

CET ARTICLE EST LE
TEXTE D'UNE
COMMUNICATION QUE
PRÉSENTERONT LES
AUTEURS AUX
16^e JOURNÉES
EUROPÉENNES DE LA
CIID QUI AURONT LIEU
A BUDAPEST
(HONGRIE) EN JUIN
1992.

UN MODÈLE INFORMATIQUE POUR LA GESTION DES CANAUX D'IRRIGATION

Application au canal de Kirindi-Oya (Sri-Lanka)

Jean-Pierre BAUME, Frédéric CERTAIN, Pierre-Olivier MALATERRE,
CEMAGREF (*) et Jacques REY, Hilmy SALLY, IIMI (**)

La gestion des canaux d'irrigation est souvent peu satisfaisante du fait de la complexité des systèmes considérés. Le recours à un modèle informatique hydraulique permet,

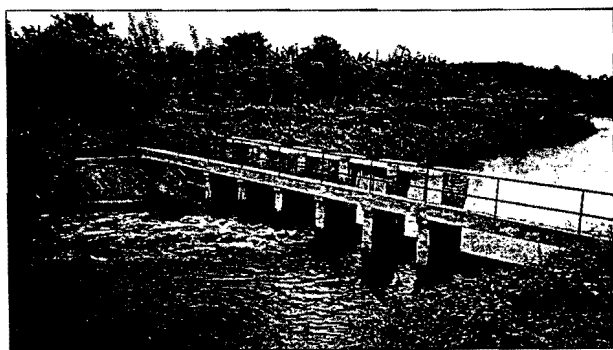
à travers les simulations effectuées, de reproduire et d'évaluer les règles actuelles de gestion des canaux et d'en diagnostiquer les dysfonctionnements.

L'augmentation des récoltes et donc des revenus agricoles est largement liée aux développements de l'irrigation dans le monde. Cependant, il est maintenant communément admis que les investissements en irrigation ne donnent pas les résultats escomptés.

Parmi les raisons qui expliquent cette situation, on mentionne fréquemment la mauvaise gestion des canaux de distribution, en particulier dans les pays en voie de développement. L'eau est souvent inégalement répartie et l'utilisation de cette eau n'est pas satisfaisante, ce qui entraîne des pertes d'eau dans un contexte de pénurie.

Des solutions ont été suggérées pour améliorer la distribution de l'eau dans les systèmes d'irrigation. Les améliorations sont d'ordre fonctionnel (prise en compte de la sociologie du périmètre, adaptation des instituts de gestion, etc.) ou d'ordre technique (réhabilitation des canaux, régulation des ouvrages, etc.).

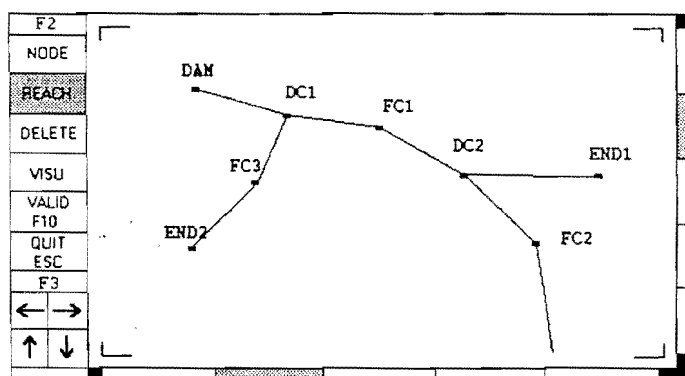
L'amélioration technique de la distribution d'eau nécessite une bonne connaissance du comportement hydraulique des canaux et des ouvrages. Les



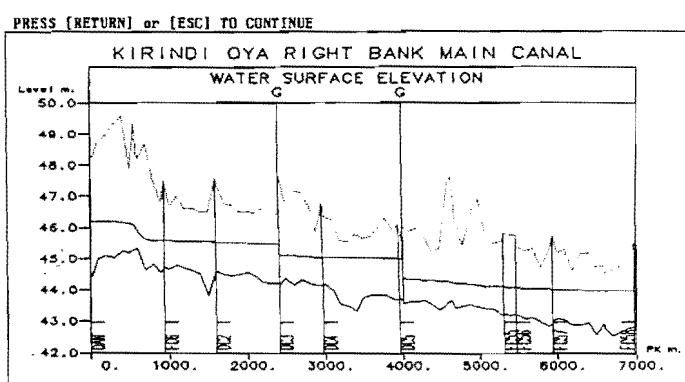
(*) CEMAGREF MONTPELLIER, 361, rue J.F.-Breton, B.P. 5095, 34033 Montpellier Cedex 1.

