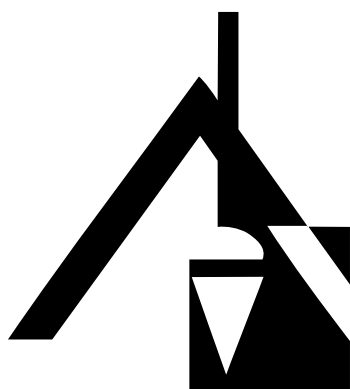


Infrastructures communales

1. Cadastre, informatisation et gestion des réseaux



Cadastre, informatisation
et gestion des réseaux

- Quand et où faut-il construire un réseau ?
- Comment assurer la tenue à jour d'un réseau ?
- Comment connaître l'état d'un agent qui circule dans un réseau ?

Répondre à ces trois questions revient à effectuer la *gestion intégrée* d'un réseau de distribution.

Ce cours du programme «Construction et Energie» tente de faire le point sur ce domaine complexe que sont les réseaux urbains et essaie d'évaluer l'impact de l'informatique sur les méthodes de travail et de gestion des services concernés.

Le but est de montrer les outils et les tendances d'avenir en ce qui concerne la localisation (*cadastre informatique*) et la *gestion* des réseaux énergétiques (gestion intégrée, plans directeurs, bases de données, logiciels de gestion cadastrale).

Ce manuel de base distribué lors de ces journées d'information présente les conceptions actuelles qui visent à *l'introduction de l'informatique* dans les services techniques, en donnant la possibilité au praticien de comprendre l'évolution en cours. Il montre pour les petites communes la possibilité et l'utilité de réaliser, même avec des moyens informatiques légers, une informatisation des données nécessaires à la gestion quotidienne et à la planification de l'entretien.

Enfin, le cours permet d'aider les services techniques à prendre une décision d'informatisation, de sensibiliser les participants aux enjeux futurs de l'introduction de l'outil informatique et de la gestion intégrée des réseaux. Les principaux thèmes abordés sont :

- le cadastre et l'informatisation;
- les principes de base des réseaux urbains (eau, eaux usées, gaz, électricité, CAD, PTT, télé-réseau);
- la gestion des réseaux;
- l'informatique comme outil d'aide à la gestion de tous les jours et à long terme;
- les logiciels de gestion cadastrale et de gestion de réseaux.

Des exemples pratiques d'informatisation de services techniques de communes suisses romandes illustrent le propos.

ISBN 3-905234-10-6

1992, 254 pages
N° de commande 724.454 f

Fr. 57.–

Infrastructures communales

1. Cadastre, informatisation et gestion des réseaux

Manuels à l'usage des ingénieurs,
ingénieurs et techniciens municipaux,
entreprises et pouvoirs publics

Ce document a été élaboré par le groupe de travail
Aide au projet d'infrastructures communales, dans
le cadre *Entretien et rénovation des constructions*.

Direction du groupe de travail
J.-C. Hadorn, ingénieur EPF/SIA
Bureau de service et d'ingénierie (BSI), Lausanne
(Chapitres 1 et 5 et ensemble du document)

Associations

ASE	Association suisse des électriciens
ASPEE	Association suisse de l'épuration des eaux <i>P. Kaufmann</i> , ingénieur SIA, Berne
SIA	Société suisse des ingénieurs et architectes <i>P. Bürkel</i> , président de la commission SIA 405, Winterthour
SSIGE	Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux
GP-SSMAF	Groupe patronal – Société suisse des mensurations <i>J.-L. Horisberger</i> , ingénieur SIA, Montreux
SSMAF	Société suisse des mensurations <i>J. Frund</i> , Corsier
UTS	Union technique suisse
VSS	Union des professionnels suisses de la route <i>M. Claivaz</i> , Zurich

ISBN 3-905234-10-6

Copyright © 1992

Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne,
octobre 1992.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la
source.

Diffusion : Coordination romande du programme d'action
«Construction et Energie», EPFL-LESO, case postale 12,
1015 Lausanne (N° de commande 724.454 f)

Les personnes citées ci-dessous ont collaboré à la
réalisation du document :

Groupe de travail et d'experts
H. Burnier, Service des Eaux de la Ville, Lausanne
(Chapitre 3)
M. Delay, ingénieur, Yvonand
(Chapitre 3)
R. Durussel, géomètre officiel, Ballaigues
(Chapitres 2 et 6)
C. Ebener, DG Télécommunications, Sion
(Chapitre 3)
M. Fellrath, ingénieur EPF/SIA, Le Mont/Lausanne
(Lecture du document)
J.-F. Gnaegi, Service Eaux et Gaz (SEG), Neuchâtel
(Lecture du document)
F. Grin, ingénieur EPF/SIA, Morrens
(Chapitre 2)
C. Grossenbacher, directeur SI, Neuchâtel
(Chapitre 6)
J.-L. Horisberger, ingénieur SIA, Montreux
(Lecture du document)
D. Moix, chef Services Eaux et Gaz, Sion
(Lecture du document)
M. Nussbaum, géomètre, Neuchâtel
(Chapitre 2)
H. Olivier, Cadastre du Canton de Vaud, Lausanne
(Chapitre 6)
P. Pralong, ingénieur ETS, Martigny
(Chapitre 6)
Dr B. Saugy, ingénieur EPF/SIA, BSI, Lausanne
(Chapitre 4)
Dr A.D. Schmid, ingénieur EPF/SIA, AJS SA, Neuchâtel
(Lecture du document)
J.-J. Truffer, ingénieur géomètre et du génie rural, Renens
(Lecture du document)
A. Tuffli, Tuffli & Partner AG, Coire
(Lecture du document)
J. Widmann, architecte, CEPA, Sion
(Chapitre 4)

Réalisation

P. Albini, BSI, Lausanne
O. Graf, BSI, Lausanne
A. Gutscher, BSI, Lausanne
M. Krieg, BSI, Lausanne
C. Lauquin, BSI, Lausanne

Mise en page et photocomposition
Consortium DAC / City-Comp SA,
Lausanne et Morges

Avant-Propos

D'une durée totale de 6 ans (1990-95), le programme d'action «Construction et énergie» se compose des trois Programmes d'impulsions suivants:

- PI-BAT – entretien et rénovation des constructions
- RAVEL – utilisation rationnelle de l'électricité
- PACER – énergies renouvelables

Ces trois Programmes d'impulsions sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Leur but est de favoriser une croissance économique qualitative. Dans ce sens, ils doivent conduire à une plus faible utilisation des matières premières et de l'énergie avec, pour corollaire, un plus large recours au savoir-faire et à la matière grise.

Le programme PI-BAT répond à la nécessité qu'il y a d'entretenir correctement les constructions de tous types. Aujourd'hui, une partie toujours plus grande des bâtiments et des équipements de génie civil souffrent de défauts techniques et fonctionnels en raison de leur vieillissement ainsi que de l'évolution des besoins et des sollicitations. Si l'on veut conserver la valeur de ces ouvrages, il y a lieu de les rénover, et pour ce faire on ne peut s'appuyer sur l'empirisme.

Le Programme d'impulsion PI-BAT ne se limite pas aux aspects techniques et d'organisation, il s'étend également au cadre juridique qui, jusqu'ici, était essentiellement tourné vers les constructions neuves. Le programme couvre ainsi les trois domaines suivants: bâtiments, génie civil et problèmes apparentés à la rénovation.

Si l'on veut conserver les qualités techniques et architectoniques de nos bâtiments et si l'on souhaite préserver des quartiers, voire des villages, des connaissances nouvelles doivent être apportées aux nombreuses personnes concernées: propriétaires, autorités, concepteurs, entrepreneurs et collaborateurs de tous niveaux.

Cours, manifestations, publications, vidéos, etc.

Les objectifs de PI-BAT seront poursuivis par l'information, la formation et le perfectionnement des fournisseurs et des demandeurs de prestations dans le domaine de la rénovation. Le transfert de

connaissances est axé sur la pratique quotidienne; basé essentiellement sur des manuels et des cours, il comprend également d'autres types de manifestations. Le bulletin «Construction et énergie», qui paraît deux à trois fois l'an, fournit des détails sur toutes ces activités.

Chaque participant à un cours, ou autre manifestation du programme, reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues en s'adressant directement à la Coordination romande du programme d'action «Construction et Énergie», EPFL-LESO, case postale 12, 1015 Lausanne.

Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des divers domaines concernés; ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles, ou aux associations professionnelles. Ces spécialistes sont épaulés par une commission qui comprend des représentants des associations, des écoles et des branches professionnelles concernées.

Ce sont également les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des autres activités proposées. Pour la préparation de ces activités, une direction de projet a été mise en place; elle se compose de Messieurs Reto Lang, Andreas Bouvard, Niklaus Kohler, Gustave Marchand, Ernst Meier, Dieter Schmid, Rolf Saegesser, Hannes Wüest et Eric Mosimann, de l'OFQC. Une très large part des activités est confiée à des groupes de travail.

Documentation

Les réseaux urbains, dont le nombre et la complexité croissent rapidement, ne peuvent plus, pour des agglomérations de moyenne importance, être gérés par des méthodes empiriques. De plus, les recommandations fédérales et la réforme cadastrale en cours vont inciter de plus en plus de petites communes à tenter l'informatisation de leurs services.

Les auteurs ont essayé d'évaluer l'impact de l'informatique sur les méthodes de travail et de gestion des services concernés et de montrer les tendances d'avenir en ce qui concerne la *localisation* (cadastre

informatique) et la *gestion* des réseaux énergétiques (gestion intégrée, plans directeurs, bases de données, logiciels de gestion cadastrale).

Ce manuel présente en outre les conceptions actuelles qui visent à *l'introduction de l'informatique* dans les services techniques et les outils nécessaires pour y parvenir, en donnant la possibilité au praticien de comprendre l'évolution en cours. Il montre, pour les petites communes, la possibilité et l'utilité de réaliser, même avec des moyens informatiques légers, une informatisation des données nécessaires à la gestion quotidienne et à la planification de l'entretien.

Enfin, le cours permet d'aider les services techniques à prendre une décision d'informatisation, de sensibiliser les participants aux enjeux futurs de l'introduction de l'outil informatique et de la gestion intégrée des réseaux.

Le présent document a été mis au point après une procédure de consultation et sa présentation au public a été testée à l'occasion d'une manifestation pilote. Les auteurs ont toutefois gardé leur liberté d'appréciation pour les questions où les avis divergeaient. Ils assument donc aussi pleinement la responsabilité de leurs textes. Le document présenté n'est pas exhaustif et les insuffisances qui pourraient apparaître lors de son utilisation pratique pourront être prises en compte dans une version ultérieure.

Pour terminer, les auteurs tiennent à remercier ici toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce document, difficile à élaborer dans un environnement en perpétuelle mutation.

