

# Un Système de surveillance et d'alerte pour les risques d'inondation

## Intégration des Systèmes

### Le problème

Un programme va être mis en place pour doter le département de l'Aude d'un système informatique de surveillance et d'alerte pour le risque lié aux inondations.

En France, les cours d'eau sur les zones inondables sont surveillés par des services d'annonce des crues, sous financement du ministère de l'aménagement du territoire, direction de l'eau. Pour la région Languedoc-Roussillon, le service fait partie de la DIREN (Direction Régionale de l'Environnement).

Compte tenu de sa densité hydrographique, le territoire national est particulièrement vulnérable au risque inondation. Les conséquences sont : mise en danger des personnes, interruption des communications, dommages aux biens et aux activités, dégâts au milieu naturel, risque de pollution.

De manière générale, les services d'annonce des crues doivent disposer de moyens pour la collecte de données, la surveillance, et la transmission des messages d'alerte au préfet du département concerné.

La gestion du risque inondation impose préalablement :

- Le repérage des zones exposées (études préalables);
- La prescription d'un plan de prévention des risques par le préfet dans les communes les plus sensibles au risque;
- La cartographie des zones inondables, élaborée à partir des informations historiques;
- L'aménagement des cours d'eau et des bassins versants : entretien, curage, remblaiement, enlèvement d'embâcles et remodelage des berges à la suite des inondations.

Le processus lui-même de gestion du risque inondation (chaîne d'alerte) comprend ensuite :

- La surveillance continue des principaux cours d'eau à l'aide de stations de mesure. Pour évaluer au mieux le risque, l'information ainsi recueillie peut être combinée avec d'autres informations, telles que les prévisions de pluviométrie Météo France, les alertes éventuelles dans des départements en amont, l'historique des situations passées, etc.
- En cas de montée importante du niveau des cours d'eau, la « pré-alerte » (niveau de risque potentiel). Le préfet (protection civile) doit être alors prévenu. Celui-ci envoie aux maires des communes soumises au risque un message de vigilance. Les maires transmettent à la population l'information et les consignes (par affichage réglementaire) et prennent les mesures de protection immédiates ;
- En cas de danger, l'alerte, avec exécution, si besoin, de plans de secours au niveau du département : plan de secours spécialisé pour les inondations, plan ORSEC, plan rouge, plans de secours communaux.

En ce qui concerne le département de l'Aude, le nombre important de communes à informer (223), a rendu nécessaire l'établissement d'un classement prioritaire tenant compte à la fois de l'urbanisation et de l'importance du risque encouru.

Le département dispose déjà de stations de mesures (plus de 50), qui sont consultées manuellement avec une fréquence allant de la journée à la semaine.

Des stations analogues capables d'effectuer des mesures automatiquement et de télétransmettre les résultats, ont déjà été réalisées en France.

Météo France dispose en France de plus de 170 stations pluviométriques, réparties sur le territoire, automatiques, et qui télétransmettent de l'information.

### ***L'étude***

Avant appel d'offre pour le futur Système de Surveillance et d'Alerte (SSA), le DIREN de la région Languedoc-Roussillon souhaite mener une étude de faisabilité.

Il est attendu d'un système informatique automatisé, entre autre, une collecte plus sûre et plus fréquente de l'information, une meilleure évaluation du risque, une alerte plus fiable et plus rapide avec un personnel mobilisé réduit.

Le périmètre fonctionnel se réduit au support aux opérations de veille et l'alerte, à l'exclusion du support à la planification et le suivi de l'évacuation.

### **Proposition de solution pour l'analyse de ce système**

*Note : A la différence d'un problème « scolaire », l'énoncé n'est pas complet, comme c'est bien le cas de tout cahier des charges. Il est nécessaire d'inférer des éléments non dits, soit à partir d'une connaissance du domaine (que nous n'avons pas complètement), soit simplement à partir du bon sens. Il faut alors avoir bien conscience des hypothèses que l'on fait (et dans les cas réels s'assurer qu'elles sont correspondent à la réalité ou répondent bien au besoin).*

#### **A. Le niveau contextuel**

C'est le niveau où le système à réaliser est à l'état de « boîte noire ». On se concentre sur la compréhension du domaine, et sur la manière dont le système devra s'insérer dans cet environnement pour contribuer à la finalité d'un « sur système » (finalité, missions, objectifs).