(**) International Irrigation Management Institute, PO Box 2075, Colombo - Sri-Lanka.

**Saisie du réseau
à modéliser
(unité I)**



**Sortie graphique
d'un calcul de ligne d'eau
en régime permanent
(unité II)**



modèles numériques d'hydraulique à surface libre sont un bon moyen d'obtenir une meilleure connaissance du fonctionnement de ces systèmes. Ils évitent d'avoir recours à l'expérimentation de terrain et donc de perturber le fonctionnement opérationnel.

Le modèle est capable de répondre aux principaux problèmes qui se posent aux ingénieurs gestionnaires de canaux. En particulier, il permet de tester des règles de gestion, voire de mettre au point des régulations automatiques.

Les techniques complexes de régulation automatique sont souvent trop sophistiquées pour être utilisées sur des petits canaux dans les pays en voie de développement. D'où l'idée d'utiliser le modèle pour simuler différentes gestions des ouvrages en travers et des lâchures, afin d'améliorer la gestion manuelle. La méthodologie proposée par les auteurs est de mettre un modèle à la disposition des gestionnaires d'un canal d'irrigation, et que ceux-ci l'utilisent de façon opérationnelle dans la gestion quotidienne du canal, en testant eux-mêmes les règles de gestion qu'ils voudraient appliquer.

Le logiciel doit fonctionner sur un ordinateur de type PC disponible à présent dans les organismes de gestion des périmètres.

Pour pouvoir être utilisé par des personnes ayant peu de connaissances en hydraulique et en informatique, le modèle doit posséder une interface utilisateur la plus conviviale possible et disposer d'une aide en ligne efficace. Le logiciel SIC a été développé pour répondre à ces besoins.

Le logiciel SIC

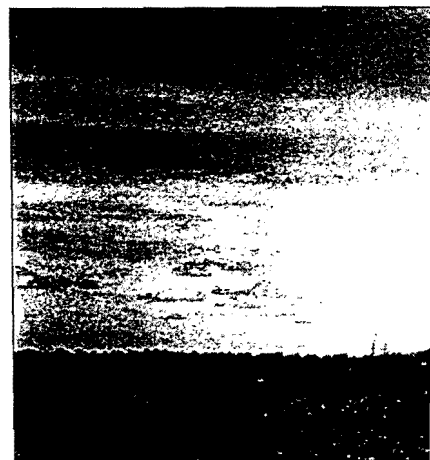


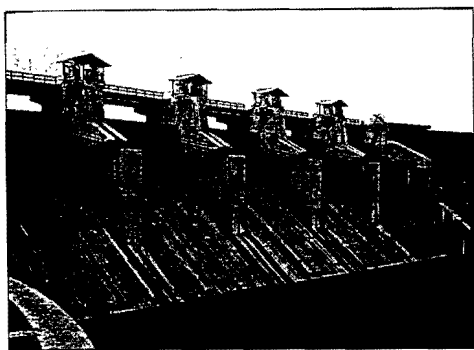
Le logiciel SIC a été réalisé à partir des modèles d'hydraulique à surface libre disponibles au CEMAGREF, et des interfaçages développés dans le cadre du projet de modélisation du canal de Kirindi-Oya au Sri-Lanka avec l'IIMI. Le financement de l'opération a été supporté à moitié par le CEMAGREF et à moitié par les ministères des Affaires Étrangères et de la Coopération. Un comité de pilotage constitué avec des représentants de

bureaux d'étude et d'établissements de formation a assuré le suivi du projet.

La modélisation est basée sur des calculs d'hydraulique unidimensionnelle en régime permanent et transitoire. Le modèle SIC est divisé en trois unités qui peuvent être lancées séparément ou en séquence.