Dr H. Kneubuehler
Directeur suppléant
de l'Office fédéral
des questions conjoncturelles

Sommaire

Avant-Propos	3
1. Localiser, entretenir, gérer : les méthodes et les outils des services techniques évoluent	7
1.1 But du manuel	9
1.2 Localisation et informatisation	9
1.3 Conduite et gestion	10
1.4 Evolution de réseaux : exemples	11
2. Les systèmes d'information du territoire	17
2.1 La mensuration officielle	19
2.2 Le cadastre souterrain	55
2.3 Les échanges d'informations pour les services techniques	64
3. Les réseaux	69
3.0 La notion de gestion intégrée	71
3.1 Le réseau de gaz	72
3.2 Le réseau d'eaux usées	80
3.3 Le réseau d'eau de boisson	85
3.4 Le réseau de chauffage à distance (CAD)	90
3.5 Le réseau électrique	95
3.6 Le réseau PTT	103
3.7 Le télé réseau	108
4. Gestion des réseaux	117
4.1 Aménagement du territoire	119
4.2 Plan directeur énergétique	131
4.3 Gestion par objectifs	139
4.4 Dossiers techniques et schématique des réseaux	144
4.5 Projet et extensions	147
4.6 Exemple d'application : Projet de rénovation d'un réseau d'eau de boisson : démarche et méthode d'analyse	151
5. L'informatique comme outil d'aide à la gestion	163
5.1 Etapes de la gestion intégrée des réseaux	165
5.2 Traitement des données en fiches	181
5.3 DAO, CAO et GAO	184
5.4 Systèmes informatiques	187

6.	Exemples commentés	191
6.1	Lausanne / Neuchâtel: digitalisation du plan d'ensemble et des plans cadastraux	193
6.2	Neuchâtel: informatisation des données des réseaux d'eau et de gaz	196
6.3	Neuchâtel: informatisation du réseau électrique	199
6.4	Les projets vaudois: la vectorisation du plan d'ensemble et la numérisation des plans cadastraux	202
6.5	Pully: informatisation du plan cadastral et des réseaux d'eau et d'électricité	206
6.6	Martigny: gestion des données des réseaux urbains	208
Annexes		215
Annexe 1	Exemple d'informatisation des données: application au cas de l'eau	217
Annexe 2	Exemple de quelques logiciels du marché	225
Bibliographie		247
Bibliographie		249
Adresses des associations et organisations de soutien		251
Publications du programme d'impulsion PI-BAT		252

1. Localiser, entretenir, gérer: les méthodes et les outils des services techniques évoluent

1.1	But du manuel	9
1.2	Localisation et informatisation	9
1.3	Conduite et gestion	10
1.4	Evolution de réseaux: exemples	11
	L'exemple de l'agglomération lausannoise	
	L'exemple de la commune de Martigny	
	L'exemple de la commune de Brugg	

1. Localiser, entretenir, gérer: les méthodes et les outils des services techniques évoluent

1.1 But du manuel

Ce manuel fait partie du «Programme d'Impulsion Bâtiment», PI-BAT, de l'Office fédéral des questions conjoncturelles. Il se situe au sein de ce programme, dans le volet «Entretien et Rénovation». Le but général du programme est la diffusion de connaissances récentes permettant l'amélioration de la qualité de la maintenance des ouvrages de génie civil en Suisse. Ce manuel traite de l'informatisation des données concernant les infrastructures communales et plus particulièrement des réseaux d'approvisionnement et d'évacuation. Il présente les méthodes les plus actuelles en ce qui concerne la localisation des ouvrages dans son aspect cadastral, le fonctionnement et la gestion des divers réseaux et jusqu'aux concepts de conduite en temps réel. Son but est de mettre à disposition des praticiens des connaissances permettant de réussir l'informatisation des données et d'améliorer les conditions de l'entretien, de la rénovation et de la gestion des réseaux. Le manuel est complémentaire au cours oral donné par différents spécialistes des domaines abordés (localisation, cadastre et REMO, gestion, informatisation).

Au sens strict, la rénovation signifie remettre à neuf. La rénovation des ouvrages ou infrastructures fait partie d'un ensemble plus général, la maintenance, qui regroupe

- la surveillance,
- l'entretien,
- le renouvellement,

selon les distinctions établies par la recommandation SIA169 (1987).

Un pays comme la Suisse est doté d'un nombre considérable d'ouvrages de surface et d'équipements souterrains constituant les infrastructures permettant d'une part, aux habitants de vivre avec un certain niveau de santé et de confort et d'autre part, à l'économie d'exister et de se développer grâce à un apport d'énergie et des facilités de transports de produits et de mobilité des personnes.

Ces infrastructures et notamment les infrastructures souterraines ont été surtout construites et développées depuis les années 50. Certaines ont donc plus de 30 ans.

L'entretien et la rénovation des infrastructures existantes de même que leur gestion optimale sont

donc des tâches dont l'importance et la complexité vont croissantes dans un pays déjà bien équipé. Dans ce contexte, l'informatisation des données pour une gestion intégrée est à la fois un moyen moderne indispensable, et l'occasion de repenser les méthodes d'approche des infrastructures afin de permettre leur optimisation.

1.2 Localisation et informatisation

Comment entretenir des infrastructures sans savoir précisément où elles sont?

Dans bon nombre de communes, la qualité des plans disponibles, et surtout leur mise à jour, laisse à désirer. Certains réseaux ne sont même pas reportés sur les plans.

En outre, il est très difficile de vérifier d'éventuels conflits entre réseaux dans la mesure où l'information est dispersée et de qualité diverse.

- Une réforme de la mensuration cadastrale est en cours en Suisse (REMO). En quoi consiste-t-elle dans le principe et quelles seront ses conséquences dans la pratique de tous les jours pour les services techniques chargés de la gestion des infrastructures?

Le présent document de cours et le cours proprement dit abordent cette question pour préparer les praticiens à l'évolution.

- L'introduction de l'informatique dans la production de plans cadastraux et de plans d'ensemble est en cours depuis la fin des années 80 pour les communes de taille importante. La plupart des communes plus petites sont en train de s'équiper pour certaines, de décider pour d'autres ou même d'hésiter pour la plupart.

Des recommandations cantonales sont en préparation dans la plupart des cantons pour expliquer aux communes ce qui va changer avec l'introduction de l'informatique dans la gestion des cadastres cantonaux et quels sont les mécanismes d'échange de données prévus. Dans quelques années, avec l'avènement des réseaux informatiques, on n'ira plus physiquement «chercher son plan» chez le géomètre ou au service du cadastre. On fera une «requête» à un «serveur» pour «télécharger» la

«fenêtre» désirée sur une région, afin d'avoir la version la plus à jour possible du fond cadastral pour pouvoir y reporter ses propres tracés de conduites. Tout ceci a pour objectif de :

- faciliter la tenue à jour des informations,
- favoriser les échanges,
- raccourcir les délais d'échanges,

dans le but ultime de maintenir, voire d'améliorer la qualité des prestations (par exemple, la fourniture sans rupture d'énergie ou encore le temps de réaction en cas d'urgence).

Ce manuel présente les conceptions actuelles dans l'introduction de l'informatique, en donnant la possibilité au praticien des services techniques de comprendre l'évolution en cours.

1.3 Conduite et gestion

En Suisse, l'expérience disponible concernant le fonctionnement des réseaux est importante. Toutes les communes ne disposent cependant pas de tous les réseaux, et il est important que l'expérience des uns puisse être utilisée par les autres lors de la planification de nouvelles réalisations (notamment : télé-réseau, réseaux de gaz et chauffage urbain, qui ne sont pas répandus dans toutes les communes). En outre, une vision d'ensemble des infrastructures communales permet de mieux comprendre les possibilités d'interaction et les problèmes rencontrés par les autres services ou les personnes en charge de tel ou tel réseau au sein de la commune. Le chapitre 3 présente les principes de base de chaque réseau d'approvisionnement et d'évacuation, les connaissances et les choix faits actuellement pour exploiter et faire fonctionner un réseau.

Faire «fonctionner» un réseau, ne signifie cependant pas nécessairement le gérer. La vision qui consiste à ne voir que l'aspect de la satisfaction de la demande (des consommateurs) ne suffit plus. Il devient de plus en plus nécessaire de le faire en satisfaisant des contraintes (coûts généralisés, emprises, émissions, etc.) et en prenant en compte nombre d'interactions (par exemple, via plans de zones ou plans directeurs énergétiques). L'administration d'un réseau

devient de plus en plus une gestion qui intègre la construction et l'entretien, le cadastre et la conduite en temps réel. On parlera alors de gestion optimale et prévisionnelle.

En ce qui concerne les services industriels ou techniques, le travail de base nécessaire pour permettre une gestion consiste à collecter toutes les informations relatives à un réseau et à les consigner sur un plan, dans une cartothèque, dans des dossiers techniques ou encore dans une banque de données. Ces informations doivent être accessibles facilement à toutes les personnes autorisées, et d'une manière compréhensible et structurée.

L'absence de données sur la position précise des conduites entraîne des difficultés, voire des accidents, dont les conséquences peuvent être graves, lors de travaux de creuse ou lors d'interventions d'urgence.

Dans tous les cas, l'expérience a montré qu'une gestion déficiente entraîne des frais qui auraient pu être évités !

Lorsque plusieurs services peuvent avoir à faire des interventions sur un objet commun ou construisent des réseaux concurrents (gaz et chauffage urbain), comme c'est le cas pour les infrastructures communales, il faut en outre qu'une coordination des actions et des projets existe. Pour que la gestion coordonnée soit optimale et efficace, il faut non seulement que l'information soit consignée d'un manière ou d'une autre, il faut qu'elle soit accessible à d'autres d'utilisateurs potentiels, tels que les autres services par exemple. Il est donc nécessaire de faciliter les échanges inter-services, et rendre les informations non-confidentielles publiques. Ceci ne concerne pas que les services communaux mais tous les acteurs impliqués dans l'équipement de notre sous-sol, c'est-à-dire les services industriels, les services de voirie, le Canton qui s'occupe de la planification des routes, les PTT et les entreprises privées qui s'occupent de la distribution de l'électricité, du téléphone et autres fluides ou signaux.

Pour être efficaces et pratiques, les échanges inter-services doivent être organisés. Il est donc important de définir quelle est l'information commune nécessaire à tous ces acteurs et sous quelle forme elle doit être disponible et échangée.

Afin d'assurer à la gestion quotidienne un cadre et éviter une dispersion des moyens, les objectifs de gestion doivent être clairement définis, par exemple:

1. Rendre un service rentable financièrement (la somme des recettes dépasse la somme des dépenses).
2. Rendre un service constamment opérationnel.
3. Satisfaire «au mieux» une demande (le terme «au mieux» nécessite une définition, par exemple satisfaire 90% de toutes les pointes de consommation).
4. Augmenter sa part de marché (dans le cas des réseaux concurrents).
5. Minimiser les pertes et les atteintes à l'environnement.
6. Minimiser les coûts d'investissement.
7. Minimiser les coûts d'exploitation.
8. Maximiser la durée de vie des infrastructures.
9. etc.

A un objectif de gestion correspond:

1. Un délai de réalisation.
2. Des moyens financiers qui permettent d'obtenir:
 - des moyens en hommes (de formation adéquate),
 - des moyens en matériel (de prestation adéquate).

La gestion s'appuie sur un ensemble d'outils, nécessaires pour pouvoir comprendre ce qui se passe, afin de prévoir ce qui peut se passer et de planifier les investissements et les interventions nécessaires.

1.4 Evolution de réseaux: exemples

L'évolution d'un réseau peut être observée en considérant à divers instants:

- les conduites nouvelles,
- les conduites remplacées,
- les conduites rénovées (remises à neuf).

Il est rare cependant de trouver une analyse globale des mètres de conduites gérées dans une commune. Celle-ci offre pourtant l'avantage de la vue

synthétique et permet d'apprécier l'importance et l'évolution des réseaux, véritables artères vitales souterraines.

En voici trois exemples pour des communes de tailles différentes:

1. L'exemple de l'agglomération lausannoise (250 000 habitants)

Le graphe de la figure 1.1 montre l'évolution du mètre du réseau d'eau de 1944 à 1990. On constate, outre les pointes de construction de 1957 et 1970-71:

1. Jusqu'en 1960, le nombre de conduites remplacées est relativement faible. Depuis 1970, de 30 à 60% des travaux réalisés sont des remplacements de conduites. 5 à 10 000 m' de conduites sont remplacées chaque année soit entre 0,7 et 1,4% du réseau.
2. Il n'y a pas de remise à neuf d'envergure: les conduites usagées sont remplacées, souvent d'ailleurs en changeant le matériau (anciennes conduites en fonte) et en augmentant si nécessaire la section, le coût du tuyau étant faible par rapport au coût total des travaux (excavation + pose + test + remblayage).

