

Objectifs: Dans le cadre de ses activités sur le bassin amazonien, le LMTG développe une plate-forme permettant de quantifier et d'interpréter les flux d'eau et de matières au sein du bassin amazonien à différentes échelles de temps (journalière, saisonnière et inter-annuelle) et d'espace. En s'appuyant sur un système d'informations géographiques et des bases de données et leurs traitements mis en place par ailleurs, il s'agit d'offrir un cadre facilitant l'intégration de modèles hydrologiques de différents types par le moyen d'une plate-forme chargée de l'IHM (interface homme-machine), de la fourniture des données d'entrée aux modèles (requêtes géographiques, caractéristiques physiques, séries chronologiques), de la connexion des modèles sous forme de "plug-ins", de la restitution des entrées et des sorties des modèles.

Matériels et méthodes

Gestionnaire de base de données : **Postgresql/Postgis** pour la gestion:

- des bases de données acquises in-situ : en provenance de l'ORE-HYBAM (Observatoire de recherche pour l'environnement), de campagnes de terrain, des réseaux nationaux d'observation; séries journalières de cotes, débits, pluies ; des séries décennales ou mensuelles de concentrations dans les fleuves de sédiments, d'éléments majeurs et traces, de carbone, de certains isotopes;
- d'une base de données d'altimétrie spatiale (en cours d'élaboration) à des stations virtuelles où des méthodes d'interpolation spatiale et temporelle permettent d'obtenir une série de cotes journalières;
- de différentes couches d'information regroupées dans une base de données géographiques (nature et occupation des sols, lithologie, MNT, vignettes MODIS à un pas de temps de 8 jours pour mettre en relation la couleur de l'eau et la concentration de sédiments).

UDIG : un système d'informations géographiques "open-source" basé sur les Geotools et sur la plate-forme de développement Eclipse 3.3 adoptée également pour le développement de la plate-forme de modélisation.

Une méthode de développement incrémentale et itérative : **2TUP (Two track unified process)** (Figure 1).

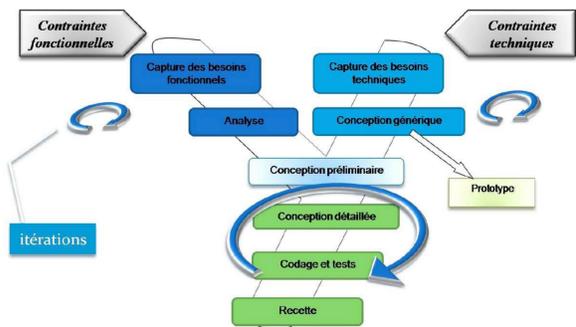


Figure 1 : La schématisation en Y utilisée pour représenter la méthode de développement 2TUP (Two Track Unified Process) (d'après Bassim, K.A. et Akaria, R., 2007).

Le langage **UML** (Netbeans 6) pour modéliser la conception et l'analyse de chaque module de la plate-forme. Différents types de diagrammes (statiques, comportementaux, dynamiques) permettent d'avoir différentes vues du système à développer (vue des éléments, de leurs interactions, des enchaînements de ces interactions) ; cette modélisation produit également une documentation indispensable à la maintenance future de l'application.

Développement J2EE : adapté à l'architecture multi-niveaux qui permet de séparer (y compris physiquement sur des machines distantes) l'accès aux bases de données, l'interface avec l'utilisateur et la logique métier. La norme J2EE fournit un ensemble de composants dont l'accès est facilité par l'utilisation d'interfaces de programmation (API) : par exemple, les EJB3 (Enterprise JavaBeans version 3), déployés sur un serveur distant d'applications JBoss ; développées ici sous Netbeans 6, elles permettent d'accéder aux bases de données, indépendamment du gestionnaire de bases de données utilisé.

Une architecture capable de répartir ses composants sur différentes machines (les calculs peuvent ainsi être effectués sur une machine dédiée) qui permet d'envisager également une solution "client-léger", plus simple à déployer chez les utilisateurs, permettant de modifier les paramètres de modélisation, de déporter l'exécution des procédures de calculs et de surveiller leur déroulement.

Enfin toutes les technologies utilisées sont des standards mûrs de l'industrie informatique dont la maintenance est accompagnée par de grands groupes (Sun, IBM, ...). Elles sont assurées d'une certaine pérennité et leur utilisation est massivement répandue.

