

Une approche pour l'approximation du profil en long des réseaux d'assainissement à partir de données incomplètes

An approach to approximate the longitudinal profile of urban drainage networks from incomplete data

O. BLANPAIN^{1*}, L. PETIT¹, J. LE GOUEVEC¹, S. MERCHEZ^{2**}

Reçu le 20 juillet 1998, accepté le 17 mai 1999***

SUMMARY

In order to realise hydraulic simulations of urban drainage networks, data describing the networks are needed. Very often, some of the invert levels are missing. Usually, design departments carry out an incomplete survey of the network invert levels and then linearly interpolate the missing ones. Our objective is to propose a more precise method to interpolate unknown invert levels. The method we propose in this paper involves computing (interpolating) the missing invert levels by using three types of information : (network) known data, constraints and criteria. Known data correspond to the (assumed) available information. Constraints are construction rules that any urban drainage network must respect. Criteria are optimisation rules based on observations of real urban drainage networks. To solve this problem, we use genetic algorithms because these algorithms are able to work with many variables, real numbers and non-linear functions.

Tests have been carried out on urban drainage networks in Annequin, Bapaume and Lyon. The results obtained are quite good for long or short reaches, and for steep or nearly flat slopes. It is even possible to identify the presence of negative slopes. In all cases, the proposed method of interpolation gives better results than the linear interpolation.

Key-words: urban drainage network, longitudinal profile, genetic algorithms, interpolation.

-
1. LAMH, Université d'Artois, Technoparc Futura, 62400 Béthune, France.
 2. LabOGP, Université d'Artois, Technoparc Futura, 62400 Béthune, France.

* Correspondance. E-mail : blainpain@univ-artois.fr

** E-mail : merchez@univ-artois.fr

*** Les commentaires seront reçus jusqu'au 15 novembre 2000.

RÉSUMÉ

Très souvent, les services techniques ne disposent que du plan du réseau d'assainissement sans le profil en long. Or les cotes radier sont nécessaires aux simulations hydrauliques effectuées, par exemple, lors des études diagnostic. Pour pallier ce manque, les bureaux d'étude effectuent généralement un relevé sommaire et interpolent linéairement les cotes radier manquantes. Cette interpolation linéaire peut être la source d'erreurs importantes. Nous proposons donc dans cet article une nouvelle méthode d'interpolation permettant de minimiser ces erreurs. Cette méthode utilise trois types d'informations : les données connues, les contraintes et les critères. Les données connues correspondent aux informations disponibles quant au réseau. Les contraintes sont les règles constructives auxquelles tout réseau d'assainissement doit se conformer. Les critères sont les règles d'optimisation construites à partir d'observations sur des réseaux réels. Pour résoudre ce problème d'optimisation sous contraintes, nous utilisons des algorithmes génétiques parce que ces derniers sont capables de travailler avec un grand nombre de variables, des nombres réels et des fonctions non-linéaires.

Des tests ont été effectués sur les réseaux des villes d'Annequin, de Bapaume et de Lyon. Dans tous les cas (tronçons longs ou courts, pente forte ou faible), les résultats obtenus avec notre méthode sont meilleurs que ceux obtenus avec la classique interpolation linéaire. Il est même possible de déterminer la présence de contre-pente.

Mots clés : réseau d'assainissement, profil en long, interpolation, algorithmes génétiques.

1 - INTRODUCTION

Il arrive couramment que les services techniques des collectivités locales ayant à charge la gestion du réseau d'assainissement ne possèdent qu'un plan de ce dernier où sont absentes les cotes radier. Or les études diagnostic intégrant des simulations hydrauliques nécessitent la connaissance des profils en long du réseau d'où une phase de recueil de données. Cette phase, si elle est menée dans son entier, est longue et coûteuse et fait que les budget prévus pour l'étude sont dépassés. Face à cette contrainte économique forte, la pratique la plus courante est alors d'effectuer un relevé succinct et rapide d'une certaine proportion des regards (le taux de relevé est fonction de l'enveloppe budgétaire et du temps disponible). À partir de cette connaissance partielle du profil en long du réseau, une interpolation linéaire est effectuée afin d'approximer la valeur des cotes radier manquantes. Cette interpolation linéaire peut alors engendrer des erreurs importantes (dans le pire des cas, un tronçon en contre-pente peut être « oblitéré »). Dans cet article, nous proposons une nouvelle méthode d'interpolation permettant d'obtenir une meilleure approximation du profil en long.

