

# Base de données : application à la gestion de réseaux de canalisations

Autor(en): **Horisberger, J.-L. / Vuillerat, C.-A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **83 (1985)**

Heft 12

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-232635>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Base de données – application à la gestion de réseaux de canalisations

J.-L. Horisberger, C.-A. Vuillerat

La notion de SIT – système d'information du territoire a pendant longtemps été synonyme de gros système informatique centralisé et a, de ce fait, provoqué de nombreuses résistances parfaitement justifiées. L'évolution des moyens informatiques permet dorénavant de mettre en place un concept en parfaite adéquation avec les structures existantes, en général très décentralisées. Le document ci-après illustre cette nouvelle orientation par la présentation d'un exemple modeste (réseaux des canalisations de la ville de Montreux), mais représentatif des possibilités d'exploitation d'une base de données locale, limitée à un secteur très restreint. La structure des données permet l'interfaçage avec les données de la mensuration officielle, suivant en cela les recommandations de la REMO (réforme de la mensuration officielle). Ainsi donc, les moyens informatiques restent des outils au service des structures en place.

*Der Begriff «Landinformationssysteme» (LIS) ist lange Zeit mit einem grossen, zentralisierten Informationssystem gleichgestellt worden und hat dadurch zahlreiche und durchaus berechtigte Widerstände hervorgerufen. Die Entwicklung der Datenverarbeitung erlaubt nun, ein Konzept zu verwirklichen, das sich ganz in Übereinstimmung mit den bestehenden, i. a. stark dezentralen, Strukturen befindet. Das folgende Dokument illustriert diese Neuorientierung anhand eines bescheidenen Beispiels (Kanalisationsnetz der Stadt Montreux), das aber repräsentativ ist für die Anwendungsmöglichkeiten einer lokalen Datenbank auf einen sehr beschränkten Bereich. Die Datenstruktur erlaubt, im Einklang mit den Empfehlungen der RAV (Reform der amtlichen Vermessung), eine Schnittstelle zu den Daten der amtlichen Vermessung anzubieten. Somit stehen die Mittel der Datenverarbeitung als Werkzeuge im Dienste bestehender Strukturen.*

## 1. Introduction

### 1.1 Généralités

Le 20<sup>e</sup> siècle aura été celui de l'urbanisation. L'exode rural, l'augmentation de la population, le transfert de l'activité du secteur primaire vers le tertiaire surtout, l'augmentation du pouvoir d'achat et du besoin en confort, tous ces facteurs bien connus ont créé un besoin énorme en constructions de tout genre, donc en infrastructures de viabilité: voirie, distribution d'énergie, adduction et évacuation d'eau, etc. Parallèlement, de nombreuses mesures directives ont été prises quant à l'utilisation du sol: aménagement du territoire, police des constructions, protection des sites, etc. Il est incontestable qu'après une longue période de développement, dans certaines régions tout au moins, nous avons atteint une sorte de point de saturation. Les responsables des infrastructures ou de la planification se trouvent aujourd'hui confrontés non plus à une extension spatiale des besoins, mais à des problèmes d'exploitation optimum des ouvrages dont ils ont la charge. Les investissements consentis représentent un patrimoine d'une valeur inestimable et valent donc bien la peine qu'on leur consacre le temps et les moyens nécessaires à en assurer une gestion économique et fiable. Il faut bien reconnaître que, jusqu'à ce jour, l'essentiel des forces a

été consacré à satisfaire les besoins nouveaux. Ceux-ci diminuant, il est possible aujourd'hui de mettre en place des outils de gestion permettant d'atteindre un très bon niveau de connaissance du patrimoine public et d'en assurer une conservation optimum.

### 1.2 Historique

A fin 1983, la Commune de Montreux décide d'établir son plan directeur des canalisations, pour faire face aux exigences légales en matière de protection des eaux d'une part, et d'autre part pour doter son dicastère «égouts» d'un instrument de planification devant favoriser une meilleure gestion technico-administrative des réseaux.