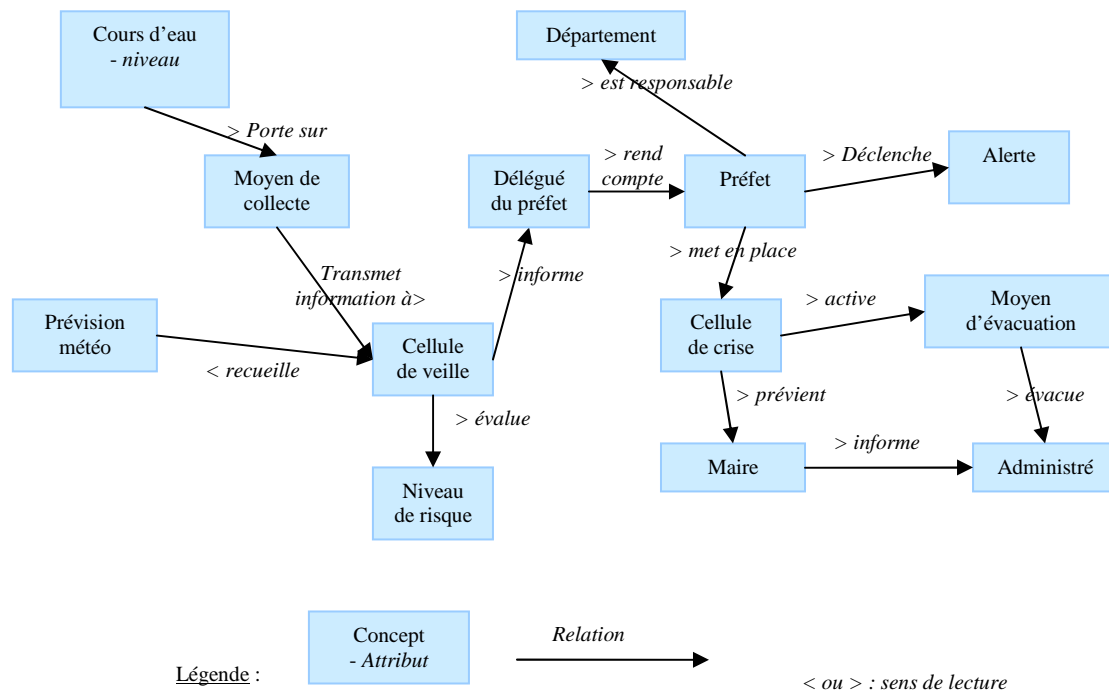
Il s'agit essentiellement :

- de comprendre le domaine
- de définir les limites du système à réaliser
- D'établir la ou mes missions opérationnelles du systèmes (scénarios types)
- de faire apparaître les « services » rendus par le système à son environnement au cours de l'exercice de sa mission)

On abouti à un Cahier des Charges Fonctionnel, qui dresse les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles, sous la forme d'un ensemble d'exigences élémentaires (dans le projet de réalisation, il y aura ensuite une Spécification Système, qui précisera ces exigences et ajoutera aux exigences des parties prenantes utilisatrices celles de maître d'œuvre qui va réaliser la solution).

On dresse une **carte sémantique du domaine** (diagramme entité – association) qui permet de s'assurer de la bonne compréhension en recensant les concepts utiles du domaine (acteurs en

présence, objets physiques, activités ou concepts abstraits) et les relations (relations de sens ou interactions) entre ceux-ci.



### Carte sémantique du domaine "inondations"

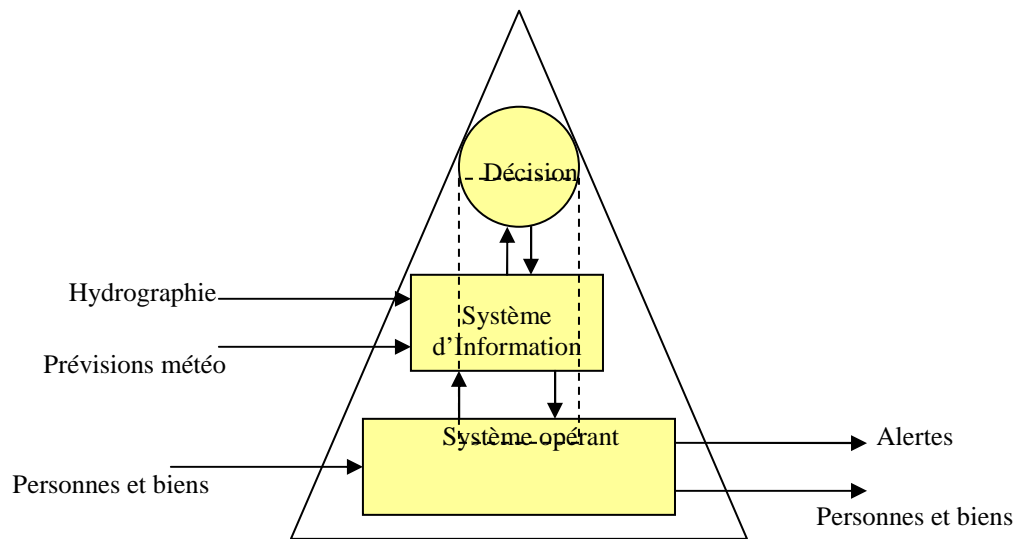
(note : les cardinalités ne sont pas représentées)

En ce qui concerne l'alerte, il existe une certaine latitude dans la manière de comprendre l'énoncé. Il faut donc bien préciser la compréhension que l'on a. Ici on suppose :