2 - PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE

La méthode proposée utilise trois types d'information : les données connues, les contraintes et les critères. Les données connues correspondent au plan du réseau, aux diamètres des conduites, aux cotes sol et à une partie des cotes radier. Les contraintes sont les règles de construction que tout réseau d'assainissement est censé respecter (SATIN, SELMI, 1995) : les hauteurs de recouvrement minimales, les pentes maximales et minimales. Les critères sont des fonctions d'optimisation basées sur une observation des réseaux d'assainissement. Nous avons testé plusieurs fonctions d'optimisation construites sur des bases hydrauliques, géométriques ou économiques. Il s'avère que, pour l'instant, la fonction donnant les meilleurs résultats est la minimisation du volume excavé.

Après des premiers essais (BLANPAIN *et al.*, 1998b) avec le logiciel de programmation linéaire CHARME, il nous est apparu que la résolution de ce problème nécessitait des outils plus puissants permettant de traiter un grand nombre de variables, des fonctions non-linéaires et surtout de relâcher les contraintes. En effet, dans certains cas, à partir des données existantes, il est impossible de dessiner un profil en long respectant l'ensemble des contraintes de construction. Pour toutes ces considérations nous avons choisi une résolution par algorithmes génétiques (GOLDBERG, 1989) et une représentation des contraintes par sous-ensembles flous (ZADEH, 1965).

3 - PRÉSENTATION DE QUELQUES RÉSULTATS

Dans cette partie, nous présentons les résultats obtenus sur deux réseaux. Le premier réseau étudié a été extrait du réseau d'assainissement de Lyon et le second de celui de Bapaume. Les résultats présentés le sont sous la forme de comparaisons entre la méthode d'interpolation linéaire classique et notre méthode. Les réseaux étudiés sont composés respectivement de 16 et 15 nœuds. Le nombre de cotes radier connues sont respectivement 3 et 4.

Note : À partir de maintenant, nous appellerons « interpolés » les résultats issus de la méthode d'interpolation linéaire classique et « calculés » les résultats issus de notre méthode.

3.1 Résultats concernant les cotes radier

Nous remarquons sur les figures 1 et 2 que le profil en long calculé est plus proche du profil réel que le profil interpolé. Le calcul des écarts entre les cotes radier réelles et celles interpolées ou calculées montre que, avec notre méthode, nous réduisons l'erreur moyenne d'au moins 60 % et l'erreur maximale d'au moins 65 % (cf. tableaux 1 et 2).

Enfin, notons que le relâchement des contraintes grâce à l'utilisation des sous-ensembles flous permet même d'identifier des contre-pentes comme sur la figure 3.

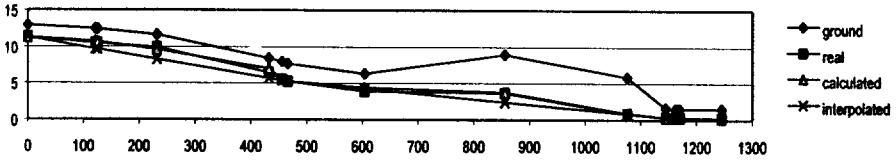


Figure 1 Profil en long du réseau de Bapaume.
Bapaume network longitudinal profile.