La figure 1.2 montre que la situation est semblable pour le réseau de gaz. Depuis 1980, près de 50% des travaux annuels sont des remplacements.

Enfin, le réseau de chauffage urbain étant récent dans l'agglomération (1970), il n'y a pas encore de remplacements et l'installation des conduites neuves se fait à un rythme de l'ordre de 1500 m' par an (figure 1.3).

2. L'exemple de la commune de Martigny (15 000 habitants)

Les figures 1.5 et 1.6 présentent les données connues pour le cas de Martigny (Valais).

3. L'exemple de la commune de Brugg (9360 habitants)

Les figures 1.7 et 1.8 montrent que le remplacement de conduites d'eau à Brugg est relativement faible comparé au développement du réseau (moins de 5% sur 10 ans).

Dans le cas du gaz cette part est plus importante (env. 10 %) mais reste très faible.

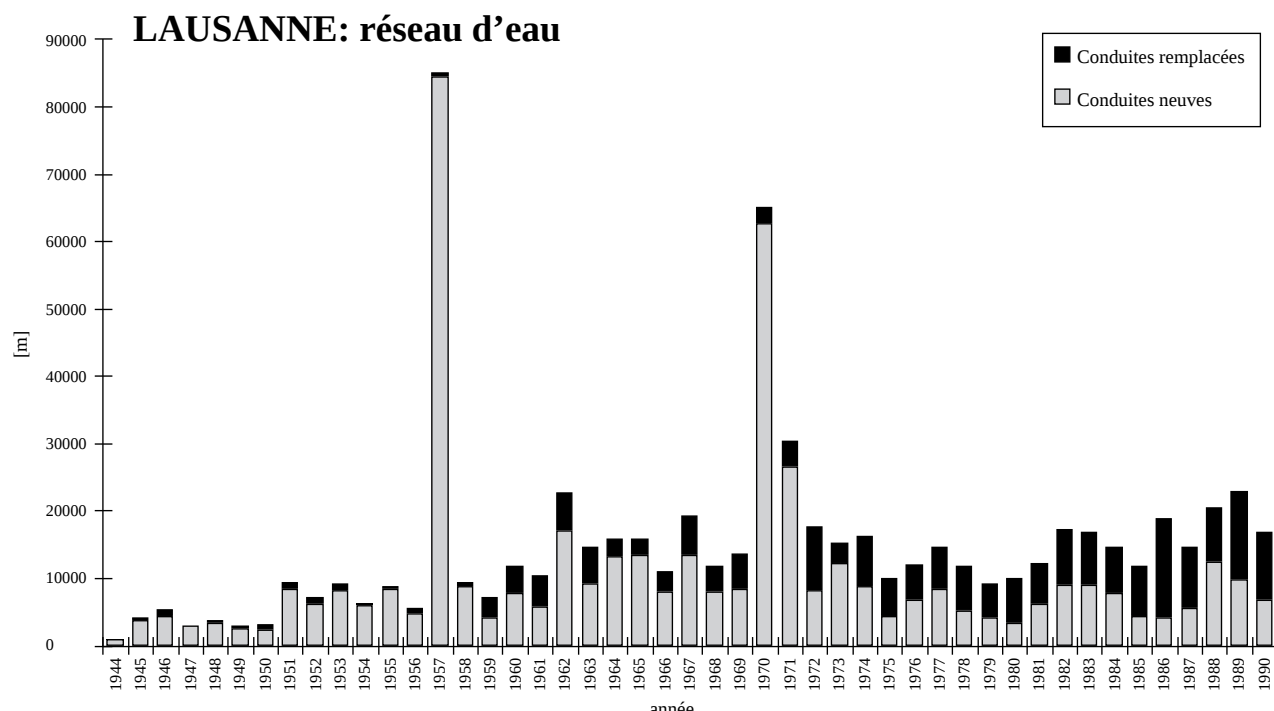


Figure 1.1: Evolution du réseau d'eau de l'agglomération lausannoise (250 000 habitants, 9 communes).

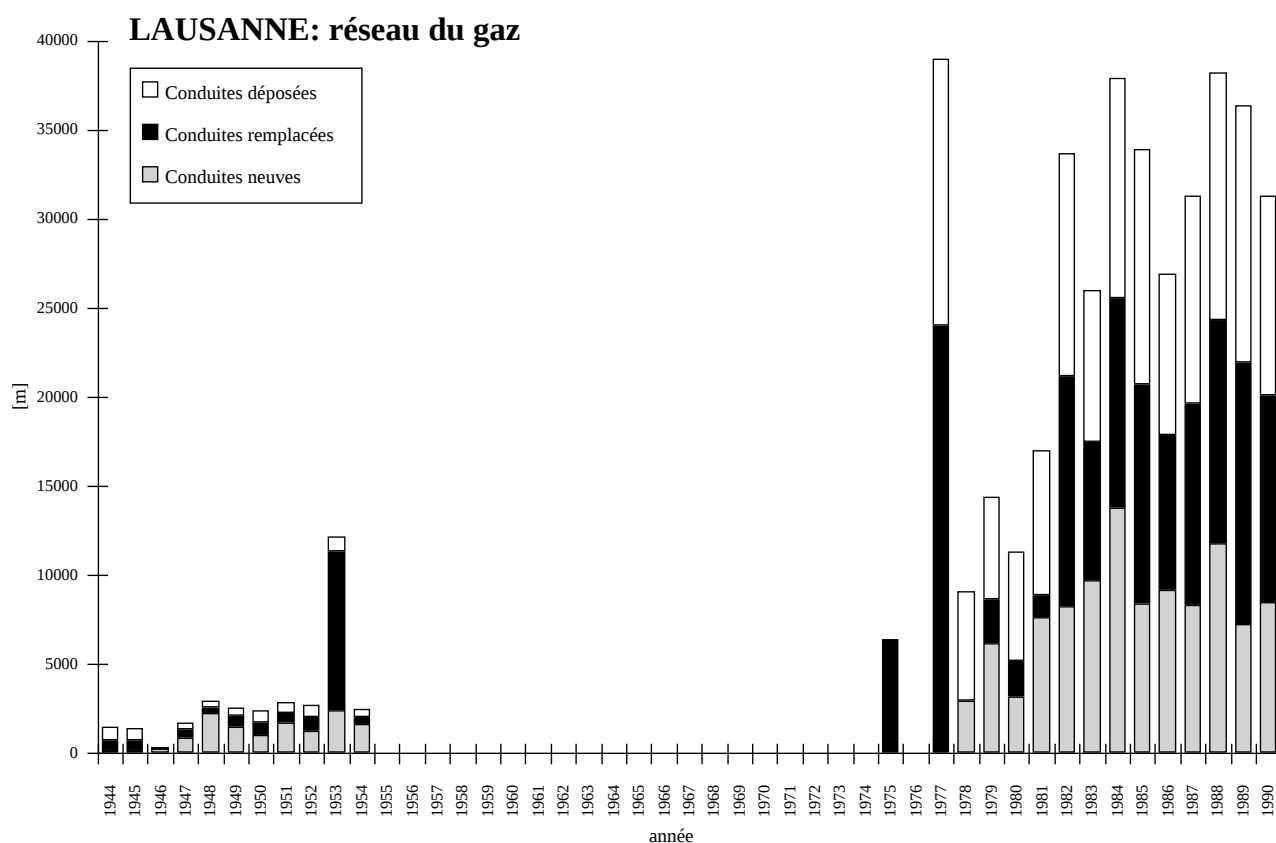


Figure 1.2: Evolution du réseau de gaz de l'agglomération lausannoise (250 000 habitants, 9 communes).

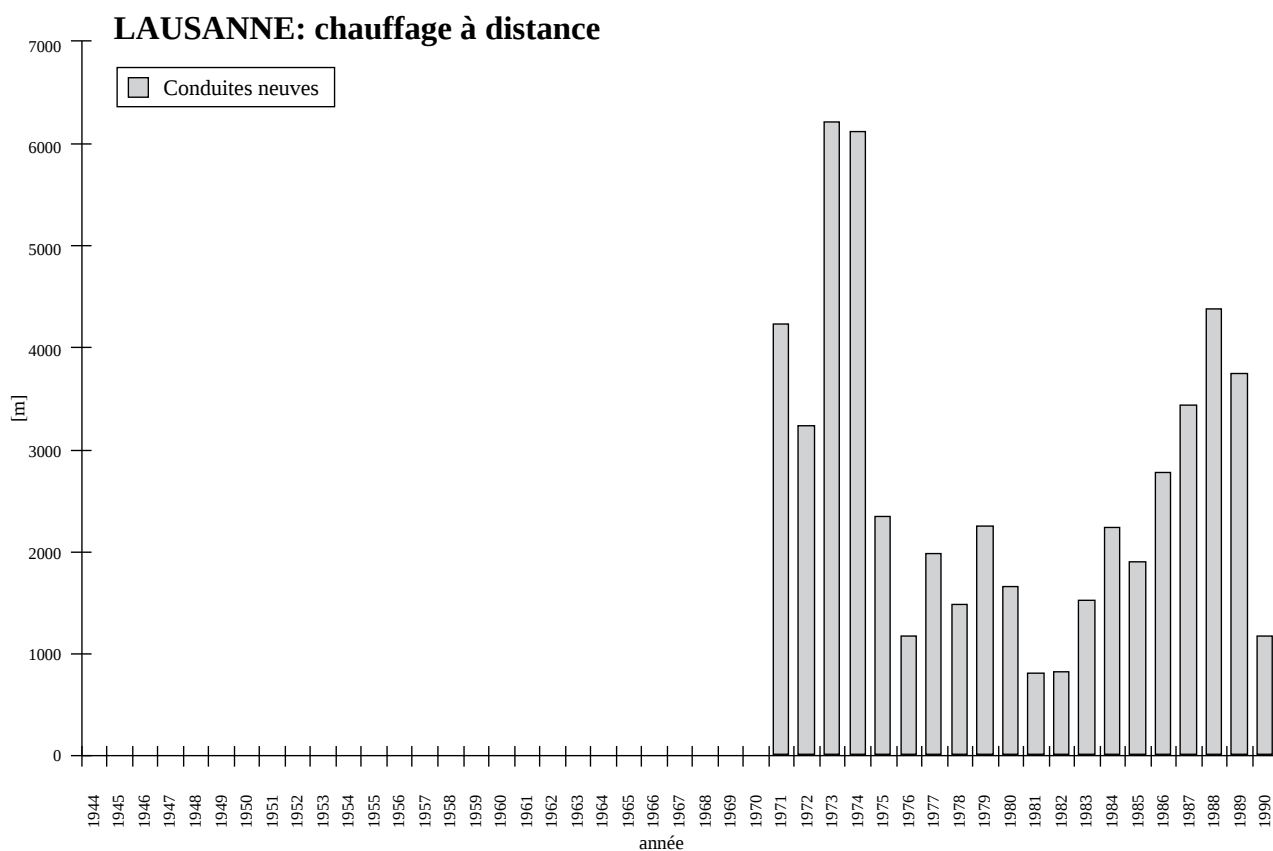


Figure 1.3: Evolution du réseau de chauffage à distance de l'agglomération lausannoise (250 000 habitants, 9 communes).