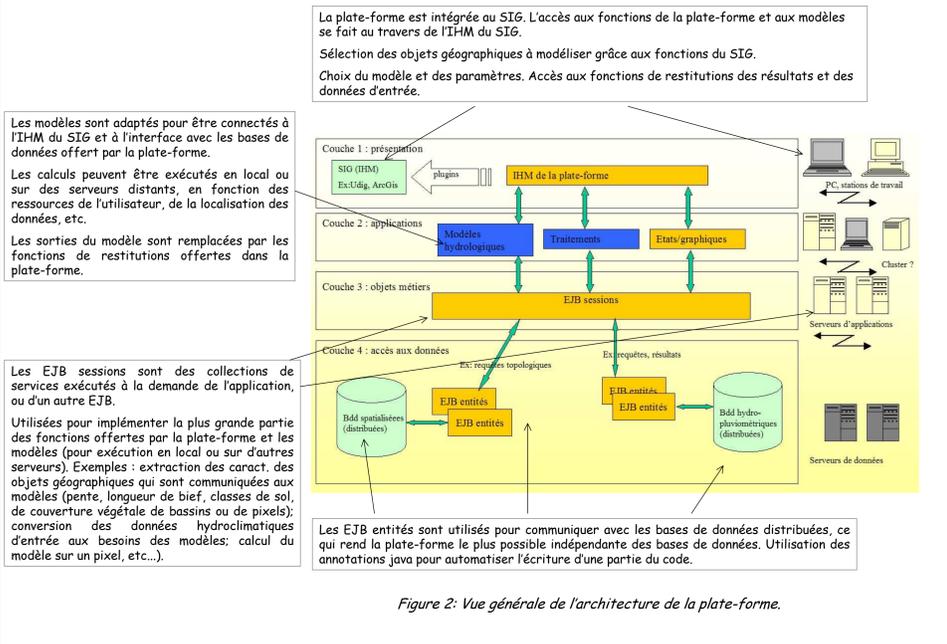


Figure 2: Vue générale de l'architecture de la plate-forme.

Un exemple d'intégration à la plate-forme : le modèle Muskingum-Cunge.

Muskingum-Cunge est un modèle de transfert de flux qui estime l'hydrogramme à la sortie d'un tronçon fluvial à partir d'un hydrogramme connu à l'entrée et des caractéristiques physiques du tronçon. Le modèle est basé sur la représentation 1D des équations de Saint-Venant. Déjà utilisé pour plusieurs études sur le rio Negro (un des constituants de l'Amazonie), dans une version programmée en dehors de la plate-forme et sans utilisation de SIG, ce modèle a été retenu comme première tentative d'intégration.

Dans le respect de la méthode de développement choisie, une analyse des besoins, menée avec un modélisateur, a permis d'établir les contraintes fonctionnelles alors que l'analyse de l'existant (bases de données, spatialisées ou non, distribuées ou non) a servi à définir les contraintes techniques. La figure 3 décrit, en notation UML, la décomposition en deux cas d'utilisation adoptée pour l'intégration de ce modèle dans la plate-forme.

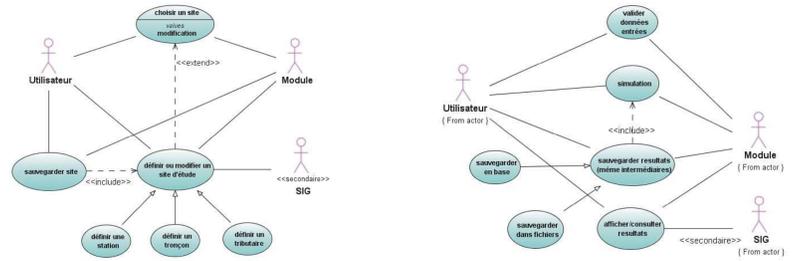


Figure 3: Diagrammes de cas d'utilisation (notation UML).

La conception se poursuit par l'établissement du diagramme de séquences, qui représente une vue dynamique du système et du diagramme d'état-transition pour représenter les cycles de vie parallèles des différents objets; ces diagrammes ne sont pas représentés ici. L'étape suivante du développement est l'établissement du diagramme de classes avant d'aborder l'implémentation elle-même en langage java.