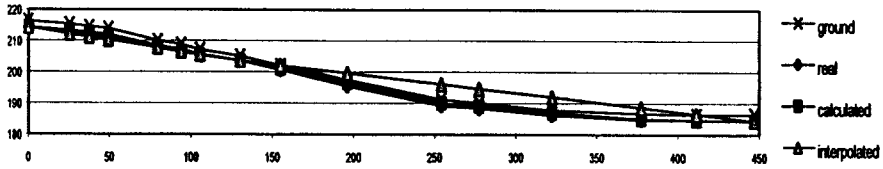


Figure 2 Profil en long du réseau de Lyon.
Lyon network longitudinal profile.

Tableau 1 Écarts sur les cotes radier pour le réseau de Lyon (en mètres).
Table 1 Lyon network invert level deviations (in meters).

	Calculé	Interpolé
Moyen	0,615	2,802
Maximal	1,130	6,915

Tableau 2 Écarts sur les cotes radier pour le réseau de Bapaume (en mètres).
Table 2 Bapaume network invert level deviations (in meters).

	Calculé	interpolé
Moyen	0,21	0,53
Maximal	0,57	1,64

3.2 Résultats concernant les simulations hydrauliques

Après avoir étudié les erreurs commises sur les cotes radier, nous nous sommes intéressés aux erreurs commises lors des simulations hydrauliques. Nous avons donc décidé d'étudier les écarts obtenus concernant les débits et les hauteurs d'eau, et cela avec les modèles Muskingum et Barré de Saint Venant (BSV). Sur les figures 4, 5, 6 et 7, nous montrons quelques exemples d'écarts entre les résultats hydrauliques obtenus avec, d'une part, les cotes radier réelles et, d'autre part, les cotes radier interpolées ou calculées. Nous remarquons que, dans tous les cas notre méthode améliore la qualité des simulations. Les écarts sont calculés en pourcentages par rapport aux résultats obtenus avec les cotes radier réelles.

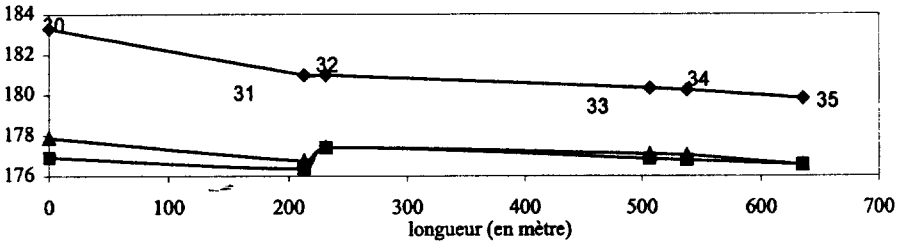


Figure 3 Réseau de Lyon (◆ cote sol, ▲ profil mesuré, ■ profil calculé).
Lyon network (◆ ground level, ▲ real profile, ■ calculated profile).

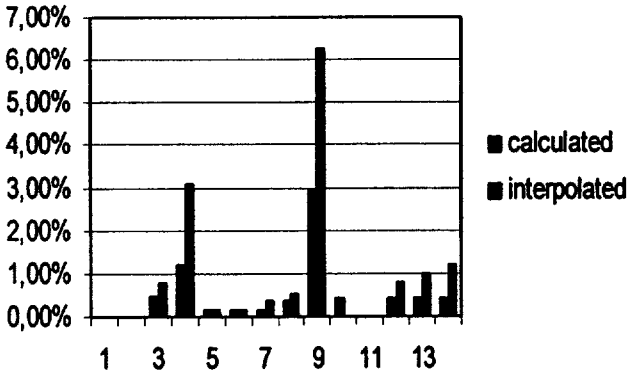


Figure 4 Écarts de débits sur le réseau de Bapaume avec Muskingum.
Muskingum flow deviations in the Bapaume network.