En 1990, les services lausannois ont posé:	En 1990, il y a pour env. 250 000 habitants* :
Eau: 16 800 m' de conduites	728 000 m'de cond. eau soit 2.9 m'/habitant
Gaz: 8 100 m' de conduites	534 000 m'de cond. gaz soit 2.1 m'/habitant
CAD: 1 200 m' de conduites	68 000 m'de cond. CAD soit 0.3 m'/habitant
Estimation du nbre d'habitants + emplois raccordés au gaz: 25 000	* Il s'agit du nombre total d'habitants et non pas du nombre d'habitants raccordés.
Estimation du nbre d'habitants + emplois raccordés au CAD: 13 000	

Figure 1.4: L'importance des réseaux dans l'agglomération lausannoise en 1990.

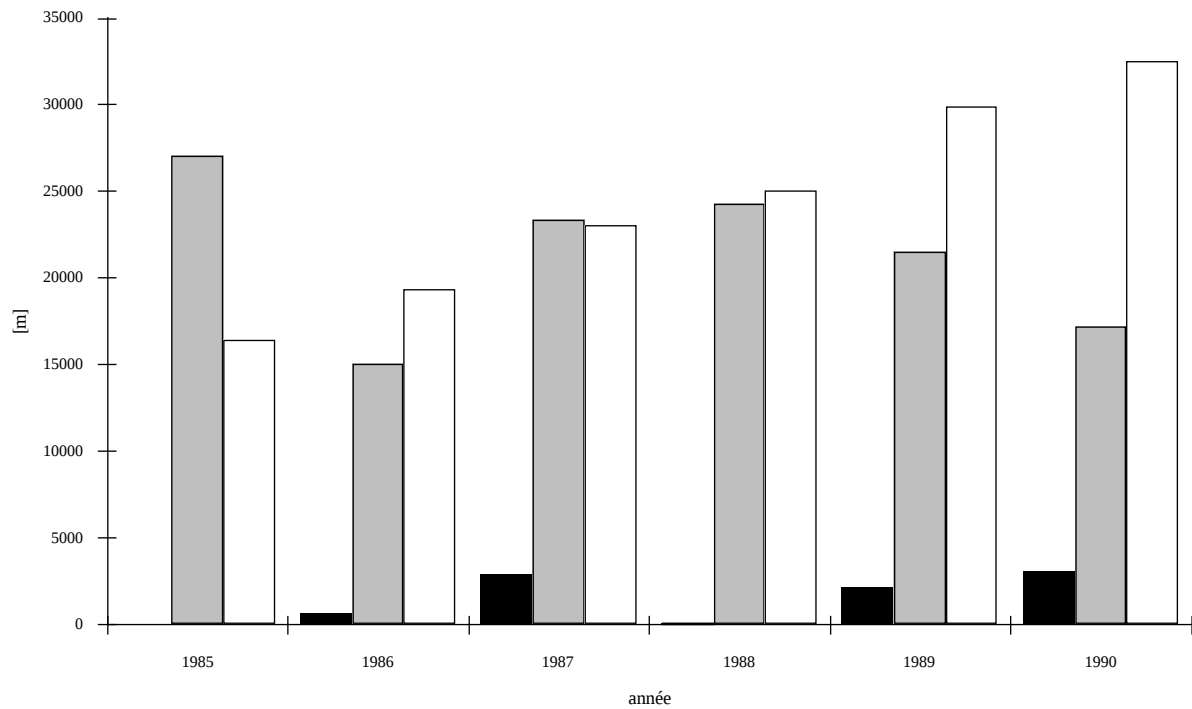


Figure 1.5: Nouvelle conduites posées chaque année à Martigny (15000 habitants, 1 commune).

En 1990, les services de Martigny ont posé:		En 1990, il y a pour env. 15 000 habitants*:	
Eau:	3000 m' de conduites		
Gaz:	2700 m' de conduites	32 460 m' de cond. gaz, soit:	2.16 m'/habitant
CAD:	710 m' de conduites	15 040 m' de cond. CAD, soit:	1.00 m'/habitant
* Il s'agit du nombre total d'habitants et non pas du nombre d'habitants raccordés			

Figure 1.6: L'importance des réseaux dans la commune de Martigny en 1990.

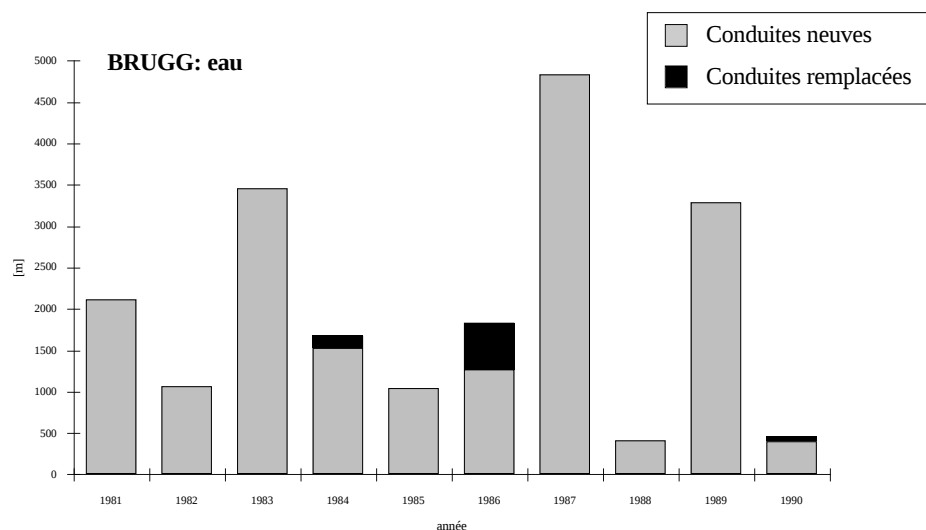


Figure 1.7: Evolution du réseau d'eau de la ville de Brugg (9360 habitants, 1 commune).

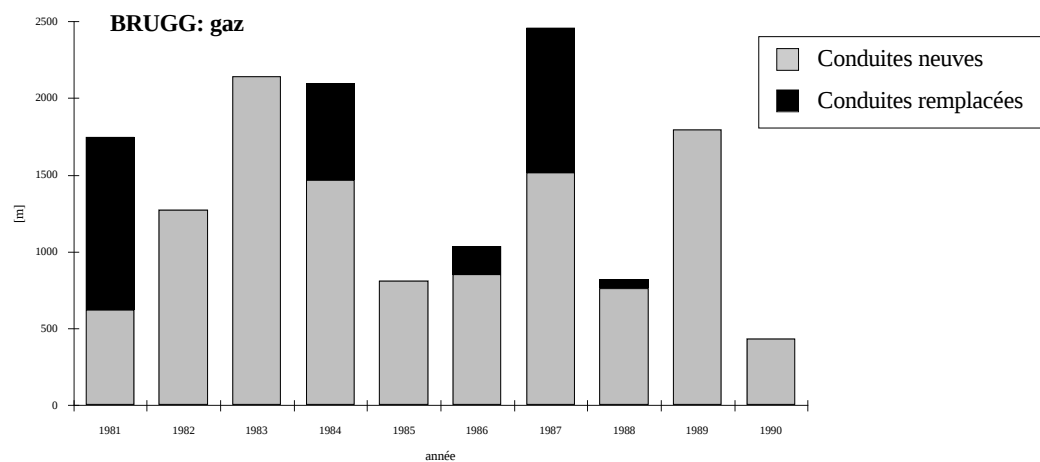


Figure 1.8: Evolution du réseau de gaz de la ville de Brugg (9360 habitants, 1 commune).

En 1990, les services de Brugg ont posé:		En 1990, il y a pour env. 9360 habitants* :	
Eau:	460 m' de conduites	62 000 m' de cond. eau, soit :	6,6 m'/habitant
Gaz:	435 m' de conduites	33 000 m' de cond. gaz, soit :	3,5 m'/habitant
Estimation du nombre d'habitants + emplois raccordés au gaz: 5000.		* Il s'agit du nombre total d'habitants et non pas du nombre d'habitants raccordés.	

Figure 1.9: L'importance des réseaux dans la commune de Brugg en 1990.

2. Les systèmes d'information du territoire

2.1	La mensuration officielle	17
2.1.1	Historique et état actuel	17
2.1.2	La REMO (réforme de la mensuration officielle)	30
2.1.3	Méthodes d'acquisition des données géométriques	35
2.1.4	La mensuration numérique	44
2.1.5	Informatisation, numérisation, vectorisation et digitalisation des plans	46

2.2	Le cadastre souterrain	55
2.2.1	Description	55
2.2.2	La mise à jour du cadastre souterrain	58
2.2.3	Levés in situ effectués par le service	59
2.2.4	Plans spécifiques par réseau	60

2.3	Les échanges d'informations pour les services techniques	64
2.3.1	Besoins de l'utilisateur	64
2.3.2	Organisation d'échange des données	65
2.3.3	Pragmatisme et réalité	66

2. Les systèmes d'information du territoire

2.1 La mensuration officielle

2.1.1 Historique et état actuel

Historique

Le cadastre suisse actuel a été institué par le code civil de 1912, en tant que base technique du Registre foncier. Antérieurement existaient déjà de multiples cadastres cantonaux, comportant souvent des plans d'excellente qualité. Certains cantons ou certaines villes, tels que Berne et Bâle, ont ainsi une longue tradition dans le cadastre, avec des objectifs parfois polyvalents.

Dès 1912, il a fallu fixer les bases techniques de cette nouvelle institution; les premiers textes datent de 1919 (Instruction sur l'abornement et la mensuration parcellaire et Instruction pour la triangulation du IV^e ordre).

Un premier programme d'exécution a été établi en 1932, prévoyant l'achèvement de la mensuration conforme aux dispositions fédérales pour 1976.

Les mensurations cadastrales fédérales n'ont pas été achevées sur l'ensemble du territoire suisse pour la date prévue initialement. Face à cet état de fait et face à l'évolution technique, la Direction fédérale des mensurations (D+M) entreprend deux actions spectaculaires:

- Le «Programme 2000» qui planifie et apporte les fonds nécessaires pour terminer les mensurations suisses dans les 30 ans.
- Le projet «Réforme de la Mensuration Officielle» (REMO) qui prévoit une modernisation des concepts techniques de la mensuration avec en particulier une informatisation et un complètement de son contenu.

Le programme 2000 est en début de réalisation. On peut estimer son achèvement pour les années 2020 à 2030 selon les cantons.

La REMO, de par ses exigences très lourdes, ne déploiera ses effets que progressivement avec de longues phases de travail de type législatif et réglementaire, suivi de mises en place progressives dans les centres les plus actifs et les plus riches tout d'abord.

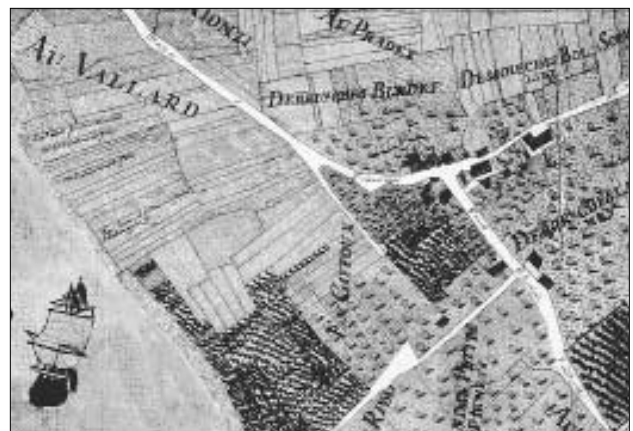


Figure 2.1: Préverenges, plan du XIX^e siècle.



Figure 2.2: Préverenges, plan actuel au 1:25 000.

Art. 656. L'inscription au registre foncier est nécessaire pour l'acquisition de la propriété foncière.

Figure 2.3: Article 656 (CCS).