Très rapidement, l'exploitation des documents existants (plans de repérage) s'est heurtée à de nombreuses difficultés: inhomogénéité des documents entre eux, informations lacunaires ou erronées, etc. Il était dès lors nécessaire, pour l'élaboration du plan directeur des canalisations, d'obtenir de nombreux compléments d'information sur tous les réseaux d'assainissements. Il a été alors décidé de refondre progressivement toutes les données des réseaux par une méthodologie esquissée ci-après, et de créer à cet effet une base de données autonome. La refonte des données visait à obtenir des documents consistants et complets sur les

réseaux, suffisamment souples et multiples pour permettre la rédaction de nouveaux plans des réseaux, leur intégration à un futur cadastre polyvalent et la planification des travaux d'entretien ou d'extension.

Après la réalisation sur un premier secteur de la Commune, couvrant environ 180 ha, tant de la mise à jour et de la refonte des données que de l'établissement du plan directeur, nous pouvons faire certaines considérations sur l'emploi d'une base de données simple et autonome qui nous a assisté durant notre travail, et tirer ainsi un premier bilan provisoire.

## 2. Objectifs

L'un des premiers objectifs consistait à utiliser et se familiariser avec un système de gestion de base de donnée existant sur le marché, et d'en faire un outil de travail. Dans ce même ordre d'idée, nous désirions tester la capacité d'une base autonome gérée par un petit ordinateur, ceci préfigurant l'utilisation de petites unités décentralisées capables d'échanger une partie de leurs informations avec un système central, à l'image d'un futur système d'information du territoire.

Les autres objectifs sont liés aux réseaux proprement dit:

- *Gestion informatisée du réseau.* D'une part, sur le plan administratif: gestion des éléments, des fonctions, des propriétaires, etc., d'autre part sur le plan technique: extrait de plans, redimensionnement de certains tronçons, etc.
- *Confection de nouveaux documents* sous des formes diverses: listes d'éléments caractéristiques, aide à la confection de nouveaux plans dessinés automatiquement en liaison avec la mensuration numérique, etc.
- *Exécution de calculs hydrauliques*, à partir de données consistantes et de manière interactive, tant pour la planification à long terme (plan directeur), que pour l'étude concrète de tronçons nouveaux ou à réfectionner, ou encore de contrôle de l'effet de nouveaux apports d'eaux dans des canalisations existantes.
- *Préparation de l'introduction du cadastre polyvalent*, à travers une base ayant un interface standard avec les autres partenaires du cadastre polyvalent: mensuration officielle, autres réseaux, etc.

### 3. Caractéristiques de la base de données

L'équipement utilisé est un micro-ordinateur (CODATA 3300) de 1,2 Mb de mémoire RAM avec un disque Winchester de 80 Mb et une vitesse de transfert de 1,23 Mb/s. Le logiciel de gestion de base de données utilisé est Micro INGRES de Relational Technology INC Berkeley USA.

INGRES est un logiciel pour base de données relationnelle destiné à des micro ayant UNIX comme système d'exploitation. Les fonctions principales sont: des utilitaires de création et de visualisation de la base de données, un langage de manipulation interactive des données, et un «précompilateur» de ce même langage pour des programmes en «C».

Une base de données dans INGRES se compose de tables contenant des données relationnelles. Chacune de ces données peut se composer de 127 champs ou une longueur d'enregistrement de 1006 bytes. Plusieurs structures de stockage sont à disposition: une structure libre sans tri, une structure libre avec tri, une structure indexée de type ISAM ou de type HASH.

A l'utilisation, la base de données créée avec INGRES s'est montrée très souple, par les possibilités qu'il y a de modifier des tables, sans jamais devoir modifier les données. Les différentes possibilités de visualisation à l'édition des données, par masque, tableau, ou sortie sur fichier sont aisées. Avec environ 2500 relations, soit environ 48 000 éléments, les temps d'accès ont toujours été raisonnables. En revanche, certains utilitaires de reproduction (Report Writer) ont saturé la machine.