Le choix du site d'étude se fait en choisissant la station amont et la station aval du bief à modéliser puis, en utilisant des requêtes spatiales, le module d'extraction identifie les stations situées sur le bief, découpe le bief en tronçons correspondants et calcule à partir des couches géographiques les caractéristiques nécessaires au modèle, qui peuvent également être complétées manuellement (figure 4).

L'application du modèle comprend les étapes préliminaires de vérification de la cohérence du site d'étude choisi :

- vérification de toutes les caractéristiques nécessaires au modèle et de tous les paramètres ;
- recherche dans la ou les bases de données, éventuellement distantes, des séries de données observées aux stations de contrôle, les séries de contribution des tributaires ainsi que les contributions locales de chaque tronçon élémentaire (entre deux stations) du bief étudié.

Après simulation par application du modèle, les résultats obtenus peuvent être affichés sous forme graphique ou texte, exportés sous forme de fichiers ou stockés, ainsi que la définition du site d'étude, dans une base de données où le tout pourra être consulté ultérieurement.

Sur la figure 5, la vue "Muskingum" affiche un exemple de graphique de résultats pour illustrer l'intégration de la plate-forme dans le SIG.

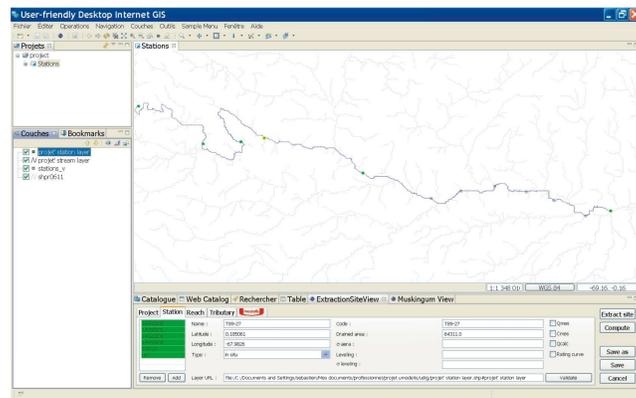


Figure 4: Module de définition du site d'étude intégré à Udig.

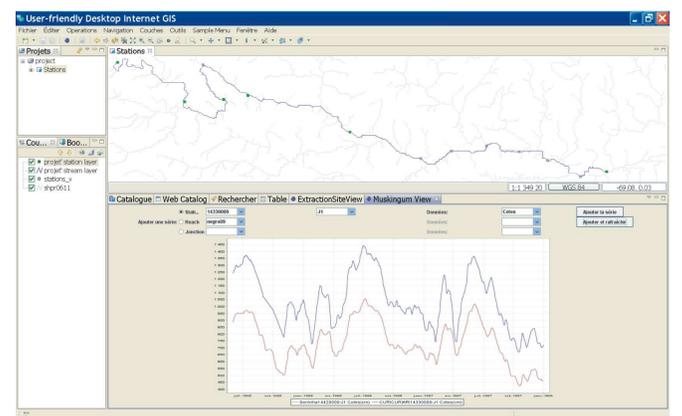


Figure 5: Exemple de graphiques de résultats du modèle Muskingum-Cunge.

Conclusion: dans l'état actuel du projet, les choix techniques inhérents au développement de la plate-forme ont été validés par l'intégration au sein de la plate-forme d'un modèle de type Muskingum-Cunge. D'autres adaptations sont en cours, qui nécessitent le développement de nouvelles interactions avec le SIG. L'utilisation exclusive de logiciels libres et/ou "open-source" facilite l'accès des partenaires du Sud à l'utilisation mais aussi au développement de la plate-forme, un autre objectif étant de l'ouvrir progressivement à un développement collaboratif pour y intégrer d'autres modèles et analyses. Les méthodes de développement, les standards et les technologies utilisés sont destinés à privilégier la pérennité de l'outil produit et faciliter sa maintenance. Enfin, si dans un premier temps, cette plate-forme est dédiée à l'analyse du fonctionnement hydrologique du bassin amazonien et s'appuie sur l'Observatoire de Recherche en Environnement HYBAM, elle sera facilement transposable à d'autres sites et à d'autres équipes s'intéressant au fonctionnement des bassins de taille supérieure à 1000 km².