

Focus

SIC², un logiciel pour la gestion des canaux, rivières et fleuves

Le logiciel SIC², développé à Irstea, est un modèle de simulation du comportement hydraulique des canaux d'irrigation. Outil efficace, il permet aussi bien aux gestionnaires d'un canal qu'aux chercheurs, de simuler rapidement un grand nombre de configurations hydrauliques tant au niveau de la conception que de la gestion.

Le logiciel SIC² (Simulation Intégrée des Canaux et de leur Contrôle) est l'un des modèles d'hydraulique développés à Irstea. Les premiers développements numériques de modélisation hydraulique ont commencé au début des années 1970. Aujourd'hui, l'institut propose différents modèles en fonction du type de système ou d'événement à simuler (rivières, crues, canaux d'irrigation, rupture de barrages, réseaux sous pression...).

Un de ces logiciels est particulièrement dédié aux canaux d'irrigation. Ce modèle, initialement appelé SIC (en anglais : *Simulation Irrigation Canals*), a été adapté à la fin des années 1980 à partir d'autres modèles développés par l'institut. Il est développé au centre Irstea de Montpellier. La commercialisation, la maintenance et les formations au logiciel sont assurées par l'institut.

Un logiciel pour modéliser l'hydraulique des canaux et des rivières spécialisé pour les canaux d'irrigation

La simulation des écoulements dans le logiciel SIC² est basée sur des calculs d'hydraulique unidimensionnelle en régime permanent et transitoire (équations de Saint-Venant). Les calculs peuvent être exécutés sur tout type de réseau hydraulique, ramifié ou maillé. Les biefs de canaux ou de rivières peuvent être constitués d'un lit mineur, moyen et majeur, ainsi que de casiers.

La plupart des modèles unidimensionnels d'hydraulique à surface libre sont conçus pour modéliser les rivières naturelles. En plus de cette utilisation classique, SIC² intègre toutes les caractéristiques spécifiques aux canaux d'irrigation. En particulier, il est capable de modéliser les ouvrages en travers et latéraux habituellement rencontrés sur ce type de système. De nombreux ouvrages sont disponibles dans la bibliothèque de SIC² : vannes et seuils horizontaux, seuils obliques ou trapézoïdaux, les vannes de régulation automatiques hydromécaniques conçues par GEC-Alstom (AMIL[®], AVIS[®], AVIO[®] et MIXTES[®]), etc. Toutes les conditions hydrauliques sont prises en compte pour ces ouvrages, comme par exemple, l'écoulement à surface libre ou la surverse au-dessus d'une vanne, et des transitions continues sont garanties entre toutes ces conditions.

Un outil d'aide à la conception de canaux

Les bureaux d'études utilisent principalement SIC² pour réaliser de la conception ou de la réhabilitation de canaux d'irrigation. SIC² leur permet de tester les aménagements prévus pour les différents scénarios de gestion du canal qui peuvent être des scénarios de distribution de l'eau au tour d'eau ou à la demande.

Afin de faciliter l'analyse d'un réseau existant ou la conception d'un nouveau réseau, en plus des résultats classiques calculés par ce type de logiciel (débits, vitesses, hauteurs d'eau, etc.), SIC² calcule des variables comme les volumes des biefs, les temps de retard purs ou moyens, les perturbations maximales autorisées compte tenu de contraintes de marnage, des indicateurs de performance de distribution d'eau aux prises, etc.

Un outil d'aide à la gestion manuelle

La bonne gestion d'un canal consiste à délivrer au moment voulu, la quantité d'eau désirée à un point de destination sur le réseau. SIC² propose plusieurs outils comme le calcul de l'ouverture des vannes aux prises pour obtenir un débit désiré en permanent ou transitoire, ou encore le calcul de l'ouverture des vannes sur un canal pour obtenir une certaine hauteur d'eau dans ce dernier.

Tester et mettre en œuvre les outils de l'automatique pour la régulation hydraulique des canaux

Une des spécificités du logiciel SIC² est d'être particulièrement adapté à la définition, l'optimisation et le test de règles de gestion des ouvrages situés sur les réseaux modélisés. Il est possible de sélectionner des algorithmes de gestion parmi une bibliothèque préprogrammée (PID, ATVPID, Bival, contrôleurs multi-variables dans l'espace d'état, stations de pompage avec seuils de déclenchement et temporisation, etc.). Il est également possible d'écrire n'importe quelle règle de gestion dans un langage simple (WD Langage), ou d'utiliser les logiciels de calcul numérique tels que Matlab[®] ou Scilab[®] que l'on peut interfacer avec SIC².

Interfaçage avec des SCADA

Afin de pouvoir piloter directement des ouvrages de régulation, pour tester des algorithmes sur un système grandeur nature par exemple, SIC² propose une interface SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Ainsi, SIC² est capable d'être alimenté par des données temps réel, de manœuvrer des ouvrages à distance ou de valider un logiciel de commande temps réel.

