the district as Aubagne and the road as Autoroute A50 sens 1. The 'Nombre de voies' section lists various road segments and their lane counts. The 'Urgences' section provides links to create emergency records and view EPs. The 'Trafic année 2005' section shows traffic data for the year 2005. The sidebar on the left contains navigation links for 'Accueil', 'Inventaires', 'Bilan de santé', 'Anomalies', 'Evaluations et Suivi', and 'Planning'. The top header shows the application name 'ESCOTA SINERGIE' and the user 'utilisateur garance connecté'.

Figure 60 : page de consultation d'un EP

II.6.4 Transposition à un autre gestionnaire de patrimoine

Le principe de base du SI comprenant les 4 groupes d'entités (cf. II.5.2) est transposable à un autre gestionnaire de patrimoine. La définition du SI reste basée sur un réseau décomposé en éléments repérables avec :

- un nom ;
- un sens ;
- et un intervalle de Point de Repère.

Il s'agit de définir un élément générique capable de localiser un élément de patrimoine. Ensuite, il faut donner une définition générique des éléments de patrimoine constituant le patrimoine. Chaque catégorie d'EP pourra être définie ensuite grâce à la définition de sous entités.

La structure des modèles du Système d'Information et du Système Interactif d'Aide à la Décision resteront les mêmes. En effet, nous conserverons nos quatre groupes d'éléments :

- Le réseau et son environnement ;
- Les EP et leurs bilans de santé ;
- Les opérations et les évaluations ;
- La définition des métiers et aspects budgétaires.

Il est évident que suivant le type de gestionnaire, le modèle devra être adapté, cela demandera une étude, mais l'extension nous semble tout à fait réalisable.

Le principe des évaluations multicritères est à adapter au fonctionnement de la décision au sein de la structure du nouveau gestionnaire. L'avantage de notre modèle est qu'il prévoit déjà le principe d'évaluation multicritère hiérarchisé qui peut se transposer à une autre entreprise.

II.6.5 Ajout de nouvelles fonctions

II.6.5.1 Méthodes de calculs basées sur l'exploitation de données stockées dans SINERGIE

Suite aux réunions entre les sociétés concessionnaires d'autoroutes françaises dans le cadre du Groupe Opérationnel Chaussées (GOC), une proposition de calcul d'un Indice de Qualité du Réseau Autoroutier IQRA pour la surface a été approuvée par la Direction des Routes (Annexe 3).

Le calcul de l'IQRA surface est basé sur un calcul matriciel à partir des valeurs de mesures issues du suivi annuel des Chaussées (cf. Figure 55). Les mesures intervenant dans le calcul de cet indicateur, Hauteur au Sable (HS), Coefficient de Frottement Transversal (CFT), UNI et l'orniérage (ORN) sont enregistrées dans SINERGIE dans le cadre du suivi annuel des Chaussées. Le développement de cette nouvelle fonctionnalité a nécessité l'implémentation des méthodes de calcul, la création d'entités dans le Système d'Information stockant les paramètres et l'ajout des pages de consultation pour les utilisateurs autorisés.

II.6.5.2 Définir une nouvelle fonction d'agrégation

Est-il possible d'implémenter une nouvelle méthode d'agrégation sans modifier le comportement des utilisateurs de SINERGIE ? En d'autres termes, est-il possible de changer le mode de calcul sans modifier la procédure d'agrégation existante (application de scores sous forme d'étiquettes symboliques selon les critères d'urgence ou de priorité) ? L'idée consiste donc à implémenter une nouvelle procédure de calcul du score global, ce qui doit rester transparent pour l'utilisateur.

Pour cela, il faut définir le nouvel opérateur mathématique. Prenons par exemple l'intégrale de Choquet. Cet opérateur est d'autant plus intéressant qu'il permet de modéliser, outre le poids des critères, les interactions pouvant exister entre ceux-ci [Akharraz, 04].

L'opérateur mathématique est défini dans les (objets) classes du Système Interactif d'Aide à la Décision. Il faut donc implémenter la (les) nouvelle(s) classe(s) définissant l'intégrale de Choquet. Or, les paramètres ne sont plus les poids de critères comme cela était le cas avec la moyenne pondérée. L'intégrale de Choquet nécessite d'autres paramètres : aux indices de Shapley modélisant l'importance relative des critères, viennent s'ajouter les indices d'interaction mutuelle entre les critères. Ces paramètres doivent être identifiés et stockés.

Nous avons deux solutions :

- soit nous les définissons dans la (les) nouvelle(s) classe(s) du Système Interactif d'Aide à la Décision ;
- soit nous les stockons dans le Système d'Information.

Nous avons retenu la seconde solution plutôt que de les « coder en dur » dans une fonction de calcul d'une classe du SIAD. En effet, la première solution rend la gestion des modifications éventuelles des valeurs des paramètres plus complexe car non seulement toute modification entraînerait la recompilation de SINERGIE, mais impliquerait également la perte de l'ancienne valeur. Étant donné que la notion d'historique est primordiale, il est indispensable de conserver les valeurs des paramètres précédentes. Il est évident que cette gestion est facilitée dans le Système d'Information en définissant les valeurs des paramètres avec des dates de début et de fin de validité.

Nous avons évoqué dans ce chapitre des méthodes d'évaluation numériques pour les niveaux d'urgence ou de priorité. Nous en détaillerons les principes dans le chapitre suivant. Nous avons également implémenté une version à caractère plus qualitatif de l'évaluation des opérations en nous inspirant des travaux décrits dans [Grabisch, 06]. Les mécanismes calculatoires y sont bien différents.

Cependant indépendamment des méthodes de calcul utilisées pour les fonctionnalités d'évaluation, de justification et de planification, nous pouvons conclure que :

- Le stockage des paramètres doit se faire dans le Système d'Information (via la création de nouvelles entités en relation avec l'entité « Critère ») ;
- L'implémentation des fonctions de calcul doit être réalisée dans le Système Interactif d'Aide à la Décision.

II.7 Conclusion

Nous venons de produire les modèles informatiques du Système d'Information et du Système Interactif d'Aide à la Décision composant le logiciel SINERGIE. Cette étape est très importante dans le développement d'un logiciel où il est indispensable de définir les fonctions que le système va remplir et de structurer les données manipulées. Nous nous sommes appuyés sur des méthodes de modélisation reconnues et fiables, UML et Merise, en justifiant notre volonté de les utiliser conjointement : d'une part, en montrant leur complémentarité, d'autre part pour assurer une cohérence entre le modèle « logique » et l'implémentation « physique ». Ces modèles représentent non seulement la base du développement de l'outil SINERGIE, mais également le support de ses évolutions futures. Sur le plan technique, le choix d'un serveur web (intranet) s'interfaçant avec un système d'information est une solution conforme aux besoins d'ESCOTA : centralisation des données dont le traitement (consultation, modification, ...) est assuré via un outil accessible sur plusieurs sites.

Jusqu'ici, nous nous sommes intéressés à SINERGIE sous l'angle fonctionnel et logiciel : nous avons listé les fonctionnalités attendues du logiciel et examiné les structures de données nécessaires à leur mise en place. Dans le chapitre suivant, nous allons reprendre chacune de ces fonctionnalités, mais cette fois-ci avec une perspective d'analyse toute autre : définir les outils mathématiques qui vont supporter les processus calculatoires afférents à chacune de ces fonctionnalités.