- Que le système devra évaluer automatiquement des niveaux de risque par zone géographique, à partir de la collecte des niveaux sur divers points de mesure et des prévisions de Météo France ; la notion de zone est utile pour délimiter l'unité élémentaire d'évaluation du risque ; on peut supposer que la fréquence de collecte sera de l'ordre de l'heure ;
- Ces risques sont calculés à l'aide d'un modèle mathématique (algorithme) qui est supposée déjà exister dans la littérature scientifique ;
- Qu'un opérateur pourra être présent devant un Interface Homme Machine du système à réaliser pour surveiller l'évolution des risques, mais pas nécessairement constamment ;
- Que le système devra automatiquement prévenir une personne lorsque le risque atteint sur un endroit une certaine valeur (ce caractère automatisé exclut de prévenir directement le préfet en personne ; c'est une personne déléguée à cette fonction par le préfet qui devra être prévenue ; la communication entre le délégué et cette personne n'est pas outillée, et vis-à-vis du système, tout se passera dans la suite comme si c'était une seule et même personne)
- C'est une décision explicite du préfet qui conduit à l'avertissement adressé aux maires des communes potentiellement impactées par le risque
- L'information des citoyens est à la charge de maires, et hors du champ du système à réaliser ;
- Rien n'est dit concernant la fiabilité du système et sur le temps de reprise que l'on exige de lui s'il survient une panne matérielle. Mais il est évident que, pour un système qui va gérer une crise, il faut bien sûr préciser des exigences quant à ces aspects. On suppose ici que l'on n'a pas d'exigences particulières quant à la fiabilité du matériel, mais que l'on exige un temps d'arrêt maximum d'une heure si une panne de matériel survient.

Si l'on se réfère au triangle systémique (décision, Système d'information, système opérant), et en considérant le système global dont la finalité est de préserver les personnes et les biens (et comportant des composants informatiques et humains), le système à réaliser couvre seulement une partie de ce système :

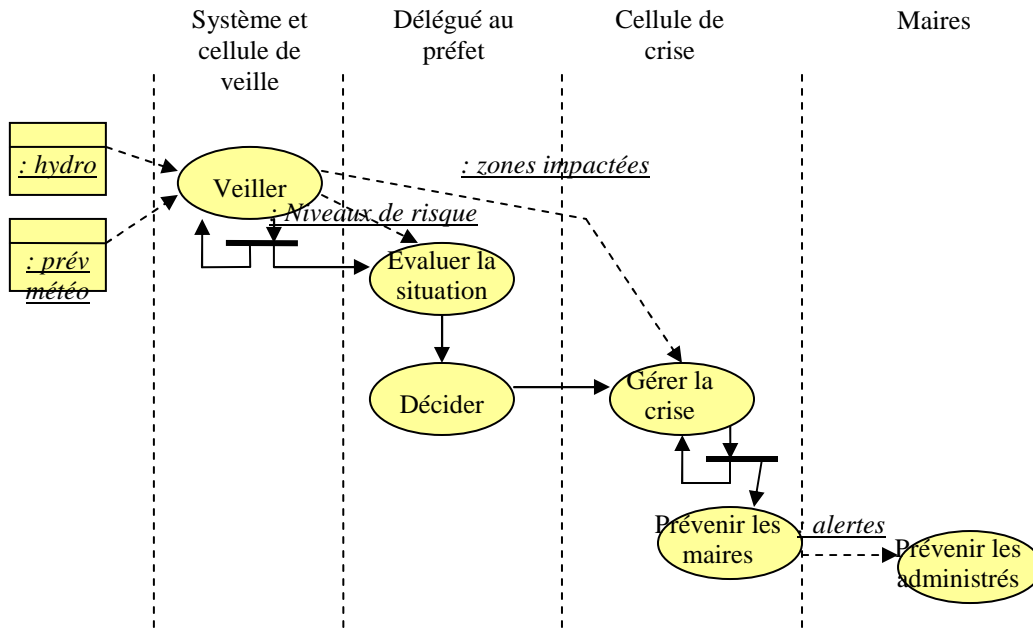
- Une partie seulement du niveau « système d'information » : collecte des informations et gestion des alertes, à l'exclusion de la gestion et l'activation et des moyens d'évacuation
- Une partie seulement du niveau opérant : les moyens pour prévenir les maires, mais pas les moyens pour évacuer et héberger temporairement les personnes
- Une partie seulement du niveau décision : la décision d'alerter le délégué au préfet est automatisée, mais la décision d'alerter les maires (ou de différer cette alerte) reste à la discrétion du préfet.



« Triangle systémique » du sur système

Ceci nous précise les limites du système : ce qu'il devra faire et ce qui n'est pas de son ressort (du moins dans la version considérée actuellement).

**Mission opérationnelle.** C'est le scénario type qui représente le « processus métier ». Un type de diagramme se prêtant bien ici à cette définition est le diagramme d'activités (note : il faut préciser à la fois les flux de synchronisation et les flux d'information entre activités). Ici on n'a qu'une seule mission opérationnelle.



Processus définissant la mission opérationnelle du système.