Un autre point important est la portabilité de la base de données, donc la sécurité de maintenance à long terme qui en découle. Les données peuvent être sauvegardées dans des fichiers séquentiels standards, sous n'importe quelle présentation. Leur transfert sur une autre machine ne pose donc aucune difficulté pour être ensuite utilisé par le même logiciel ou tout autre logiciel de gestion de base de données.

### 4. Acquisition des données et constitution de la base

#### 4.1 Inventaire

Afin de pouvoir compléter et mettre à jour les données des réseaux, un inventaire complet a été entrepris. Il a fallu déterminer quels étaient les éléments nécessaires d'une part pour la gestion du réseau et d'autre part pour le cadastre polyvalent. Une codification a été définie selon le projet de recommandation SIA 405, en tenant compte des besoins du gestionnaire des réseaux. Un assemblage des anciens plans de réseau au format et à l'échelle

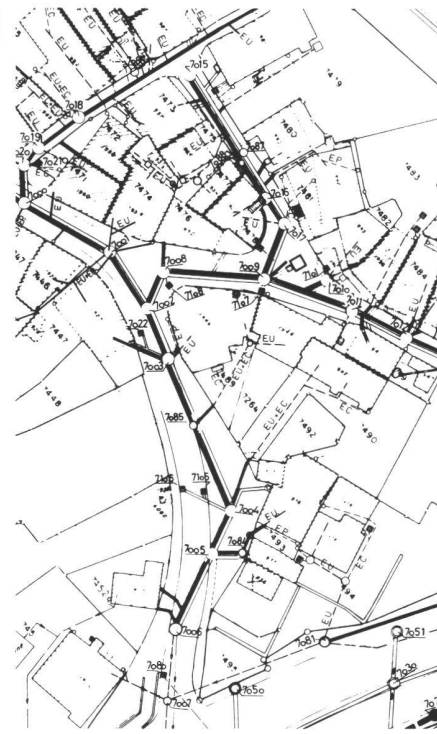


Fig. 1 Extrait du plan de réseau

des nouveaux plans de la mensuration officielle munérique a été établi pour servir de croquis à l'équipe de terrain (fig. 1). Une fiche d'inventaire contenant toutes les données à saisir dans le terrain a été mise au point. Chaque point du réseau fait l'objet d'une fiche (fig. 2).

L'acquisition des données dans le terrain est assurée par une équipe de collaborateurs de la Commune. Les éléments planimétriques (coordonnées) sont récupérés des levés de la mensuration officielle lorsqu'ils existent, ou déterminés à nouveau.

### 4.2 Préparation de la base et saisie de données

Afin de pouvoir gérer les éléments «lignes» (canalisation entre deux points connus) et les éléments «points» (chambre ou point sur un collecteur), deux tables ont été créées: les données concernant les points correspondent aux deux premières lignes du formulaire (fig. 2). On y trouve, en première ligne, les éléments «interface» du cadastre polyvalent: commune, plan, point, classe, nat, coordonnées. La seconde ligne contient les données «points» propres au réseau: type de couvercle, profil, dimensions, matériaux, profondeur, etc. Dès la troisième ligne apparaissent les données «ligne». La figure 3 montre un extrait de la base de données: les relations «ligne» depuis le point 7002 plan 16.

Les deux tableaux ont été structurés en ISAM.

A tout moment, il est possible de mixer les deux tables, et de créer à volonté une autre table comprenant certaines caractéristiques «points» et certaines caractéristiques «lignes» ou encore de modifier la structure des tables. La saisie a été effectuée à l'aide d'un masque, permettant une saisie interactive avec un contrôle partiel des valeurs introduites. Le masque a été créé à l'aide d'un logiciel de création de masque (Vifred), présent dans INGRES.