Assimilation de données

SIC² dispose d'un module permettant de prendre en compte des données mesurées sur le terrain pour effectuer de l'assimilation de données. Il est ainsi possible de détecter des défauts ou pannes de capteurs, de corriger des données erronées, de reconstituer des données non mesurées, de détecter et localiser des apports ou des pertes non mesurées (affluents ou prises), etc. La technique d'assimilation de données employée dans SIC² est celle dite du « filtre de Kalman » dont l'une des premières applications eut lieu à la NASA dans les années 1960 pour estimer la trajectoire des fusées du programme Apollo.

Un outil d'aide pour la gestion de la qualité des eaux et des sédiments

Un modèle qualité adossé au modèle hydraulique permet de simuler le transport et la transformation d'éléments variés : température, substances chimiques, algues ou sédiments. Le module sédiment a la capacité de modéliser la modification du lit du cours d'eau (érosion ou dépôt) et de prendre en compte ces modifications dans les calculs hydrauliques. Ce modèle est notamment utilisé par la Société du canal de Provence (SCP) pour lutter contre la prolifération des algues dans les canaux alimentant la ville de Marseille en eau potable. Cette lutte consiste à décroché les algues des parois du canal en réalisant une chasse hydraulique (augmentation soudaine du débit). SIC² est utilisé pour dimensionner et contrôler en temps réel les effets de la chasse, pour limiter la turbidité de l'eau dans le canal et respecter les contraintes de potabilité.

Un outil pour l'optimisation et la recherche

En dehors des interfaces homme-machine classiques, SIC² peut aussi être piloté par des programmes externes pour lancer automatiquement des simulations et récupérer les résultats sous forme de fichiers textes. Ces options permettent de faire, par exemple, de l'optimisation de la conception, du calage ou de la gestion hydraulique quantitative ou qualitative.

Cette ouverture du logiciel vers d'autres outils est une fonctionnalité largement utilisée au sein de l'équipe « Gestion opérationnelle » d'Irstea Montpellier pour effectuer ses recherches qui vont de la modélisation d'ouvrages complexes telle que la vanne point triple du canal EDF de la Durance aux études d'évolutions du régime hydrologique de la rivière Lez à Montpellier dues au changement global, en passant par l'étude d'une lutte intégrée contre la prolifération d'algues sur la fontaine de Nîmes.

Un logiciel de référence dans le domaine de l'irrigation en perpétuelle évolution

Depuis plus de vingt ans, l'équipe « Gestion opérationnelle » d'Irstea Montpellier effectue des recherches dans le domaine de la régulation des systèmes hydrauliques à surface libre (ensemble barrages-rivières, canaux d'irrigation ou de transport d'eau en général, réseaux de drainage...). Ces recherches ont pour objet de répondre aux besoins des concepteurs et gestionnaires de ces systèmes. À ce titre, le logiciel SIC² est l'outil central utilisé au quotidien par l'équipe, à la fois pour répondre aux questions de recherche, mais aussi pour transférer les nouvelles technologies. En effet, les résultats des recherches sont implémentés aussitôt dans SIC² pour que les utilisateurs bénéficient des dernières avancées de la recherche. Cela fait de SIC² un vecteur unique au monde de transfert de connaissance vers le monde opérationnel travaillant dans ce domaine.

Après s'être spécialisé dans le domaine de l'irrigation, en proposant une interface adaptée pour une utilisation « grand public », les perspectives de futurs développements dans le logiciel sont multiples. Outre les améliorations de l'ergonomie (échange de données avec des systèmes d'information géographique...), les futures voies de développements se situent dans des domaines touchant le système canal-rivière :

- aide à la conception des canaux (optimisation des coûts de déblais-remblais),
- régulation de paramètres de qualité des eaux,
- différentes applications offertes par l'assimilation de données (détection de panne de capteur, reconstitution d'informations non mesurées...).

Elles se situent également au niveau de l'interface avec d'autres modèles situés aux frontières physiques de ce système :

- des modèles hydrologiques du génie rural (développés au laboratoire de l'unité de recherche HBAN, Hydrosystèmes et bioprocédés, Irstea Antony),
- le modèle agronomique de demande en eau PILOTE (unité mixte de recherche G-Eau, Gestion de l'eau, acteurs et usages, Irstea Montpellier),
- le modèle hydraulique 2D RUBAR 20 (unité de recherche HHLY, Hydrologie-Hydraulique, Irstea Lyon). ■

Les auteurs

David DORCHIES, Jean-Pierre BAUME et Pierre-Olivier MALATERRE

Irstea, centre de Montpellier
UMR-G-EAU, Gestion de l'eau, acteurs et usages
361 rue J.-F. Breton, BP 5095
34196 Montpellier Cedex 5

✉ david.dorchies@irstea.fr

✉ jean-pierre.baume@irstea.fr

✉ pierre-olivier.malaterre@irstea.fr

EN SAVOIR PLUS...