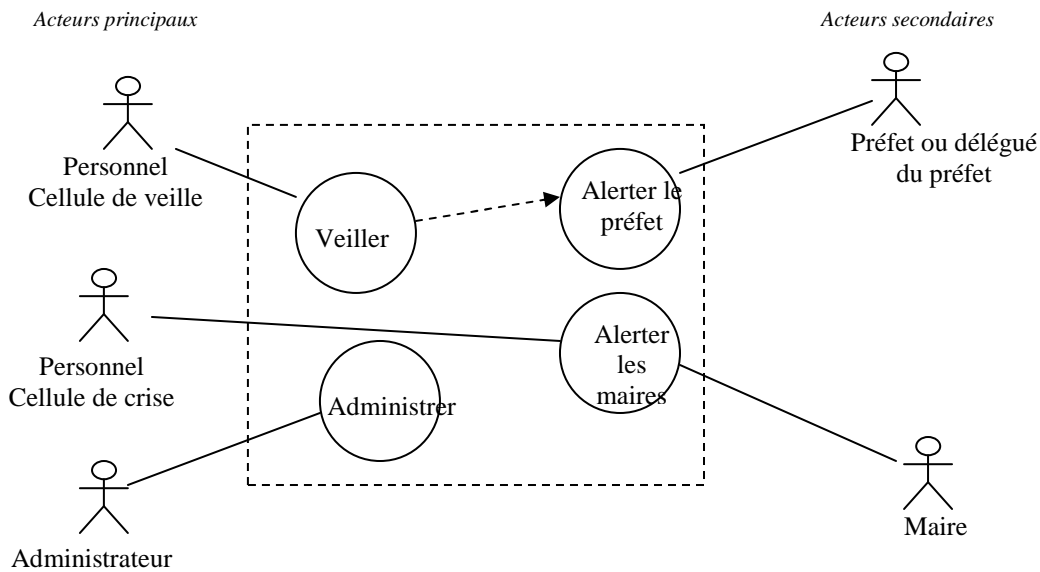
Tous les flux doivent correspondre à des éléments identifiés dans le diagramme sémantique. Par exemple, ici, on voit qu'il convient de modifier le diagramme sémantique pour l'enrichir avec la notion de « zone géographique » (unité géographique élémentaire sur laquelle on évalue un risque, et qui contient un certain nombre de communes) qui n'avait pas été identifiée de prime abord.

Les fonctions de services à assurer par le système qui apparaissent au cours de ce processus (besoins en tâches à automatiser) sont :

- Veiller
- Alerter le préfet (ou son délégué)
- Alerter les maires

Ce sont les fonctions de services relatives à la mission opérationnelles. Pour que le système soit capable de mettre en œuvre ces fonctions et de maintenir le service au cours du temps, il faut aussi considérer d'autres aspects tels que par exemple les données à introduire dans le système (commune, maires, coordonnées de ceux-ci, position des points de mesure, valeur des seuils de risque pour l'alerte, ... ; sans ces données, le système ne peut rien), les mettre à jour (fonctions logistiques). On regroupera ces fonctions de service sous la fonction générique « Administrer ».

A chacune de ces fonctions de service correspond un cas d'utilisation.



Par ailleurs, si l'on considère les niveaux temporels (continu, phases, modes, évolution), les services ci-dessus correspondent aux niveaux « continu », « phases », et « mode » pour les points « administration ». D'autres exigences sont indispensables :

- Rendre le service résilient aux pannes de matériel (niveau « modes ») ;
- Permettre la consultation des données liées à une crise passée (niveau « modes ») ;
- Permettre l'évolution du positionnement et du nombre de points de mesure (niveau « évolution ») ;
- Permettre l'évolution du modèle mathématique d'évaluation du risque (niveau « évolution »).

On subdivisera donc la fonction « Administrer » en :

- Renseigner ou mettre à jour les informations afférentes aux communes et aux maires
- Renseigner ou mettre à jour les informations géographiques
- Renseigner ou mettre à jour les seuils de risque pour l'alerte
- Renseigner ou mettre à jour les positions des points de mesure

**Exigences** : on ne développe pas ici l'ensemble exhaustif des exigences du cahier des charges.

On aura par exemple la liste d'exigences suivante (liste non exhaustive) :

EX1 : le système devra mesurer le niveau hydrographique sur un ensemble défini de points de mesure, avec une fréquence d'échantillonnage d'une heure

EX2 : le système devra évaluer à tout instant le risque d'inondation afférant à chaque zone géographique composant le département

EX3 : le risque d'inondation pour chaque zone sera évalué en fonction des niveaux hydrographiques constatés à l'instant considéré, de la dynamique d'évolution de ceux-ci, ainsi que des prévisions météorologiques diffusées par Météo France

EX4 : le système présentera à tout instant ces résultats sur un écran sous forme graphique

EX5 : en cas d'atteinte d'un seul de risque déterminé pour l'une ou plusieurs des zones géographiques, le système devra informer immédiatement une personne préposée à cette fonction, désignée par le préfet, et ce par un moyen à déterminer (message téléphonique, SMS, ...).

EX6 : en situation de dépassement du seuil pour une ou plusieurs zones, et sur commande d'un usager du système en charge de la gestion de crise, le système devra informer immédiatement les maires de communes placées sur cette ou ces zones, et ce par un moyen à déterminer (message téléphonique, SMS, ...).

EX7 : dans tous les cas où le système informe une personne, le système devra gérer des accusés de réception afin de s'assurer que le destinataire a bien pris connaissance du message envoyé

EX8 : le système devra offrir une interface homme machine, réservée à un usager habilité, permettant de renseigner toutes informations permettant le bon fonctionnement du système, et telles que liste des communes, les noms et coordonnées téléphoniques des maires, les seuils de risque déclenchant la pré alerte, etc.

EX9 : en cas de panne d'un matériel informatique affectant le fonctionnement du système, celui-ci devra pouvoir être reconfiguré de manière simple et reprendre sa missions sans perte du contexte de travail, et ce dans un délai d'une heure.

....

## **B. Le niveau fonctionnel**

Le but est ici de décrire ce que le système devra faire, en termes fonctionnels, c'est à dire en faisant abstraction (pour un temps) de la solution technologique.