*Art. 655. La propriété foncière a pour objectif les immeubles.
Sont immeubles dans le sens de la présente loi:
1 - les biens-fonds;
2 - les droits distincts et permanents, immatriculés au registre foncier;
3 - les mines;
4 - les parts de copropriété d'un immeuble.*

Figure 2.4: Article 655 (CCS).

*Ordonnance sur le registre foncier, art. 1, 2^e alinéa
...
Par biens-fonds, on entend toute surface de terrain ayant des limites déterminées de façon suffisante.
...*

Figure 2.5: Article 1, 2^e alinéa (ORF du CCS).

*Ordonnance sur le registre foncier, art. 7, 2^e alinéa
Les droits distincts et permanents sur les immeubles tels que le droit de superficie, le droit à une source sur fonds d'autrui, peuvent être immatriculés comme immeubles au registre foncier sur demande écrite du titulaire.
Pour qu'un droit de ce genre puisse être immatriculé, il faut:
1 - qu'il soit constitué comme servitude sur un immeuble rentrant dans le domaine privé ou le domaine public du même arrondissement, et ne soit établi ni en faveur d'un fonds dominant, ni d'une personne déterminée;
2 - qu'il soit établi pour 30 ans au moins ou pour une durée indéterminée.
...*

Figure 2.6: Article 7, 2^e alinéa (ORF du CCS).

Elle n'en est pour l'instant qu'à la phase d'approbation et à la définition du concept de réalisation. Face aux nouvelles exigences de la REMO, une extension de l'enveloppe budgétaire fédérale n'est pas acquise.

La réalisation complète de ces projets n'est envisageable qu'à long terme et plusieurs cantons se tournent vers une numérisation rapide des plans existants qui doit permettre la réalisation préalable et rapide d'une base de données numériques complète pour le cadastre.

La REMO est une opération ambitieuse et dont les retombées à long terme seront probablement plus importantes que celles de l'introduction du nouveau système en 1912. Il s'agit maintenant d'améliorer les prestations de service aux tiers, jugées autrefois secondaires, en les intégrant dans les buts premiers du système cadastral. Ces nouvelles dispositions constitueront dans notre pays les bases d'un véritable cadastre fédéral polyvalent.

Le Registre foncier

Bases légales

Le système cadastral suisse actuel est par essence juridique. Le régime foncier (propriété du sol et droits y relatifs) se fonde sur le Registre foncier et ses composantes qui assurent la détermination précise de l'étendue des droits de chacun. Le Registre foncier est institué par l'article 656 du Code civil suisse (CCS) (voir figure 2.3). Sa mission est définie à l'article 950 du même CCS (figure 2.9).

L'objet de la propriété foncière est décrit à l'article 655 (voir figure 2.4). Celui qui acquiert un immeuble par occupation, succession, expropriation, exécution forcée ou jugement en devient propriétaire avant l'inscription, mais il n'en peut toutefois disposer qu'après que cette formalité ait été remplie.

Les biens-fonds sont décrits par le 2^e alinéa de l'article 1 de l'Ordonnance sur le registre foncier (voir figure 2.5).

La description de l'immeuble comprend aussi celle des divers droits et charges qui y sont rattachés; dans la mesure ou ces droits et charges ont une assiette géométriquement définie, cette dernière fera également l'objet d'une mensuration. Par ailleurs, la description de l'immeuble ne se borne pas aux seules limites, mais également à l'aspect et à la couverture du sol, aux constructions, etc.

Les droits distincts et permanents sont décrits par le 2^e alinéa de l'article 7 de l'Ordonnance sur le registre foncier (voir figure 2.6).

L'inscription des parts de copropriété a pris beaucoup d'importance avec l'introduction de la propriété par étages (PPE). La description des parts peut, dans de nombreux cas, poser des problèmes insolubles pour des plans de géomètre. Il est fréquent que soient joints aux pièces justificatives remises au registre foncier des plans d'architecte complétant la description littérale des diverses parts.

Le titre final du CCS précise, dans ses art. 38 à 50, divers points importants relatifs à l'introduction du registre foncier et de la mensuration cadastrale. Les articles 38 à 42 concernent particulièrement la mensuration (figures 2.10 et 2.11).

La mensuration cadastrale, au sens des dispositions résultant du CCS de 1912, se compose des parties suivantes :

- mensuration parcellaire,
- triangulation du IV^e ordre,
- plan d'ensemble.

Les tâches de conservation (mise à jour) des diverses œuvres résultant de ces travaux font partie de la mensuration.

Les documents du Registre foncier
 Les documents relatifs au Registre foncier peuvent être consultés par toute personne justifiant d'un intérêt. Ils sont principalement modifiés par les actes authentiques des notaires et basés sur les plans établis par les géomètres. Parmi ces documents, le plan cadastral assure la définition géométrique des parcelles et participe ainsi à la foi publique attachée au registre foncier. Toute opération qui touche le sol, les constructions et les droits y relatifs, se réfère donc au plan cadastral.

Lors de l'introduction du registre foncier fédéral, les législateurs du début du siècle ne s'étaient pas trompés : ils prévoyaient déjà une utilisation élargie du cadastre, ce qui s'est produit dans les proportions bien plus importantes qu'il n'était possible de l'envisager à priori.

Le plan cadastral est ainsi devenu, au cours de ce siècle, la référence forcée pour toutes les actions nécessitant des plans à grande échelle. Son utilisation



Figure 2.7: Oleyres, réduction du plan cadastral de 1873.

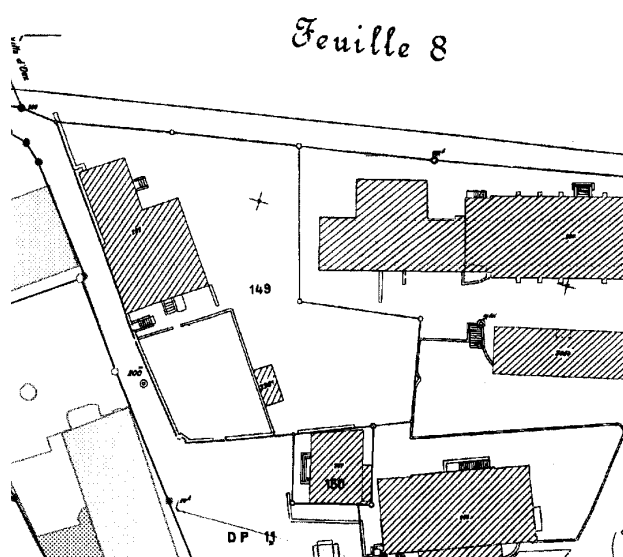


Figure 2.8: Château-d'Œx, extrait du plan cadastral de 1964.

Art. 950. L'immatriculation et la description de chaque immeuble au registre foncier s'opèrent d'après un plan dressé, dans la règle, sur la base d'une mensuration officielle.

Figure 2.9: Article 950 (CCS).

Art. 38. Le Conseil fédéral, après entente avec les cantons, dresse un plan général pour l'établissement du registre foncier et la mensuration du sol. Les registres et les plans cadastraux existants seront conservés dans la mesure du possible comme parties intégrantes du nouveau registre foncier.

Figure 2.10: Article 38 (CCS Titre final).

Art. 40. La mensuration du sol précédera, dans la règle, l'introduction du registre foncier. Toutefois, et avec l'assentiment du Conseil fédéral, le registre foncier pourra être introduit auparavant, s'il existe un état des immeubles suffisamment exact.

Figure 2.11: Article 40 (CCS Titre final).

Art. 39. Les frais de la mensuration du sol sont supportés en majeure partie par la Confédération. Cette disposition s'applique à tous les travaux de mensuration exécutés depuis le 1^{er} janvier 1907. La répartition des frais sera réglée définitivement par l'assemblée fédérale.

Figure 2.12: Article 39 (CCS Titre final).

par la plupart des secteurs d'activité ayant un rapport avec le sol est généralisée et touche une multitude d'applications, qui vont de la simple visualisation de la situation d'immeubles lors de discussions entre partenaires économiques à la représentation des projets les plus divers, ou encore à la gestion de réseaux. On peut rappeler que le plan cadastral sert de base notamment pour :

- les plans des études de détail dans le domaine de la construction et de l'aménagement du territoire (plans d'affectations locaux, plans de quartier, etc);
- les plans de situation pour la mise à l'enquête des constructions;
- les plans de la protection des eaux;
- les plans de repérage les plus divers (canalisations et conduites pour l'eau, le gaz, l'électricité, routes, etc);
- les plans des PTT et des CFF;
- les divers plans des communes.

Constamment utilisé aujourd'hui, le plan cadastral constitue bien la référence centrale des systèmes d'information du territoire qui se mettent en place progressivement dans tous les secteurs d'activité.

Le plan du Registre foncier

Des parties importantes du territoire sont encore aujourd'hui décrites à l'aide de plans datant du siècle passé, établis selon les directives cantonales alors en vigueur. Par ailleurs, de par l'évolution des techniques, l'introduction des plans sur plaque aluminium, puis du traitement numérique, on dispose actuellement de plans offrant une grande diversité de contenu et de présentation.

Il n'est pas possible de faire l'inventaire de tout ce qui existe en Suisse.

Résultat d'un travail à long terme de mensuration et de mise à jour, les plans à disposition des utilisateurs n'ont été constitués que lentement. Il en résulte trois catégories principales, plus au moins bien utilisables pour les divers besoins :

- Les plans «graphiques» du 19^e siècle et du début du 20^e siècle, en carton et d'une précision variant entre le décimètre et le demi-mètre. Ils ont en général une bonne précision de voisinage, mais avec des «cassures» parfois importantes. Leur

graphisme, leur mise à jour par surcharge et leur support (carton) sont techniquement dépassés. Ils concernent principalement les régions rurales non remaniées et les centres historiques des villes.

- Les plans «semi-numériques» (1912-1963), collés en général sur plaque d'aluminium et d'une précision variant entre 5 à 20 cm. Ils sont graphiquement mieux adaptés et en général plus précis que les plans du 19^e siècle; leur qualité actuelle est liée à leur échelle de report et au soin plus ou moins grand de leur mise à jour. Ils concernent principalement les zones récentes des villes ou leurs périphéries et les zones rurales remaniées.
- Les plans «numériques» (1963-1991) basés sur des coordonnées connues avec une précision variant entre 2 et 10 cm. Ils concernent les communes qui ont demandé une nouvelle mensuration, les zones remaniées, les autoroutes, ainsi que les zones en développement.

Des bases de données offrent aujourd'hui déjà les prestations les plus modernes pour certains territoires. Cela signifie que pour ces zones, il est actuellement possible d'obtenir des données numériques ou des produits graphiques indépendants de l'échelle et du découpage du plan cadastral original, avec une possibilité de sélectionner les données désirées.

Le projet «Réforme de la Mensuration Officielle» (REMO) prévoit pour le long terme, une modernisation des concepts techniques de la mensuration avec en particulier une informatisation et un complètement de son contenu. Il se concrétise partiellement à court terme au niveau des cantons (voir sous 2.1.2 et quelques exemples dans le chapitre 6).

Enfin, il faut mentionner que, dans certaines régions, la mensuration n'a pas suivi immédiatement la fin d'un remaniement parcellaire. Les plans de nouvel état, appelés plans transitoires, sont dans certains cas utilisés comme plans cadastraux durant une période qui peut être longue.

La qualité de tous ces types de documents est très variable. Indépendamment du genre de mensuration et de l'âge des documents, elle peut être excellente aussi bien que misérable! Elle dépend autant de la qualité du levé initial que du soin apporté à la conservation des documents.

Définition

Le plan du registre foncier prend la place du plan cadastral actuel. Il est mis à l'enquête publique lors de nouvelles mensurations et sert exclusivement à l'établissement du registre foncier.