L'UNITÉ I, ou unité topographique, permet d'introduire au moyen d'un éditeur graphique les données géométriques décrivant le canal, et





**Les gestionnaires
du canal d'irrigation doivent
pouvoir utiliser ce modèle
dans la gestion quotidienne du canal,
en testant eux-mêmes les règles
de gestion qu'ils voudraient appliquer**



gène les fichiers de topographie nécessaires pour les autres unités. Les principales originalités techniques de cette unité résident dans le classement automatique des biefs afin de faciliter les calculs ultérieurs, en particulier pour la maille.

Le programme détermine aussi, automatiquement, les points où il faudra impérativement rentrer des conditions aux limites amont en débit et aval en cote.

L'UNITÉ II, ou unité de calcul en régime permanent, permet le calcul de la ligne d'eau en régime permanent dans un réseau maillé de canaux (on rappelle qu'un réseau est maillé quand la répartition des débits dans les divers biefs n'est pas connue a priori). Cette unité peut aussi calculer les ouvertures des prises et des ouvrages en travers, pour satisfaire des consignes en débit aux prises et une cote objectif à l'amont des régulateurs.

Les résultats sont disponibles sous forme graphique (à l'écran et sur table traçante) et sous forme numérique (à l'écran, sur fichier ou imprimante).

Le calcul de la ligne d'eau s'effectue de façon classique par l'intégration numérique de l'équation de la ligne d'eau. Les particularités techniques à remarquer concernent la détermination de la répartition des débits dans les biefs de maille, ainsi qu'une modélisation des vannes permettant de simuler, de façon continue, leur fonctionnement en régime noyé, dénoyé, en charge ou à surface libre.

D'autre part, la modélisation des prises permet de prendre en compte une influence aval, sans avoir à modéliser les secondaires.

L'UNITÉ III, ou unité de calcul en transitoire, permet de calculer la ligne d'eau en transitoire en réseau ramifié. Partant d'une ligne d'eau en régime permanent, elle permet de simuler le comportement d'un canal soumis à des lâchures données et à des manœuvres de prises et d'ouvrages en travers.

L'efficacité de la distribution de l'eau aux prises est quantifiée sous forme d'indices de satisfaction, calculés en termes de volumes d'eau et de temps, par rapport à des objectifs de débits demandés aux prises. Les résultats sont disponibles sous forme graphique ou sous forme numérique (écran ou fichier) tout comme pour l'unité II.

La modélisation est basée sur l'intégration numérique des équations de Saint-Venant, par discrétisation implicite, suivant le schéma de Preissman et résolution du système linéaire obtenu par la méthode du double balayage.



L'originalité réside dans le type de linéarisation adopté au niveau des ouvrages en travers et des prises.

L'unité III est fournie sous forme de code objet permettant d'introduire facilement des modules de régulation.

Une des premières études réalisées à l'aide du logiciel SIC s'est faite sur le canal principal rive droite de Kirindi-Oya. Lors de cette étude, le modèle SIC n'existait pas en tant que tel, mais une version très proche, dédiée au canal de Kirindi-Oya, était en cours de développement avec l'IMI. Ce modèle, appelé RBMC (Right Bank Main Canal), a permis de mettre au point les interfaces adaptées à une utilisation par les gestionnaires du canal, et peut être considéré comme une application du logiciel SIC dédiée à un site particulier.

Son application au périmètre Kirindi-Oya

Le périmètre irrigué de Kirindi-Oya a une surface de 5 200 ha. La culture principale est le riz qui peut produire deux récoltes par an, mais certaines parcelles sont prévues pour des cultures maraîchères en saison sèche, du fait de l'insuffisance de la ressource en eau.