On décompose tout d'abord les fonctions de services à offrir à l'utilisateur en fonctions techniques, de plus en plus simples, jusqu'à obtenir des fonctions élémentaires qui correspondront à une solution technique existante ou à des choses réalisables en logiciel.

A partir de cette arborescence fonctionnelle, il est en général utile de développer trois descriptions : la **description fonctionnelle**, qui sera décrite dans les cas les plus simples sous la forme d'un Diagramme de Flux de Données (les fonctions réalisées par le système, indépendamment de la dynamique d'activation de celles-ci), la **description sémantique** des informations, sous la forme d'un diagramme Entité Association, et enfin la **description dynamique** (déclenchement des fonctions en réponse aux événements qui surviennent), par exemple sous la forme d'un Statechart ou d'un diagramme d'activités.

### **Analyse fonctionnelle**

Il faut penser ici en termes de conditions nécessaires. « Pour réaliser cette fonction, il est nécessaire que le système sache faire ceci ou cela... »

On fait un certain nombre de choix d'organisation (il peut en effet y avoir plusieurs manières de faire) et on précise un certain nombre d'éléments. Ici on fait le choix d'envois par SMS qui est le plus simple technologiquement.

On fait la décomposition fonctionnelle suivante :

VEILLER

MESURER ET TRANSMETTRE NIVEAUX

RECUPERER DONNEES METEO FRANCE  
 EVALUER LE NIVEAU DE RISQUE PAR ZONE  
 HISTORISER LES NIVEAUX  
 REPRSENTER DE MANIERE GRAPHIQUE LES RISQUES PAR ZONE ET LES  
 AFFICHER

ALERTER LE PREFET

ENVOYER UN SMS  
 GERER L'ACQUITEMENT

ALERTER LES MAIRES

DETERMINER LES COMMUNES IMPACTEES  
 ENVOYER UN SMS  
 GERER L'ACQUITEMENT

ADMINISTRER

RENSEIGNER OU METTRE 0 JOUR LES INFORMATIONS COMMUNES ET  
 MAIRES  
 RENSEIGNER OU METTRE 0 JOUR LES SEUIL D'ALERTE  
 RECONFIGURER LE SYSTEME  
 CONSULTER LES DONNEES PASSEES

**Point de vue fonctionnel** : c'est le Diagramme de Flux de Données réalisé à partir de l'arborescence fonctionnelle.

Au premier niveau d'analyse, cela donne le diagramme suivant (formalisme SADT)

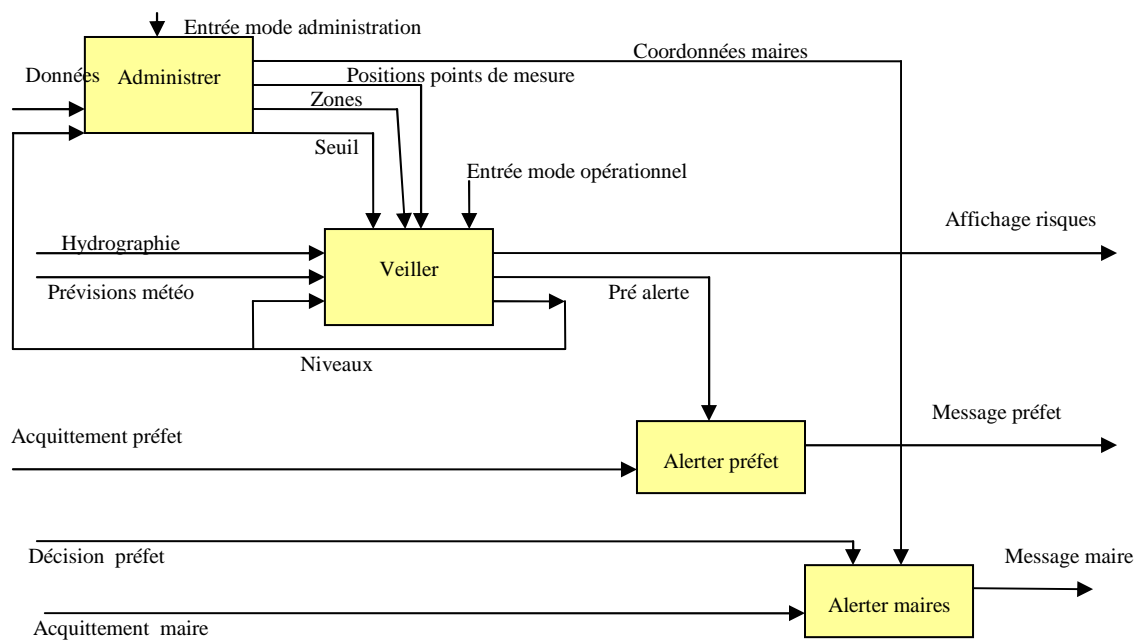


Diagramme de flux de données niveau 1

Le niveau 0 est donc :