Contenu

Le plan du registre foncier figure les informations des niveaux points fixes, couverture du sol, objets isolés, nomenclature, propriété foncière et assiettes de servitude.

Figure 2.13: Plan du registre foncier selon la REMO.

Validité des prescriptions

Les prescriptions ci-contre sont valables pour le «plan du registre foncier». Elles sont obligatoires pour les nouveaux dessins de plans et les rénovations cadastrales, dès l'instant. Certains cantons s'écartent parfois légèrement de ces normes.

Prescriptions pour la représentation graphique (plan du registre foncier)

- **Echelles**
 - 1:200 pour les régions à forte densité d'habitations dans les villes et villages;
 - 1:500 pour toutes les autres régions bâties ou à bâtir;
 - 1:1000 pour les zones agricoles;
 - 1:2000 pour les régions peu morcelées;
 - 1:5000 et 1:10 000 pour les régions de montagne.
- **Format**

Le format du plan du registre foncier est de 70 x 100 cm.
- **Support du dessin**

Au cas où la totalité des données concernant le plan du registre foncier existent et sont mises à jour sous forme numérique, on peut renoncer à la plaque aluminium. Le plan peut être dessiné sur un film en polyester ou une autre matière semblable. Le type de support doit être agréé par la Direction fédérale des mensurations cadastrales.
- **Type de plan**

Le plan du registre foncier est établi sous forme de plan-îlot. Les limites de parcelles, de voies ferrées, de routes ou de cours d'eau en constituent le périmètre.
- **Recouvrements**

Les plans ne comprennent aucune zone de recouvrement. Le dessin s'arrête exactement au périmètre (ce concept n'est valable que pour les plans ou tirages papier; un plan numérique n'a pas de véritable limite).
- **Titre**

Chaque plan comporte un titre complet, ainsi qu'un titre sommaire. Le titre complet est placé de manière à être visible lorsque le tirage papier du plan est plié au format A4. Le titre sommaire est placé en haut à gauche ou en bas à droite, pour autant que le titre complet ne s'y trouve pas.
- **Dessin automatique**

Le dessin automatique peut s'effectuer à l'encre, par gravure ou rayon lumineux. L'emploi d'autres méthodes exige l'autorisation de la Direction fédérale des mensuration cadastrales.

- *Exactitude du dessin*

L'erreur absolue du report sur le plan ne doit pas excéder 0,1 mm.

- *Point avec signe de démarcation*

Un symbole permet de différencier ces points de ceux non matérialisés.

- *Orientation des écritures*

En principe les écritures sont orientées perpendiculairement à la direction du nord. Exceptions admises:

- titre du plan,
- coordonnées,
- numéros de police et d'assurance des bâtiments,
- noms des rues, chemins et cours d'eau.

- *Reproduction des plans*

L'autorisation de la Direction fédérale des mensurations cadastrales est nécessaire pour l'emploi de nouveaux procédés de reproduction.

- *Extraits de plans*

Les extraits de plans du registre foncier doivent au moins comporter les indications suivantes:

- le nom de la commune,
- l'échelle,
- la mention du droit d'utilisation,
- la date de l'établissement de l'extrait,
- la désignation du bureau d'émission,
- l'indication de l'état de la mise à jour.

- *Mise à jour des plans du registre foncier*

Les plans sont mis à jour soit:

- par dessin automatique directement sur le plan original,
- par dessin automatique sur un support intermédiaire, puis copie sur l'original,
- par report et dessin manuels,
- par nouveau dessin.

Les points reportés doivent être contrôlés de manière indépendante.

Pour plus de détails et des exemples, se référer aux «Prescriptions pour la représentation du plan du Registre foncier et des exemples» éditées en 1990, en application de l'article 24 de l'Ordonnance fédérale.

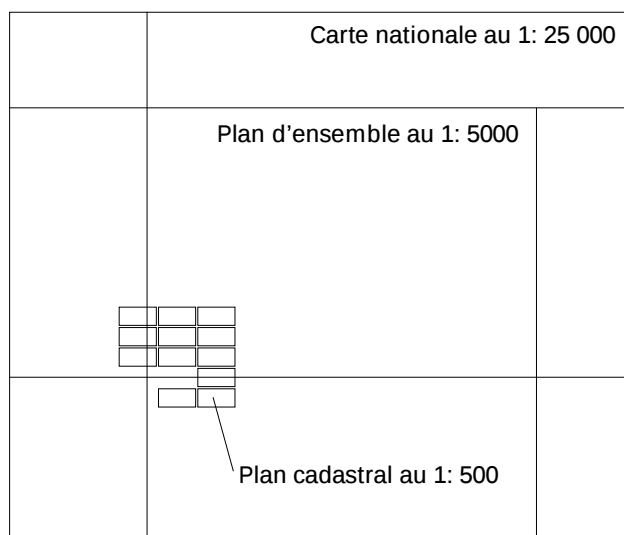


Figure 2.14: Relation plan cadastral – plan d'ensemble et carte nationale.

Le plan d'ensemble

La Mensuration Officielle offre une gamme de plans monochromes aux échelles du 1:10 000 et 1:5000 (quelques cantons au 1:2500 également), le plan d'ensemble, qui se caractérise par le fait que les objets sont représentés de manière symbolique, mais en principe dans leurs dimensions exactes et avec toute une série de détails. Une représentation complète de la couverture du sol, de l'hydrographie et de l'altimétrie est donc à disposition sous forme de films ou d'héliographies.

Lorsqu'il est question de mensuration parcellaire, le plan d'ensemble ne doit pas être oublié. Il comble le vide entre les plans cadastraux figurant les parcelles et les cartes nationales. La topographie du territoire y est représentée ainsi que, pour certains cantons, les limites des parcelles. Ces documents sont utiles pour l'aménagement du territoire, la planification de détail et les projets dans leur phase initiale. Ils sont par contre insuffisants pour les projets de détail et une représentation plus précise de la couverture du sol et de la propriété foncière. La mise à jour des bâtiments et des routes s'opère tous les deux ans.

Avec les missions attribuées aux domaines relativement nouveaux de l'aménagement du territoire, le plan d'ensemble, en tant que document nécessaire à la planification, a gagné en importance parce qu'il comprend une plus grande région et qu'il contient une foule d'informations sur le territoire représenté. Le chapitre 6 donne un exemple (Canton de Vaud) de l'évolution de ce produit dans le sens de la constitution de couches de données informatisées et structurées.

Des indications sur les formes du terrain, les altitudes, les constructions, les routes et chemins, les lignes de chemin de fer, les cours d'eau y sont par exemple figurés. Il est cependant important, précisément pour des travaux d'aménagement du territoire qui ne concernent pas une parcelle isolée mais toute une région, que les plans d'ensemble fournissent également des informations sur l'utilisation du sol. Pour cette raison, les forêts, les vergers, les vignes, les cimetières, les monuments, les éboulis et de nombreuses autres indications sont figurées sur le plan d'ensemble. Dans les régions de montagne, le plan d'ensemble sert également de base pour le plan cadastral.

Les données nécessaires pour l'établissement et la mise à jour des plans d'ensemble sont extraites de photos aériennes très précises. Ce procédé est désigné par photogrammétrie.

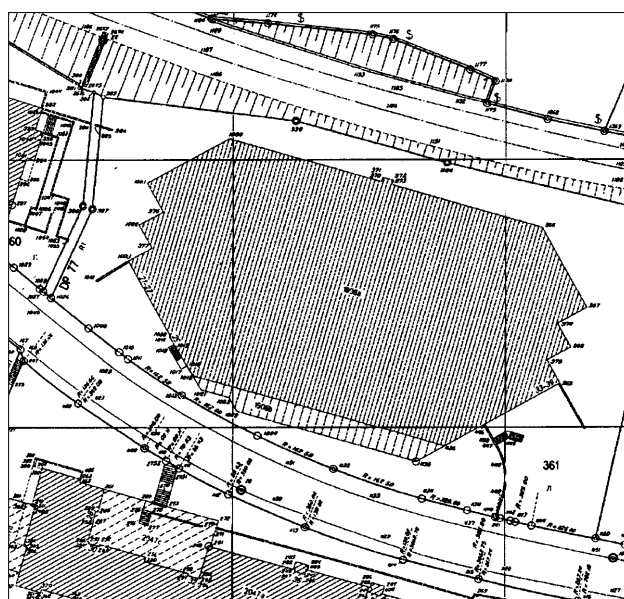


Figure 2.15: Sortie sur traceur du plan cadastral numérique de Lutry.

La cartographie nationale

La Suisse connaît une cartographie nationale complète et à jour sous forme de magnifiques cartes en couleur aux échelles du 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:500 000. Toutes autres cartes spéciales sont réalisables par l'Office fédéral de la topographie (S+T).

Le mode de représentation de ces documents fait l'objet d'une généralisation et d'une symbolique qui permettent de lire les informations de manière claire (voies de communication plus larges qu'en réalité, maisons serrées regroupées en pavés, etc.).

Ces produits permettent de représenter des projets et des planifications, d'esquisser des axes de circulation, d'opérer des statistiques, de délimiter des aires globales, etc. Ils ne permettent par contre pas, vu leur nature, les projets de détail et les implantations et repérages précis. La mise à jour suit un cycle de 6 ans.

Des restitutions partielles par couleur de la carte sont possibles (l'altimétrie, le construit – les routes – les nomenclatures et divisions administratives, la couverture végétale, l'hydrologie, les ombres et teintes).

Le S+T élabore actuellement un modèle digital de terrain issu de son altimétrie au 1:25 000, qui permet d'obtenir une cote pour chaque carré de territoire de 25 m sur 25 m ou des lignes de niveau sous forme de segments linéaires non lissés. Ce produit permet toute une série de représentations automatisées de profils pour des avant-projets.

Les figures 2.16 et 2.17 montrent l'état des mensurations cadastrales et de la reproduction monochrome du plan d'ensemble sur le territoire suisse en 1991.