### 4.3 Tests de consistance

Une fois toutes les données introduites, des tests de consistance ont été effectués. Il s'agissait essentiellement, pour les données «ligne» de tester les descriptions aller et retour qui doivent être identiques. Ce contrôle s'est révélé indispensable. Lors de ces tests sont

SITUATION															
Commune	Plan	N° Point	Classe	Nature	Y	X	N								
341	16	7002	A	C3											
CADASTRE SOUTERRAIN DES CANALISATIONS															
Direction des travaux 1820 MONTREUX															
Parti	Code	Profil	Dimensions (mm)	Matériau	Profondeur (cm)	Alt. couvercle / gaine									
MTX	11	CA2	1000	B	1.82	478.97									
RATTACHEMENT															
Parti	Commune	Plan	N° Point	Genre	Profil	Dimensions (mm)	Matériau	Profondeur (cm)	Passe	Alt.					
MTX	0	341	16	7008	P	EU	CC	300	B	1.40	S				477.57
MTX	0	341	16	7008	P	EC	CC	300	B	1.37	S				477.60
MTX	0	341	16	7007	P	EU	CC	250	B	1.82	S				477.15
MTX	0	341	16	7001	P	EC	CC	250	B	1.82	S				477.15
MTX	1	341	16	7003	P	EU	CC	300	B	1.82	S				477.13
MTX	1	341	16	7003	P	EC	CC	300	B	1.82	S				477.13
OPERATEUR OS DATE 10. 9. 83															
form. inventaire															

Fig. 2 Fiche d'inventaire de la chambre 7002 plan 16

noeplnoeipoint	inosplainspoint	lsens	iparten	fonctilgenre	iprofilidimintam	lepaisaldimextam	imateri	profondeurutili	ipose	altcana	ldate				
161	70021	161	70011	01mxt	IP	lec	icc	250	01	01b	182.000	s	01	477.150	84.080
161	70021	161	70011	01mxt	IP	leu	icc	250	01	01b	182.000	s	01	477.150	84.080
161	70021	161	70031	11mxt	IP	lec	icc	300	01	01b	182.000	s	01	477.150	84.080
161	70021	161	70031	11mxt	IP	leu	icc	300	01	01b	182.000	s	01	477.150	84.080
161	70021	161	70081	01mxt	IP	lec	icc	300	01	01b	137.000	s	01	477.600	84.080
161	70021	161	70081	01mxt	IP	leu	icc	300	01	01b	140.000	s	01	477.570	84.080

Fig. 3 Les données (ligne) issue de la base

immédiatement apparus les tronçons de canalisation en séparatif ou en unitaire, les tronçons qui redevenaient unitaires après avoir été en séparatif.

#### 4.4 Compléments

La mise à jour et les modifications des données s'effectuent par le travail à l'écran à l'aide du masque de saisie, avec exécution des mêmes tests de consistance que lors de la création de la base.

### 5. Applications utilisant la base de données

Une fois la base constituée, les applications possibles sont innombrables. Nous en avons développé quelques-unes, dans la perspective de l'étude du plan directeur. De nombreuses autres applications seront développées ultérieurement dans la direction de la gestion technico-administrative des réseaux et du dessin automatique des plans.

#### 5.1 Applications opérationnelles

Les caractéristiques techniques d'un tronçon de canalisation entre deux points donnés: diamètre, genre d'écoulement (eaux usées, eaux claires, eaux mélangées), coordonnées et altitudes des points connus le long de tronçon sont extraits de la base de données. Un logiciel ad hoc calcule les spécifications géométriques (pentes, longueurs) puis les caractéristiques hydrauliques (débits, vitesses) après qu'on ait donné les caractéristiques des bassins versants (fig. 4). De nombreuses simulations peuvent être ainsi aisément calculées.

Un autre logiciel permet de tracer des dessins de contrôle à partir des éléments contenus dans la base (fig. 5).

#### 5.2 Applications statistiques

Divers logiciels permettent d'obtenir de la base les statistiques nécessaires à la gestion des réseaux par le service communal responsable: liste des chambres équipées de dispositifs spéciaux (échelles, brise-énergie, type de couvercle, etc...), liste des ouvrages appartenant au Canton, à la Commune, aux propriétaires privés, etc.