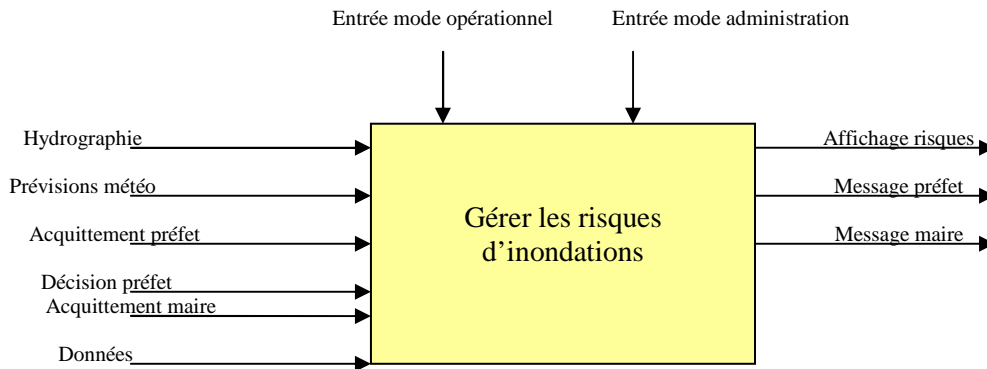


Diagramme de flux de données niveau 0

On peut raffiner la boîte « Veiller » avec le diagramme suivant :

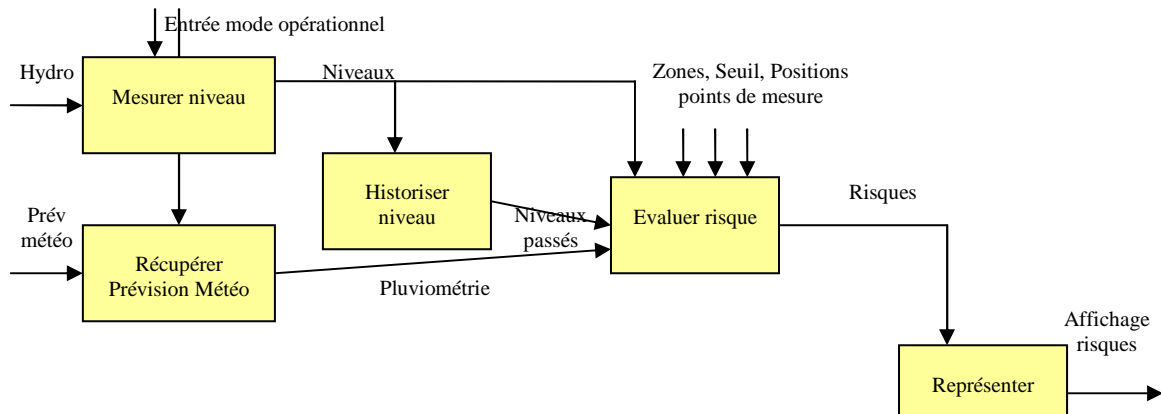
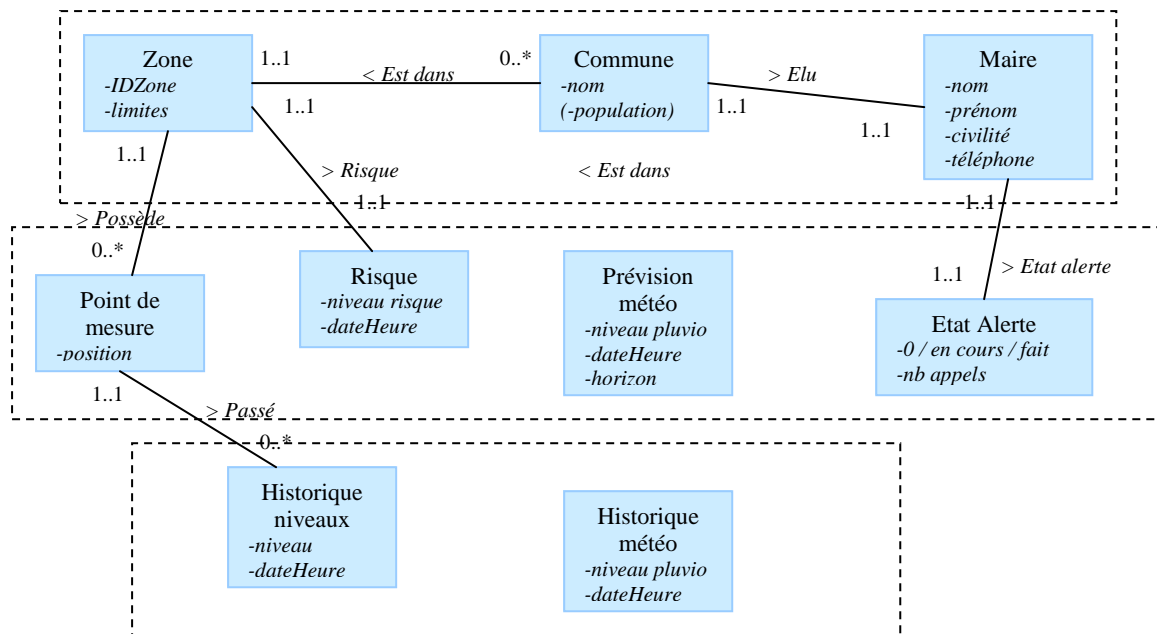


Diagramme de flux de données niveau 2 raffinant la fonction « Veiller »

### Point de vue sémantique

A partir du diagramme sémantique du domaine, on définit un nouveau diagramme sémantique qui définit les données du système (utilisées ou générées). Par rapport au diagramme sémantique du domaine, ce diagramme élimine certains concepts qui ne donnent pas lieu à un besoin de gestion de donnée dans le système, et ajoute des informations internes apparues au cours de l'analyse fonctionnelle. On précise également les attributs. On obtient une première approximation du ou des futurs schémas de données du système.