Il est alimenté en eau par le réservoir de Lunuganwehera d'une capacité de 198 millions de m³. Ce réservoir dessert deux canaux primaires, l'un en rive gauche (1 600 ha), l'autre en rive droite (3 600 ha). Le canal rive droite

est celui qui a été retenu pour l'étude du fait de la complexité de sa gestion. C'est un canal en terre non revêtu, de 32 km de long, conçu pour un débit de plein bord de 13 m³/s en tête. Un total de 34 secondaires ou tertiaires est alimenté à partir de ce canal. Les niveaux d'eau dans le canal sont réglés au moyen de 14 régulateurs composés de 2 à 5 vannes de fond manuelles, et d'un seuil de sécurité arasé à la cote de consigne amont. La gestion de ces 14 régulateurs est un des points clés pour un bon fonctionnement de l'ensemble du canal. Dans un contexte de pénurie d'eau, la gestion actuelle des ouvrages n'optimise pas l'utilisation de l'eau, ce qui accentue la pénurie en fin de saison sèche.

La première phase de l'étude a consisté à calibrer le modèle et à étudier la gestion manuelle actuelle du canal. L'étude de la gestion des régulateurs repose sur des enquêtes menées auprès des opérateurs, et sur des mesures précises de ces opérations lors des campagnes de terrain. L'analyse est relativement simple en ce qui concerne les temps, fréquences et durées de passages des opérateurs. Il en est de même pour les critères d'intervention à un régulateur (écart supérieur et inférieur par rapport à la cote objectif). Par contre, il est beaucoup plus difficile d'analyser et de modéliser les méthodes d'évaluation des ouvertures à appliquer aux vannes des régulateurs lors d'une manœuvre. Ces méthodes sont le fruit d'une expérience de plusieurs années de manipulation. Ainsi, l'ouverture appliquée n'est pas uniquement proportionnelle à l'écart en cote amont observé. Elle incorpore d'autres para-

mètres hydrauliques dont l'opérateur a la connaissance intuitive. L'étude et la mise au point du module de simulation de la gestion actuelle des régulateurs est une étape qui a nécessité beaucoup de travail. Ce module a dû être amélioré de nombreuses fois, afin de suivre au mieux la complexité des méthodes employées. Le module a ensuite permis d'étudier la gestion des régulateurs sur certains scénarios réalistes dégagés durant les visites de terrain, et de retrouver les oscillations des niveaux observés.

Les premières utilisations

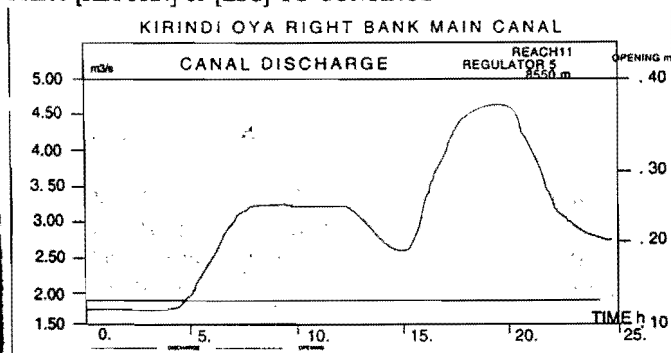
Afin d'améliorer les méthodes actuelles de la gestion manuelle, on a envisagé des modifications des règles d'intervention des opérateurs, basées sur des informations dont ils disposent ou pourraient disposer facilement. Ces nouvelles règles ont été testées sur les scénarios retenus et comparées aux résultats de la gestion actuelle. L'évaluation des performances de la gestion se base sur l'étude des indices de satisfaction aux prises, et sur les temps de stabilisation des niveaux aux régulateurs.

Plusieurs scénarios ont pu être étudiés grâce au modèle et, en particulier, un scénario correspondant à un changement de débit en tête de canal.

Dans cette hypothèse, les règles actuelles de gestion du canal permettent de stabiliser la ligne d'eau, mais les nouvelles conditions d'équilibre ne sont atteintes qu'après plusieurs jours et de nombreuses manipulations aux ouvrages.

Le protocole suivant permet de stabiliser le canal en une journée : le gestionnaire simule l'état initial avec l'UNITÉ II, puis il simule l'état final pour calculer l'ouverture des régulateurs pour le nouveau débit. Il simule la propagation de la lâchure avec l'UNITÉ III sans opération aux ouvrages, pour déterminer les temps d'arrivées et la hauteur de la vague aux régulateurs. Il simule la même propagation avec une manœuvre à mi-

PRESS [RETURN] or [ESC] TO CONTINUE



Sortie graphique d'un hydrogramme calculé en régime transitoire (unité III)

vague, ou en début de vague, suivant les fluctuations tolérées. Il peut voir alors, sur le modèle, la réponse de son canal et indiquer à chaque opérateur à quelle heure il devra manœuvrer et la valeur de l'ouverture à appliquer.