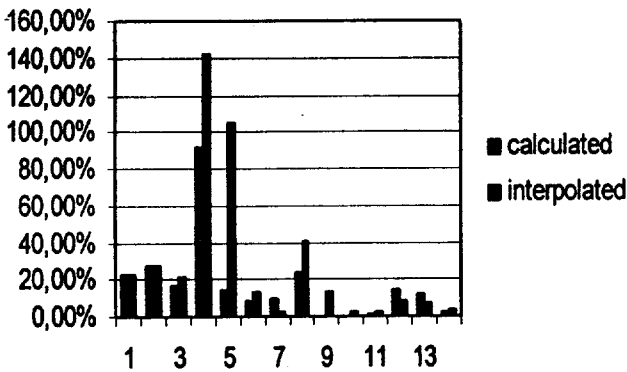


Figure 5 Écarts de hauteurs d'eau sur le réseau de Bapaume avec BSV.
BSV depth deviations in the Bapaume network.

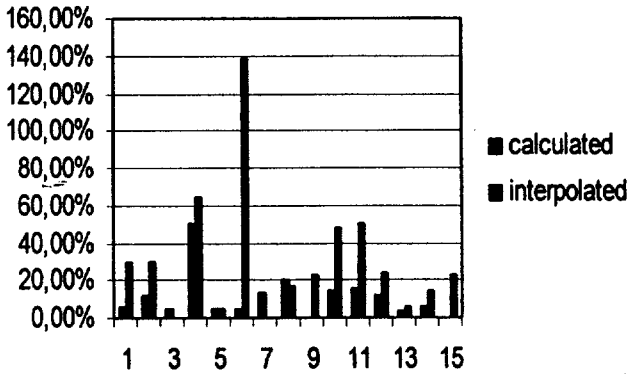


Figure 6 Écarts de débits sur le réseau de Lyon avec BSV.
Muskingum flow deviations in the Lyon network.

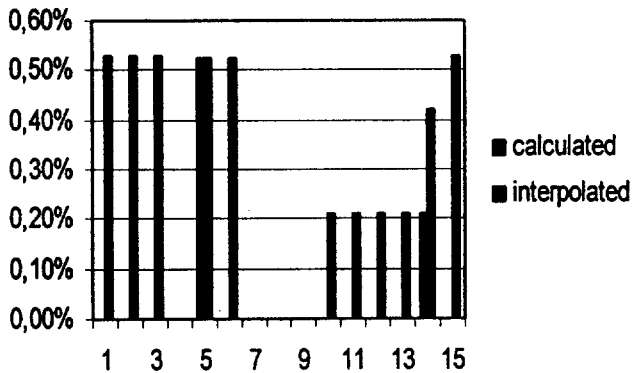


Figure 7 Écarts de hauteurs d'eau sur le réseau de Lyon avec BSV.
BSV depth deviations in the Lyon network.

Les *tableaux 3 à 10* montrent que notre méthode réduit toujours les écarts moyens et maximaux. Nous constatons que les écarts de débits sont compris entre 0 % et 5,67 %. Quant aux écarts sur les hauteurs d'eau, malgré une réduction conséquente (en général plus de 50 %), ils restent importants (de 12,55 % à 22,92 % pour les écarts moyens).

Tableau 3 Écarts de débits sur le réseau de Lyon avec Muskingum (en %).

Table 3 *Lyon network flow deviations with the Muskingum model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	0,00 %	0,07 %
Maximal	0,00 %	0,52 %

Tableau 4 Écarts de débits sur le réseau de Lyon avec BSV (en %).**Table 4** *Lyon network flow deviations with the BSV model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	0,06 %	0,24 %
Maximal	0,52 %	0,53 %

Tableau 5 Écarts de hauteurs d'eau sur le réseau de Lyon avec Muskingum.**Table 5** *Lyon network depth deviations with the Muskingum model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	22,92 %	67,23 %
Maximal	173,68 %	400 %

Tableau 6 Écarts de hauteurs d'eau sur le réseau de Lyon avec BSV (en %).**Table 6** *Lyon network depth deviations with the BSV model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	12,55 %	32,57 %
Maximal	50,00 %	138,10 %