En voici un extrait ci-dessous :



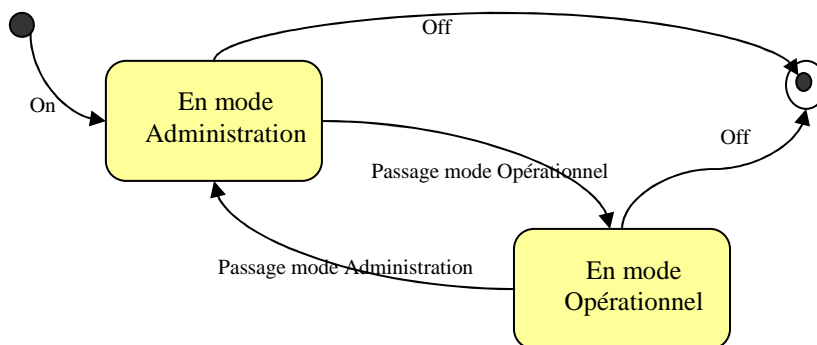
Point de vue sémantique

Apparaissent sur ce diagramme trois parties :

- Une partie quasi-permanente : référentiel, dont les données évoluent peu et lentement
- Une partie conjoncturelle liée à l'état de la crise, dont les données sont destinées à évoluer continuellement
- Une partie historique, dont les données sont enregistrées de manière cumulative.

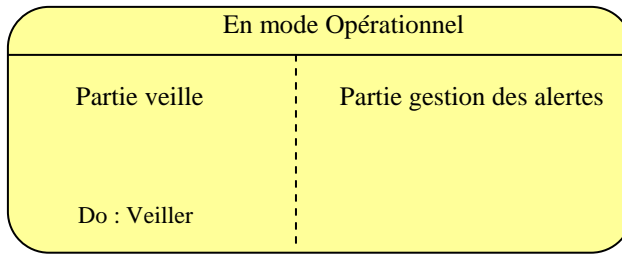
### Point de vue dynamique

Ce point de vue complète les deux autres en précisant la dynamique du système en termes de modes et de phases en fonction des événements qui surviennent.

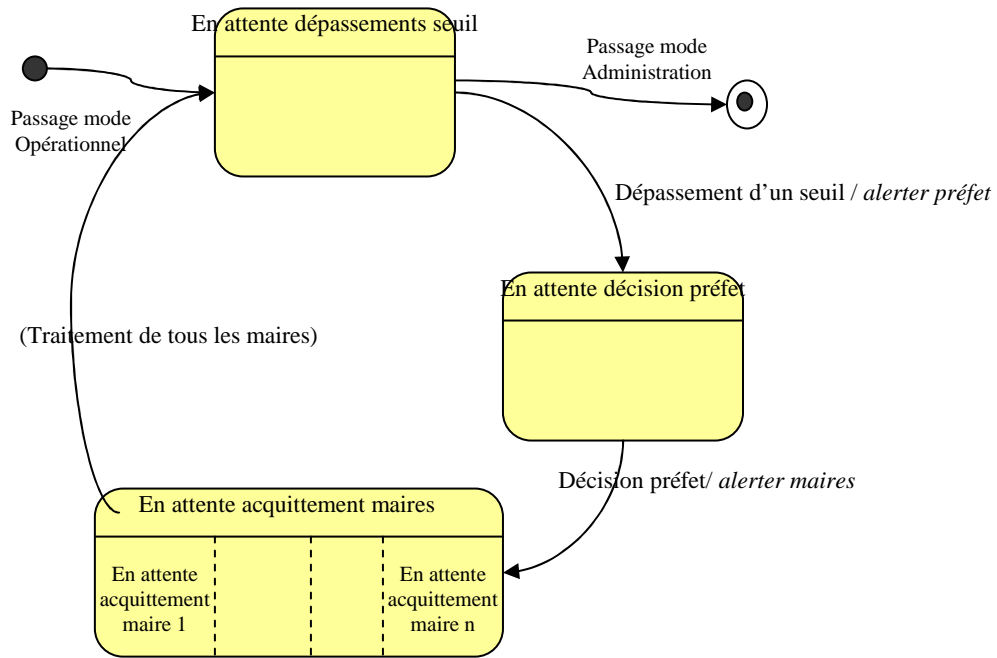


Point de vue dynamique (modes)

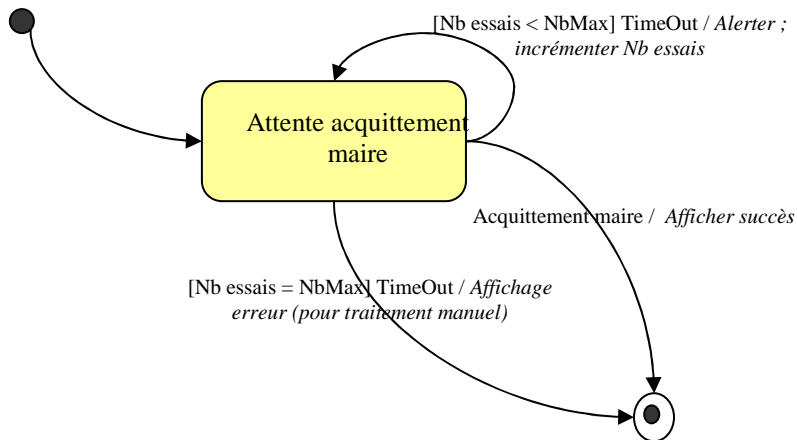
La dynamique interne du mode opérationnel est représentée par les Statecharts suivants :