Il faut remarquer que toutes ces applications opérationnelles ont été programmées en dehors de la base, dans des langages standards (FORTRAN 77 par exemple). Elles sont donc également portables, comme la base elle-même.

PAGE - 1 -

DIMENSIONNEMENT E.C. séparatif EC ou unitaire EC + EU

TRONCONS		DIMENSIONS				DEBITS DU BASSIN						DEBITS TUY.		VITESSE		
NO	NO	DIAM	SB	K	INNO.	CHASSI	E.C.	E.U.	PLAIE	INT	TAMPE	SERVIC	MAX	MAX	MAX	
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
TRONCON UU1 bas																
SEPARATIF EAUX CLAIRES existant																
5 ans																
coefficient du temps de retour Kz = 4300.																
5.0																
4.3																
1	117063	117065	200.	563.	80.	43.00	.75	.000	.000	.150	201.	.2	9.4	.150	.123	3.977777 492.
	117065	127048	200.	799.	80.	62.00	.75	.000	.000	.149	198.	.3	9.7	.149	.122	3.977777 490.
5.0																
3.1																
2	111020	117039	300.	32.	90.	5.00	.47	.000	.000	.101	214.	.0	8.1	.101	.286	4.0 3.8 120.
	117039	117040	300.	30.	90.	18.50	.47	.000	.000	.100	212.	.2	8.2	.100	.144	2.0 2.2 181.
	117040	127035	300.	82.	90.	19.00	.47	.000	.000	.099	211.	.1	8.3	.099	.235	3.3 3.2 136.
	127035	127037	300.	29.	90.	5.50	.47	.000	.000	.099	211.	.0	8.4	.099	.260	3.7 3.4 131.
	127037	127038	400.	57.	90.	12.00	.47	.000	.000	.099	211.	.0	8.4	.099	.531	4.2 3.3 114.
	127038	127039	400.	63.	90.	20.40	.47	.000	.000	.099	210.	.1	8.5	.099	.428	3.4 2.8 129.
	127039	127041	400.	62.	90.	19.60	1.06	.000	.000	.221	209.	.1	8.6	.221	.433	3.4 3.4 204.
	127041	127042	400.	40.	90.	10.50	1.06	.000	.000	.221	208.	.0	8.7	.221	.476	3.8 3.8 187.
	127042	127043	400.	201.	90.	23.80	1.06	.000	.000	.220	208.	.1	8.7	.220	.708	5.6 5.1 149.
	127043	127044	400.	32.	90.	7.50	1.06	.000	.000	.220	207.	.0	8.8	.220	.503	4.0 3.8 187.
	127044	127045	400.	116.	90.	37.20	2.00	.000	.000	.411	205.	.2	8.9	.411	.430	3.4 3.7 333.
	127045	127048	600.	25.	90.	41.50	2.00	.000	.000	.404	202.	.4	9.3	.404	.558	2.0 2.1 379.
9.7																
3	127048	127049	500.	59.	90.	23.00	2.75	.000	.000	.542	197.	.1	9.8	.542	.708	3.6 3.9 334.
	127049	127051	500.	31.	90.	22.00	2.75	.000	.000	.539	196.	.1	9.9	.539	.524	2.777777 514.
	127051	127054	500.	8.	90.	13.00	2.82	.000	.000	.549	195.	.1	10.1	.549	.347	1.877777 1588.
	127054	127055	600.	37.	90.	44.00	2.82	.000	.000	.542	192.	.3	10.4	.542	.659	2.3 2.5 430.
	127055	127056	600.	3.	90.	3.00	2.82	.000	.000	.541	192.	.0	10.4	.541	.718	2.5 2.7 394.