Les premières utilisations du modèle ont été réalisées par l'IMI, mais à présent le modèle est implanté sur le site, et le gestionnaire commence à l'utiliser pour résoudre ses problèmes de gestion quotidienne. La première phase d'appropriation du modèle commence par un entraînement à l'utilisation du logiciel, le gestionnaire cherche à modéliser les incidents se produisant sur le canal, et comprend ainsi le fonctionnement global de l'ouvrage. Par exemple, il modélise l'influence d'une ouverture illicite d'une prise pendant la nuit et voit les conséquences sur l'ensemble du canal. La deuxième phase en cours de réalisation doit amener le gestionnaire à chercher lui-même les meilleures réponses aux problèmes de gestion ren-

contrés sur le canal, et à mettre en place les nouvelles règles de façon opérationnelle.

Conclusion

Beaucoup de modèles mathématiques de simulation des écoulements ont déjà été utilisés pour étudier l'hydraulique des rivières ou des canaux à travers le monde. Mais l'intérêt de cette étude réside dans l'utilisation opérationnelle du modèle pour améliorer les procédures de gestion manuelle d'un canal d'irrigation, et pour proposer des procédures plus performantes. Le logiciel SIC est un outil de simulation hydraulique des canaux d'irrigation bien adapté à ce type d'utilisation. Il allie la convivialité de l'interfaçage à la puissance des modules de calcul. Cette ergonomie lui donne des possibi-

lités, tant au niveau de l'exploitation d'un canal que de la conception ou de la formation aux problèmes de la régulation des transferts d'eau.

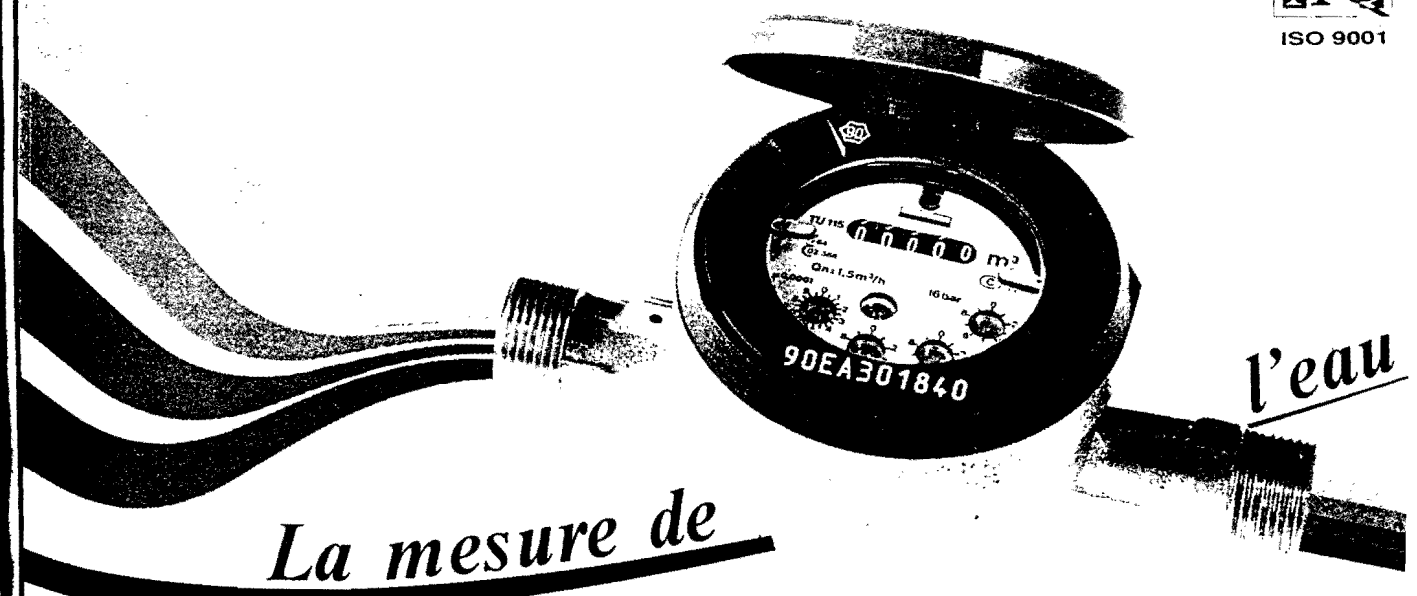
Le logiciel SIC est commercialisé par le CEMAGREF qui anime un club des utilisateurs pour communiquer les derniers développements et maintenir un contact entre les différents utilisateurs. L'utilisation du modèle SIC par divers opérateurs permet d'enrichir le produit, par exemple en ce qui concerne les modèles de régulation standard.