📄 Pour obtenir des informations et de la documentation sur le logiciel SIC² : <http://sic.g-eau.net>

Focus

Des chasses hydrauliques pour la gestion de populations algales en canaux

Les développements d'algues filamenteuses dans les canaux de transport d'eau provoquent des nuisances physiques et chimiques qui induisent d'importantes contraintes pour la gestion des canaux de distribution d'eau. Des stratégies de gestion originales sont présentées ici à travers l'exemple de la gestion d'algues filamenteuses sur deux canaux du Sud de la France.

B

on nombre de canaux de transport d'eau brute sont concernés par le développement de végétation, et notamment d'algues. Celles-ci affectent la gestion des réseaux de canaux en s'accumulant dans les ouvrages de distribution et de régulation, dégradant la mesure des débits, voire la qualité de l'eau. Ce sujet est particulièrement sensible pour les eaux destinées à la potabilisation ou à la distribution d'eau brute aux particuliers. La prise en compte de la qualité de l'eau est un nouvel enjeu pour la régulation hydraulique : quel effet, sur le long terme, cette régulation a-t-elle sur la qualité de l'eau ? Comment l'utiliser pour maîtriser cette qualité ? Comment optimiser la gestion d'événements ponctuels prévus (chasses hydrauliques) ou imprévus (pollutions accidentelles) ? Des éléments de réponse sont apportés à travers l'exemple de la gestion d'algues filamenteuses sur deux canaux du Sud de la France : un canal récent à haute technicité et fort enjeu sur la qualité de l'eau, le canal de Provence, et un canal traditionnel en pleine phase de modernisation, le canal de Gignac.

Des chasses hydrauliques pour gérer des populations algales

Nuisances occasionnées par les algues

Le développement des végétaux et des algues dans les canaux à ciel ouvert est un phénomène naturel. Le régime hydraulique, les conditions ambiantes (température, ensoleillement, etc.) et, bien sûr, la qualité de l'eau sont autant de facteurs qui déterminent l'importance et la rapidité de ce développement. Pourtant, de très faibles concentrations en nitrates et phosphates suffisent à permettre la croissance des végétaux aquatiques. Ainsi, la présence d'algues et macrophytes n'est pas nécessairement liée à une pollution des eaux, comme en témoignent les deux sites d'étude où les eaux, provenant du Verdon et de l'Hérault, sont reconnues d'excellente qualité physico-chimique.

Les plantes aquatiques, enracinées dans un substrat pouvant être limité à une fine épaisseur de dépôts, posent essentiellement des problèmes de résistance à l'écoule-

ment et de colmatage d'ouvrages en cas d'arrachement. Les algues n'ont quant à elles pas de système racinaire et se développent plus facilement sur les berges même bétonnées. Leur croissance peut être très rapide, mais elles sont aussi plus sensibles aux variations de courant qui peuvent provoquer alors leur détachement partiel. Des fragments d'algues sont arrachés des parois, puis se retrouvent en suspension sous forme de filaments de plusieurs millimètres à plusieurs centimètres de long. Les nuisances se font rapidement sentir pour l'exploitant : colmatage des systèmes de filtration, consommation de chlore par la matière organique, etc. Le colmatage peut entraîner des difficultés de régulation du débit, un manque d'eau en aval, des chutes de pression, des erreurs de comptage des débits, et, dans les cas extrêmes, le dénoyage de galeries. Dans un contexte d'usage « eau potable » ou d'application industrielle particulière, les algues peuvent dégrader la qualité organoleptique, accroître les besoins de traitement et de veille sanitaire vis-à-vis des cyanobactéries.

Des opérations de maintenance régulières sont nécessaires pour résoudre les problèmes à mesure qu'ils apparaissent. In fine, des opérations curatives lourdes, comme le curage mécanique ou manuel nécessitant la fermeture des canaux, peuvent s'avérer inévitables. Pour autant, ces dernières n'empêchent pas la recolonisation rapide des algues et de nouvelles nuisances dans un délai relativement court.

Des approches complémentaires mobilisées au service de la gestion

Les capacités de régulation avancées du canal de Provence ont permis de tester des stratégies de chasse hydraulique utilisées parfois en rivière pour l'entraînement de sédiments (Kondolf et Wilcock, 1996). L'application à la gestion de populations algales est plus originale, mais les canaux peuvent aussi être beaucoup plus facilement régulés que les rivières. Partant d'une approche empirique, le projet de recherche « Algequeue » (soutenu par l'Agence nationale pour la recherche, programme « Écotecnologies et développement durable » 2007-2011) a associé gestionnaires et équipes de recherche en régulation hydraulique et en hydrobiologie pour mieux