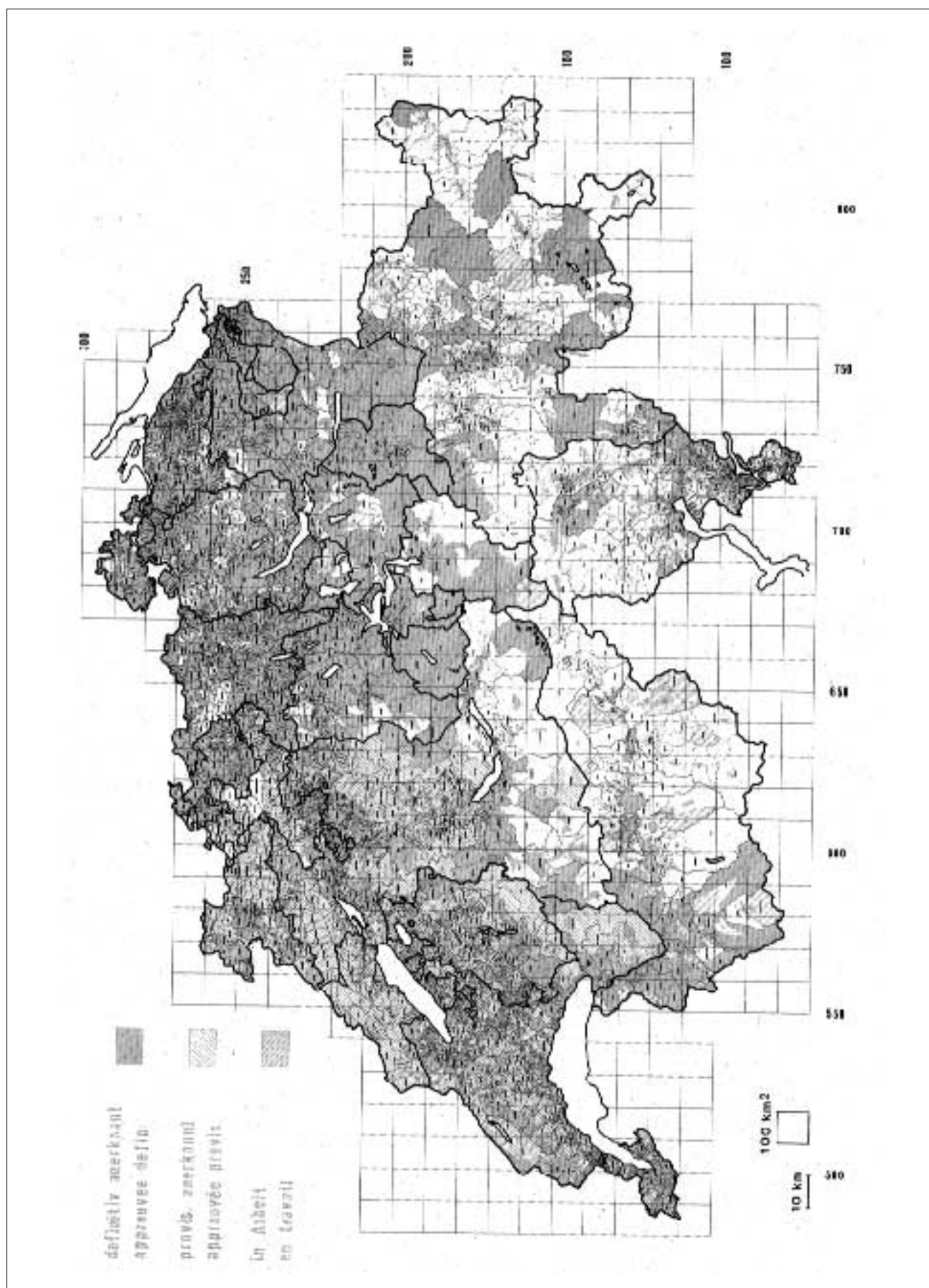
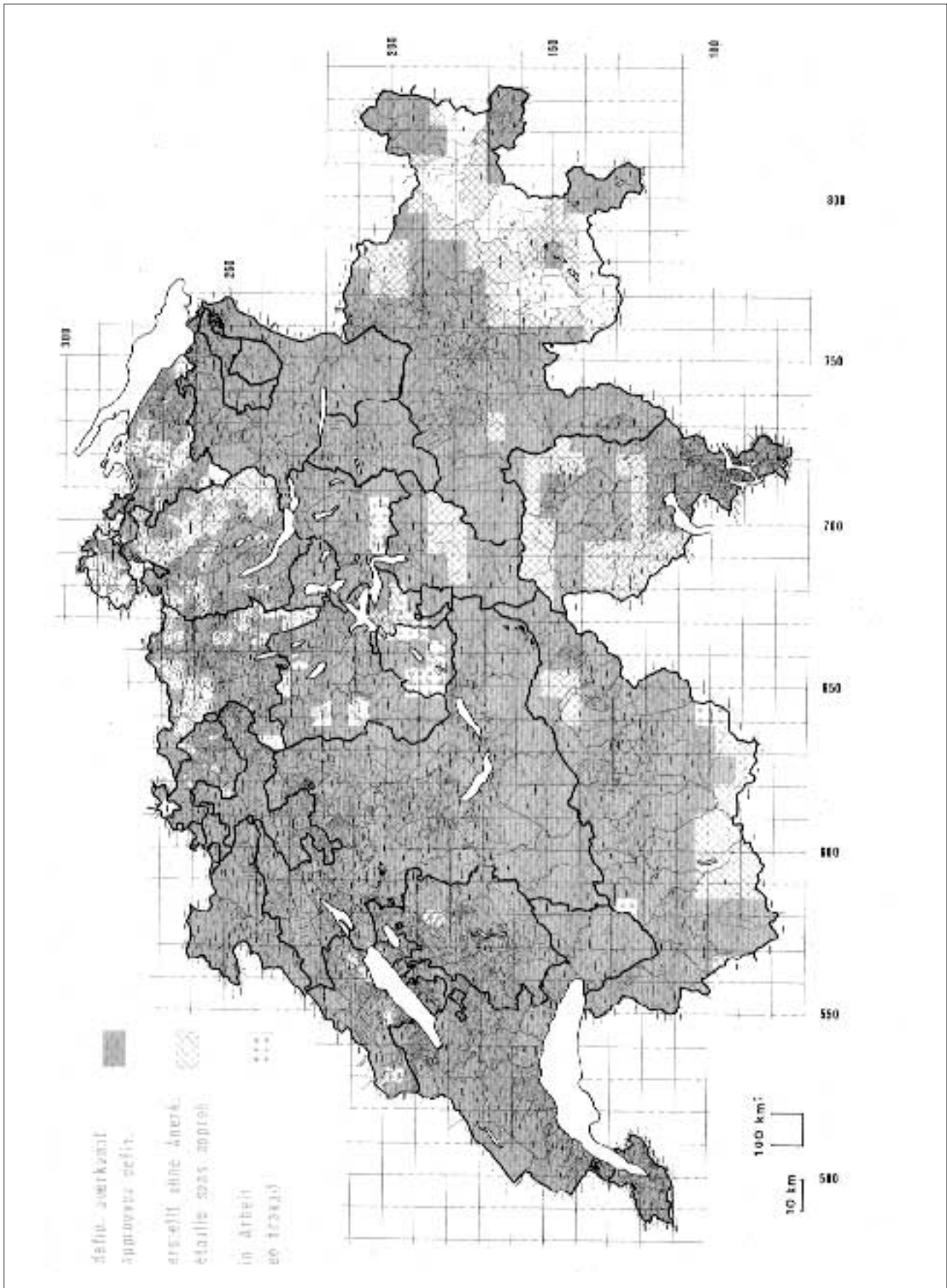


Figure 2.16: Etat des mensurations cadastrales sur le territoire suisse en 1991.



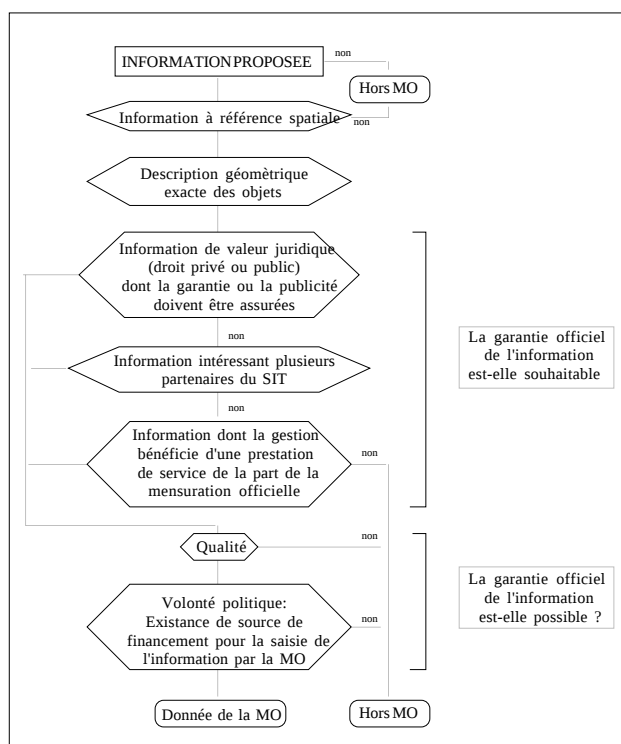


Figure 2.18: Schéma de classification des informations de la mensuration officielle (REMO: concept détaillé p.12).

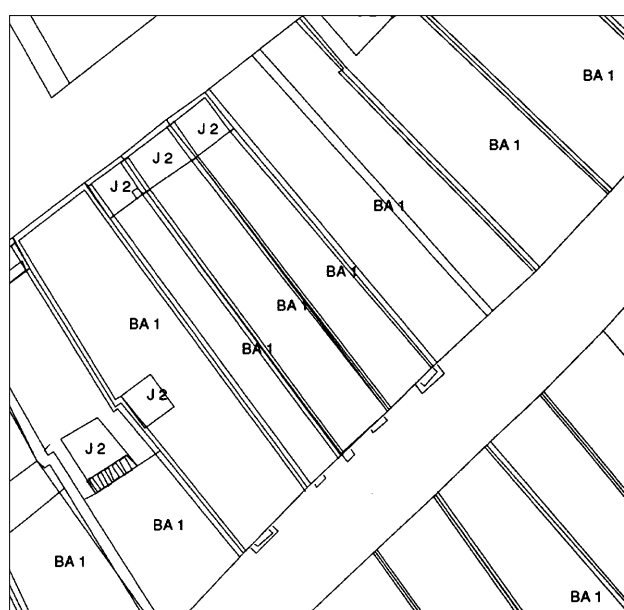


Figure 2.19: Extrait d'un plan numérique au format DXF de Neuchâtel.

2.1.2 La réforme de la mensuration officielle (REMO)

Le concept REMO

Cette réforme a pour but d'améliorer les prestations que la mensuration officielle propose à l'administration, à l'économie et aux particuliers. Afin d'atteindre cet objectif, il convient essentiellement d'élargir l'éventail des informations foncières et de recourir aux techniques modernes, telles que le traitement électronique des données, la diffusion des données sur des supports électroniques et le tracé de plans assisté par ordinateur.

La réforme permet d'éliminer certains défauts de la mensuration actuelle et d'en améliorer les prestations en fonction des nouveaux besoins. Ces améliorations sont en particulier: la durée illimitée d'utilisation des supports d'information, la suppression des retards dans la mise à jour, la mise à disposition rapide d'informations, l'élaboration automatique de plans à l'échelle et au contenu désirés, l'échange de données avec d'autres services. Elle permet à terme la suppression du plan d'ensemble.

Pendant plusieurs années, la direction du projet REMO, dirigée par la Direction fédérale des mensurations cadastrales et des groupes d'experts, a préparé les bases techniques et la législation.

A fin septembre 1989, le Conseil fédéral a autorisé le Département fédéral de justice et police à mettre en consultation l'avant-projet relatif à un nouvel arrêté fédéral concernant les indemnités dans le domaine de la mensuration officielle, ainsi que le plan détaillé de la REMO. Le projet du nouvel arrêté fédéral, remanié après la consultation, a été approuvé en novembre 1990 par le Conseil fédéral. Le Parlement a traité le projet et une mise en vigueur de la législation est prévue pour fin 92.

L'ordonnance sur la mensuration officielle prévoit que:

- les données de la mensuration officielle sont levées, gérées, mises à jour et livrées de telle manière qu'elles puissent aussi servir à la constitution et à l'exploitation de systèmes d'information du territoire ainsi qu'à d'autres buts publics et privés.
- Les cantons peuvent compléter le contenu de la mensuration officielle prévu par la législation fédérale et prescrire des exigences supplémentaires en matière de mensuration.

La mensuration officielle est, et restera, une tâche de la Confédération qui s'exécute dans toute la Suisse selon des principes uniformes. Pourtant, il est prévu que la compétence des cantons ne se limite pas – comme c'est très souvent le cas aujourd'hui – à l'exercice de la fonction d'exécution du droit fédéral. Les nouvelles prescriptions fédérales sont conçues dans une large mesure sous forme de conditions-cadre et offrent ainsi aux cantons la possibilité de tenir compte des particularités cantonales.

Un postulat, vers lequel on tend déjà depuis le début du siècle, est expressément reformulé dans la terminologie actuelle: la mensuration officielle doit également remplir d'autres fonctions à caractère public ou privé et servir à la mise sur pied et à l'exploitation de systèmes d'information du territoire.