99

\*\*\*\*\* CHERBOIN ING. CONN. MONTREUX

25.3.1985

Fig. 4 Exemple de calcul hydraulique

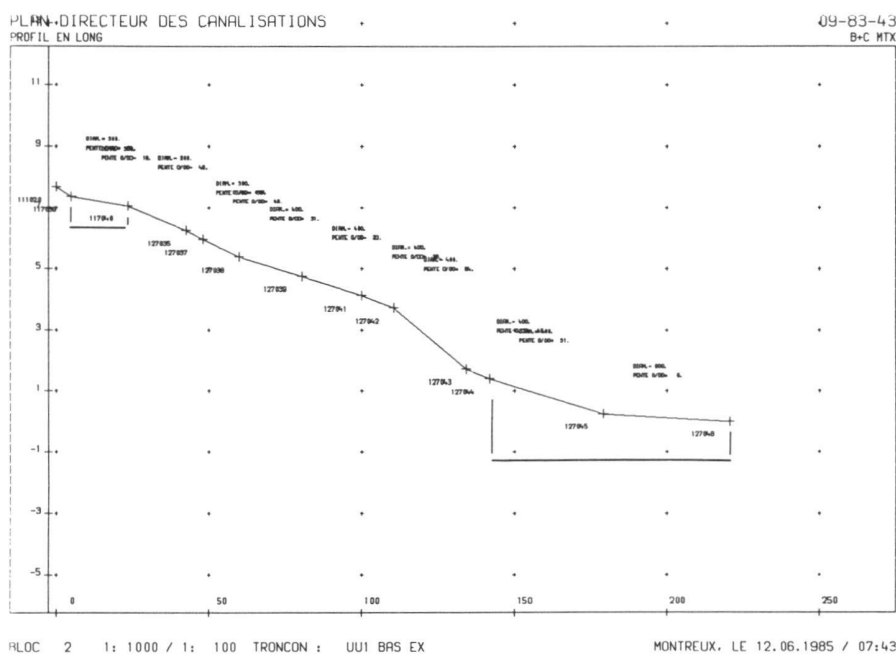


Fig. 5 Dessin de contrôle, exemple d'application graphique

La définition de la base de données, la programmation des applications et les contrôles nécessitent un ingénieur qualifié. En revanche, l'utilisation en saisie ou en application, se fait facilement par du personnel de moindre qualification, ce que nous avons pu vérifier avec des collaborateurs du service communal des égouts.

### 5.3 Applications futures

L'introduction progressive des coordonnées pour chaque point devrait permettre l'utilisation de la base pour assister le dessin automatique du réseau. Jusqu'à maintenant, c'est essentiellement l'absence de mensuration numérique dans le secteur étudié qui a retardé cette étape.

Le langage de manipulation interactive des données (EQUEL) permet d'effec-

tuer de nombreux calculs dans la base de données elle-même. Cette facilité n'a pas été encore utilisée. Elle permettra de développer par exemple une routine de reconnaissance automatique de l'arborescence du réseau en partant de l'un des exutoires.

### 6. Conclusions

Cette brève description de l'utilisation d'une petite base de données nous incite à faire les remarques suivantes:

- La création et l'exploitation d'une base de données sur micro-ordinateur pour des applications concrètes est actuellement possible sans notions particulières en informatique.
- La sécurité et la flexibilité des logiciels de base permettent en cours de projet, de modifier la structure des données et de récupérer toutes les

informations pour changer la destination des données. Les risques de perdre le bénéfice d'un travail sur une base sont dès lors éliminés lors du changement de système de gestion de la base.

- Une préparation soignée des données qui constituent les tables est nécessaire.
- L'utilisation d'une petite base de données autonome préfigure la décentralisation aisée des SIT.

Adresse des auteurs:

J.-L. Horisberger, Ing. EPF, génie rural et géomètre.

C.-A. Vuillerat, Ing. EPF, génie rural et géomètre.

Bernoux et Cherbuin ing.-cons.