Tableau 7 Écarts de débits sur le réseau de Bapaume avec Muskingum (en %).**Table 7** *Bapaume network flow deviations with the Muskingum model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	0,59 %	1,20 %
Maximal	2,95 %	6,29 %

Tableau 8 Écarts de débits sur le réseau de Bapaume avec BSV (en %).**Table 8** *Bapaume network flow deviations with the BSV model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	4,13 %	5,40 %
Maximal	5,67 %	6,48 %

Tableau 9 Écarts de hauteurs d'eau sur le réseau de Bapaume avec Muskingum.**Table 9** *Bapaume network depth deviations with the Muskingum model (in %).*

	Calculé	Interpolé
Moyen	14,12 %	36,17 %
Maximal	154,55 %	172,73 %

Tableau 10 Écarts de hauteurs d'eau sur le réseau de Bapaume avec BSV.**Table 10** Bapaume network depth deviations with the BSV model (in %).

	Calculé	Interpolé
Moyen	16,13 %	30,23 %
Maximal	92,00 %	142,00 %

4 – CONCLUSION

Nous avons présenté une nouvelle méthode permettant d'approximer les cotes radier manquantes de réseaux d'assainissement. Les résultats obtenus sont encourageants. Les résultats concernant les débits obtenus par simulation hydraulique sont acceptables pour un travail de bureau d'études classique selon les critères définis par (CHOCAT *et al.*, 96) et (PETIT *et al.*, 98). Pour les hauteurs d'eau, les écarts ont été réduits d'environ 50 % mais ils restent encore élevé. Dans tous les cas testés, la méthode d'approximation proposée s'avère plus performante que la classique interpolation linéaire. Il reste néanmoins beaucoup de travail à effectuer :

- ajuster les divers paramètres de la méthode afin de diminuer encore les erreurs ;
- tester d'autres réseaux ;
- tester d'autres fonctions d'optimisation ;
- tester des pourcentages de cotes radier connues différents.

La méthode proposée peut aussi être utilisée pour rendre opérationnel plus rapidement les bases de données assainissement. Le remplissage de ces bases prend généralement une dizaine d'années pendant lesquels le système d'information est peu ou prou opérationnel. Grâce à l'acquisition des données topographiques par GPS (qui permet de s'affranchir de l'interdépendance des mesures) et de notre méthode, il devrait être possible de rendre le système opérationnel nettement plus tôt et donc d'avoir un retour sur investissement plus rapide. L'incertitude sur les données approximées sera levée au fur et à mesure de la poursuite de la collecte des données. Nous travaillons actuellement dans ce sens et cherchons à optimiser l'ordre de recueil de données afin de minimiser le niveau d'incertitude de la base ainsi construite.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BLANPAIN O., HUC A., KARNIB A., 1998.
Une méthode permettant la modélisation
des réseaux d'assainissement à partir de

données incomplètes – Résultats préliminaires. *Proceedings Novatech 1998*.
Lyon, France, 4-6 mai 1998, 223-230.

- CHOCAT B., SEMSAR A., BLANPAIN O., 1996. Elaboration of assistance methods and tools in the software packages of urban drainage systems for selection of hydraulic models. In proc of the 7th International Conference of Urban Storm Drainage, Hannover, Germany, September, 1563-1568.
- GOLDBERF D.E., 1989. Genetic algorithms in search, optimisation, and machine learning, Addison-Wesley.
- PETIT L., BLANPAIN O., AL-HAJJAR J., 1998. Sensitivity analysis of muskingum model to the inaccuracy of data describing the urban drainage networks. In proc. of Hydroinformatics, Copenhagen Denmark 24-26 August, 1137-1144.
- SATIN M., SELMI B., 1995. Guide technique de l'assainissement. Le Moniteur, Paris.
- ZADEH L., 1965. Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.