Point de vue dynamique : mode Opérationnel



Point de vue dynamique : détail du mode Opérationnel



Point de vue dynamique : détail de l'état « En attente acquittement maire i

Il faut à ce stade vérifier la cohérence entre les trois aspects de la modélisation, et si besoin enrichir un ou plusieurs aspects des éléments nécessaires.

### C. Le niveau organique

La décomposition fonctionnelle montre qu'il faut résoudre les sous problèmes suivants :

- Sous problème 1 : déterminer la technologie de mesure et de transmission des niveaux hydrographiques.
- Sous problème 2 : déterminer la technologie de réalisation de la fonction d'envoi de SMS
- Sous problème 3 : déterminer la technologie pour assurer la reprise du système après panne matérielle
- Sous problème 4 : choix d'un pattern architectural.

Ces trois problèmes sont indépendants (pas d'interactions entre les choix).

Pour l'accès aux prévisions météo, on suppose que l'on s'appuie sur un service de Météo France disponible sur Internet sous la forme de Web Service.

Pour mener à bien une démarche complète, il convient de décomposer les exigences de niveau Système en exigences élémentaires s'appliquant à ces composants, ce que l'on fait ici de manière informelle pour simplifier la présentation.

Concernant le sous problème 1, il est nécessaire d'avoir des stations de capture distribuées au niveau de chaque point de capture de mesure, et 1) qui permettent la transmission de l'information vers le site central, 2) qui soit autoalimentées. La solution de transmission doit respecter les contraintes de l'environnement qui interdisent en particulier les solutions filaires. Il faut une solution de transmission sans fil

Sur ce premier point, une recherche sur le Web montre qu'il existe des solutions sur le marché qui satisfont toutes les exigences, par exemple la **station OPAL PLQ 2000 Paratronic**.

Concernant le sous problème 2, il est nécessaire sur ce point d'avoir une solution logicielle 1) qui permette l'envoi de SMS via une liaison téléphonique ou via Internet, 2) qui soit intégrable sous la forme d'une librairie (on suppose ici que la maître d'œuvre a décidé d'une implémentation en langage Java).

Une recherche sur le Web montre qu'il existe **plusieurs solutions Java** qui se distinguent sur différents points (nécessité de pré paiement de SMS ou bien passage par un numéro surtaxé). La solution à choisir doit être aussi indépendante que possible d'un service existant, car la durée de vie de la solution est conditionnée par celle du fournisseur de service.

Concernant le sous problème 3, les solutions basées sur des serveurs à haute disponibilité de serveur conduisant à un coût disproportionné avec le type de système envisagé, la solution qui s'impose est une solution basée 1) sur la **réplication des données conjoncturelles** opérée à tout instant ainsi qu'à 2) sur l'accès au système depuis des postes clients banalisés sur un réseau local. Il est meilleur sur le plan de la portabilité de développer une solution de réplication simple ad hoc plutôt que de s'appuyer sur une solution de réplication offerte par le SGBD.

Concernant le sous problème 4, la transparence à la fonction de réplication et la présence de postes banalisés pour l'accès aux interfaces homme machine imposent de séparer la couche de présentation d'une couche métier commune et distincte. Une **architecture client serveur à trois niveaux** s'impose donc.

Dans cette solution, les accès aux boîtiers de mesure distants et au logiciel d'envoi de SMS sont intégrés par le biais de serveurs logiciels spécialisés

On aura donc, au niveau technique (matériel et logiciel d'infrastructure) :

- Des postes de travail banalisés avec un navigateur Web
- Un serveur central avec le SGBD MySQL et les composants applicatifs et services à développer
- Un serveur de réplication avec également le SGBD MySQL

Et aura au niveau applicatif :

- Une couche de présentation avec une Interface Homme Machine « Veille », une IHM « Alerte » et une IHM « Administration » ;
- Une couche métier avec les composants applicatifs implémentant les objets métiers pour la collecte des informations de veille, et la gestion de l'alerte. Cette couche métier traduira en particulier les nouvelles informations en updates / insert SQL à la fois sur le serveur central et sur le serveur de réplication (il n'est pas nécessaire de faire appel à des transactions, ce qui simplifie l'implémentation et ne ralentit pas les opérations, les opérations sur la base de réplication pouvant être faites de manière asynchrone ;
- Une couche serveur avec d'une part le SGBD, et d'autre part des services développés spécifiquement : le serveur de mesure, le serveur d'envoi de SMS, leur service d'accès aux données de Météo France. Ces derniers services ont pour rôle d'une part de mettre à disposition des composants applicatifs des résultats sous la forme objets de types convenables, et d'autre part de désynchroniser si besoin la collecte des informations issues des dispositifs périphériques avec l'exécution des composants applicatifs.