Av. du Casino 45, CH-1820 Montreux

# Die Schlauchdrossel, ein neuer Modul für Bewässerungskanäle

D. Vischer, P. Peter

In Bewässerungsanlagen wird das Wasser oft durch ein ausgedehntes Kanalnetz auf die Felder verteilt. Dieses Netz weist im wesentlichen eine Baumstruktur auf, das heisst, es besteht aus Primärkanälen, die als Verteiler für abzweigende Sekundärkanäle dienen, die ihrerseits Verteiler für Tertiärkanäle (Feldkanäle) sind. In der Regel ist an jedem Abzweiger ein Regulierorgan angeordnet, das den abzweigenden Abfluss unabhängig von den jeweiligen Kanalwasserspiegeln konstant halten soll; es wird oft als Modul bezeichnet.

Im folgenden wird ein solcher Modul vorgestellt. Er wurde kürzlich als Alternative zu den bereits bestehenden und zum Teil patentierten Typen entwickelt. Er besteht hauptsächlich aus einem Gummischlauch, der entsprechend seiner Belastung elastisch einbeult und damit als selbsttätige Drossel wirkt: Im Blick auf diese charakteristischen Merkmale wird der neue Modul als Schlauchdrossel bezeichnet. Sein Vorzug ist es, einfach und billig zugleich zu sein, weshalb er sich ganz besonders für den Einsatz in Entwicklungsländern eignet.

*Dans les aménagements d'irrigation, l'eau est souvent amenée jusqu'aux champs cultivés par un vaste réseau de canaux. La structure de ce réseau, comparable à celle d'un arbre, comprend des canaux primaires conduisant à des canaux secondaires, qui à leur tour alimentent les canaux tertiaires ou canaux d'irrigation proprement dits. En règle générale, un ouvrage de régulation appelé «module» est mis en place à chaque ramification, de manière à ce que le débit évacué dans la branche soit indépendant des variations de niveau dans le canal principal.*

*Un tel module est présenté ci-après. Développé récemment, il offre une alternative aux types d'ouvrages existants et en partie déjà brevetés. Le principe de son fonctionnement est basé sur le voilement élastique d'un manchon de caoutchouc soumis à une charge extérieure et qui agit alors comme organe autorégulateur du débit. Au vu de ses caractéristiques, le nouveau module est appelé «manchon souple d'étranglement». Son avantage réside dans le fait qu'il est à la fois simple et peu coûteux. Son utilisation est ainsi particulièrement favorable dans les pays en voie de développement.*

### 1. Das Prinzip der Schlauchdrossel

Das Prinzip lässt sich am besten anhand von Abbildung 1 beschreiben (siehe auch Vischer 1979): Dargestellt

ist ein Becken mit einem Auslauf in Form eines Rohrs. Dieses ragt ein Stück weit in das Becken und steht dort unter einem Aussenüberdruck, das heisst es

wird entsprechend belastet. Es kann somit beulen, was seinen Querschnitt verengt und den Ausfluss drosselt. Erfolgt dieses Beulen elastisch, so variiert die Drosselung mit dem Aussenüberdruck und folglich mit dem Beckenstand, und zwar ist die Drosselung um so stärker, je höher der Beckenstand steigt.

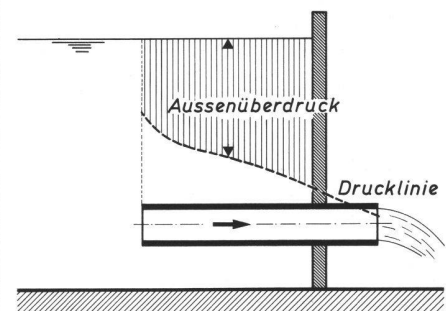


Abb.1 Ausfluss aus einem Becken durch ein Rohr. Schematische Darstellung der Drucklinie und des Aussenüberdruckes

Dieser Beul- und Drossel-effekt kann offensichtlich durch die Wahl eines geeigneten Rohrmaterials begünstigt werden. Die Idee liegt nahe, einen Teil des Rohrs als elastischen Schlauch auszubilden, der schon bei geringem Aussenüberdruck einbeult und dann als Drossel arbeitet. Der Erfolg ist insbesondere gross, wenn der Drosselquerschnitt als Austrittsquerschnitt wirkt,