Flostar



ISO 9001



La mesure de

Compteur jet unique classe C

Schlumberger Industries

DÉPARTEMENT EAU FRANCE B.P. 620-03 - 92542 Montrouge Cedex France

vague, ou en début de vague, suivant les fluctuations tolérées. Il peut voir alors, sur le modèle, la réponse de son canal et indiquer à chaque opérateur à quelle heure il devra manœuvrer et la valeur de l'ouverture à appliquer.

Les premières utilisations du modèle ont été réalisées par l'IMI, mais à présent le modèle est implanté sur le site, et le gestionnaire commence à l'utiliser pour résoudre ses problèmes de gestion quotidienne. La première phase d'appropriation du modèle commence par un entraînement à l'utilisation du logiciel, le gestionnaire cherche à modéliser les incidents se produisant sur le canal, et comprend ainsi le fonctionnement global de l'ouvrage. Par exemple, il modélise l'influence d'une ouverture illicite d'une prise pendant la nuit et voit les conséquences sur l'ensemble du canal. La deuxième phase en cours de réalisation doit amener le gestionnaire à chercher lui-même les meilleures réponses aux problèmes de gestion ren-

contrés sur le canal, et à mettre en place les nouvelles règles de façon opérationnelle.

Conclusion

Beaucoup de modèles mathématiques de simulation des écoulements ont déjà été utilisés pour étudier l'hydraulique des rivières ou des canaux à travers le monde. Mais l'intérêt de cette étude réside dans l'utilisation opérationnelle du modèle pour améliorer les procédures de gestion manuelle d'un canal d'irrigation, et pour proposer des procédures plus performantes. Le logiciel SIC est un outil de simulation hydraulique des canaux d'irrigation bien adapté à ce type d'utilisation. Il allie la convivialité de l'interfaçage à la puissance des modules de calcul. Cette ergonomie lui donne des possibi-

lités, tant au niveau de l'exploitation d'un canal que de la conception ou de la formation aux problèmes de la régulation des transferts d'eau.

Le logiciel SIC est commercialisé par le CEMAGREF qui anime un club des utilisateurs pour communiquer les derniers développements et maintenir un contact entre les différents utilisateurs. L'utilisation du modèle SIC par divers opérateurs permet d'enrichir le produit, par exemple en ce qui concerne les modèles de régulation standard.

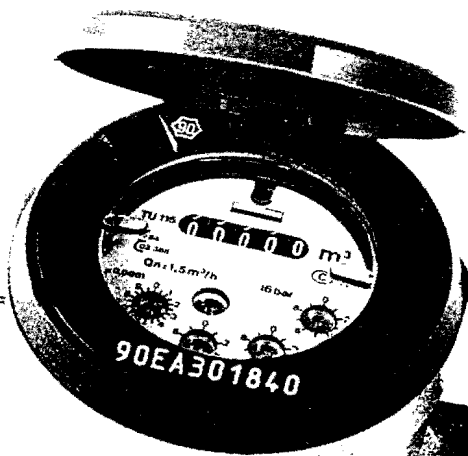


Flostar



ISO 9001

La mesure de



l'eau

Compteur jet unique classe C

Schlumberger Industries

DÉPARTEMENT EAU FRANCE B.P. 620-03 - 92542 Montrouge Cedex France