Le contenu de la nouvelle mensuration officielle

La nouvelle mensuration officielle prévoit une nouvelle classification des données à référence spatiale et un catalogue des données.

Ce catalogue des données comprend les couches suivantes:

- points fixes,
- couverture du sol,
- objets isolés et éléments linéaires,
- altimétrie,
- nomenclature,
- propriété foncière,
- conduites (selon la loi fédérale sur installations de transport par conduites),
- divisions administratives et techniques.

Chaque couche contient les données d'un domaine thématique clairement délimité.

Ces couches et leur contenu constituent le «catalogue des données», valable dans toute la Suisse.

Les couches, superposables pour diverses présentations, constituent un «entrepôt» d'informations, ressemblant à un meuble à tiroirs. On peut retirer un tiroir particulier et examiner son contenu. Le système de référence commun, constitué par les points fixes, garantit que les données de toutes les couches peuvent être superposées les unes aux

Les couches renfermant des objets semblables, permettent de repérer informatiquement l'ensemble des informations se trouvant dans une couche, à la manière de calques superposés. Outre le problème du nombre de couches à considérer, toute la difficulté dans ce type de découpage consiste à définir à quelle couche appartient un objet.

Figure 2.20: Le problème de l'affectation d'un objet dans une couche

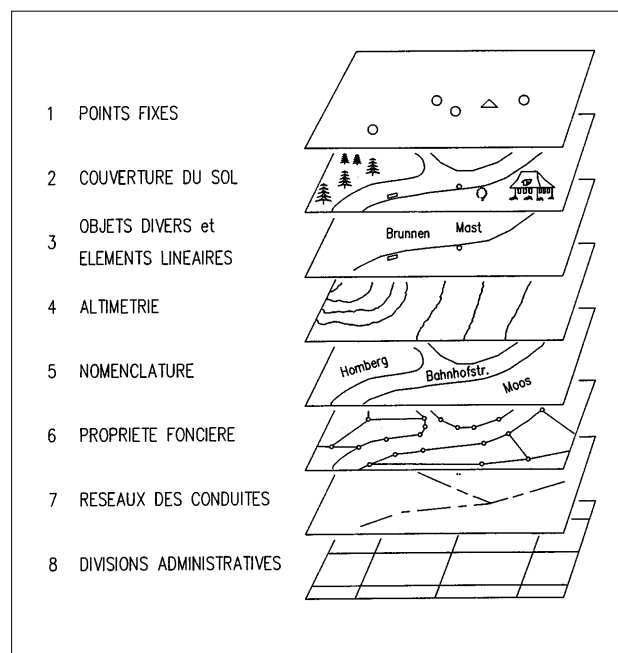


Figure 2.21: Mensuration officielle: découpage de la surface en couches de données.

Objectifs de la rénovation cadastrale :

- a. sauvegarde de l'information disponible, par transfert d'un support papier, susceptible de se dégrader, sur un support électronique, aisément copiable et plus aisé à conserver intact;
- b. indépendance du stockage et de la représentation des informations, permettant une
- c. amélioration des possibilités de mise à disposition d'informations pour les tiers, notamment par l'emploi de logiciels flexibles pour la représentation graphique;
- d. facilité de transfert des informations, et de traitement par des logiciels d'application (génie civil, architecture, statistiques, planification, etc);
- e. adaptation du contenu aux nouvelles exigences, soit des autorités fédérales (REMO: données de base), soit des cantons, des communes ou d'autres utilisateurs (REMO: données optionnelles).

Figure 2.22: Objectifs de la rénovation.

autres très exactement. Pour cette raison, les contenus de deux ou trois couches, ou même plus, peuvent être représentés sur un écran ou sur un plan. Les couches sont alors combinées. La situation relative des surfaces, des lignes et des points concorde parfaitement avec la réalité du terrain. Quelle que soit la couche choisie, celle-ci permet au spécialiste de l'utiliser comme bon lui semble, selon le problème à traiter.

Le plan du Registre foncier est un produit graphique, établi à partir du catalogue des données. Il délimite et décrit les immeubles (couches points fixes, couverture du sol, objets isolés, nomenclature, conduites et propriété foncière).

Tous les éléments de la mensuration officielle doivent être mis à jour. Pour la plupart des données, un système d'annonce s'organisera, de sorte que les modifications soient mises à jour dans des délais acceptables. Ce ne sera pas le cas pour certaines données des couches «couverture du sol» et «altimétrie», pour lesquelles une mise à jour périodique doit être le plus souvent réalisée à l'aide de la photogrammétrie.

Une modification ayant pour conséquence une mise à jour immédiate peut être de nature réelle ou juridique. S'il s'agit d'une modification d'un état juridique, elle n'entrera en vigueur que lorsqu'elle aura été introduite au Registre foncier.

La diffusion et l'échange des données de la mensuration

Conditions cadre

L'ordonnance sur la mensuration officielle à venir prévoit les conditions cadre suivantes pour la diffusion des données cadastrales:

- Les données sont publiques et leur diffusion est soumise à émolument.
- Les données diffusées doivent être documentées de manière complète quant à leur qualité (précision, actualité et intégralité).
- Les utilisateurs sont classés en deux catégories, les utilisateurs occasionnels et les utilisateurs permanents. Les utilisations peuvent être simples (internes) ou additionnelles (à caractère commercial, public ou de reproduction).
- Les cantons peuvent édicter des conditions cadre d'utilisation (durée, but, validité, indication de source et date de livraison, interdiction de manipulation, conditions de mise à jour).

- Les critères et conditions pour l'obtention d'une autorisation de reproduction sont indiqués (quantités, minima, produits prévus, etc.). Le montant des émoluments est fixé par les cantons.

Les partenaires

En ce qui concerne l'échange des données, plusieurs partenaires sont impliqués:

- La Confédération pour une utilisation propre des données et pour la haute surveillance de la mensuration officielle.
- Les Cantons pour une utilisation des données dans leurs divers services de l'administration cantonale et comme diffuseurs de données géographiques pour les grands utilisateurs qui désirent obtenir les données le plus possible indépendamment des limites communales ou des limites administratives.
- Les grands utilisateurs (CFF, PTT, distributeurs d'énergie), actifs dans plusieurs cantons, qui souhaitent pouvoir obtenir les données de la mensuration officielle partout avec la même structure.
- Les services techniques qui gèrent de manière indépendante l'information qui les concernent (réseaux, incendie, police...).
- Les gestionnaires d'information territoriale: architectes urbanistes, géographes, responsables des transports...
- Les géomètres, qui assurent aux communes et aux utilisateurs locaux (petits services et utilisateurs) l'accès aux données et complètent celles-ci par des informations locales, ont un double rôle. D'une part, ils sont les chevilles ouvrières décentralisées du SIT cantonal et assument la responsabilité du levé original et de la mise à jour de données, qui peuvent largement déborder du cadre de la mensuration officielle. D'autre part, ils peuvent conseiller des communes et des petits utilisateurs dans le domaine des SIT.

Les données

Les données qui sont traitées dans le cadre d'un SIT ont une longue durée de vie. De leur côté, les systèmes informatiques connaissent un développement très rapide. La durée de vie du matériel et du logiciel est plus de dix fois inférieure à celle des données. Il est donc indispensable de pouvoir reprendre les données d'un système pour les transférer dans le système successeur.

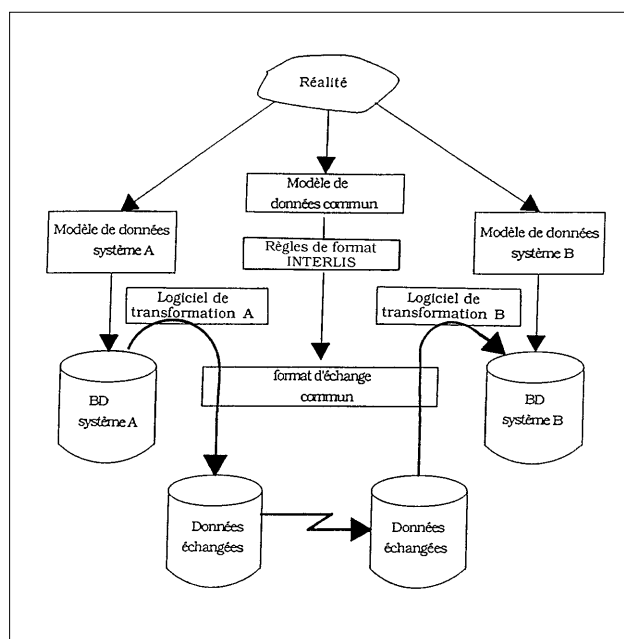


Figure 2.23: Vue d'ensemble du mécanisme d'échange de données INTERLIS.

Ainsi, les divers partenaires ont-ils des besoins différents en regard des possibilités de travail et de restitution des données. Un système (matériel et surtout logiciel), qui convient par exemple à un canton, n'est pas forcément le meilleur pour une petite commune ou pour un grand utilisateur. Pour des motifs techniques, d'organisation et économiques, les systèmes utilisés aux divers niveaux n'ont pas non plus une durée de vie identique. Il est donc primordial que les décisions relatives à ces systèmes puissent se prendre en toute indépendance.

Il est évident que, pour le traitement à l'intérieur d'un système, les données doivent être stockées sous une forme spécifique à ce système. Pour le transfert dans un autre système ou dans une nouvelle génération de système, différent du premier, et pour l'échange entre partenaires, il est par contre indispensable de disposer d'une forme de données «neutre» par rapport aux systèmes utilisés.

IMO/INTERLIS

Dans ce but, un mécanisme de transfert de données, appelé INTERLIS, a été élaboré dans le cadre de la REMO. Il en résulte une présentation uniforme de la manière de transférer des informations d'un système d'information du territoire. A cet effet, INTERLIS se charge aussi de la description du modèle de données et comporte un langage de description de données clair et bien défini. L'Interface de la Mensuration Officielle (IMO) représente une application ciblée de l'interface générale INTERLIS. Elle comprend le jeu des données de la mensuration officielle dans le sens d'une exigence minimale sur le plan fédéral.

2.1.3 Méthodes d'acquisition des données géométriques

Levés sur terrain

On trouvera ci-après la description détaillée d'un certain nombre de méthodes de levés utilisées en mensuration cadastrale.

Ces méthodes sont celles proposées dans les cantons de Neuchâtel, Genève, Vaud, et qui peuvent être traitées numériquement par les programmes de calcul utilisés dans ces cantons.

Chacune des méthodes passées en revue comporte la présentation des éléments suivants:

- les bases nécessaires (éléments dont il faut disposer pour pouvoir mettre en œuvre la méthode),
- les mesures à effectuer,
- les traitements (numérique et graphique),
- les précautions à prendre.

En ce qui concerne ce dernier point, on ne trouvera que l'indication des recommandations spécifiques à la méthode.

Il va de soi que, dans tous les cas, il faut:

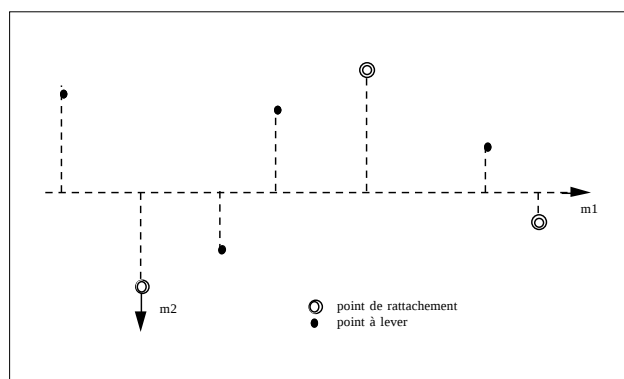
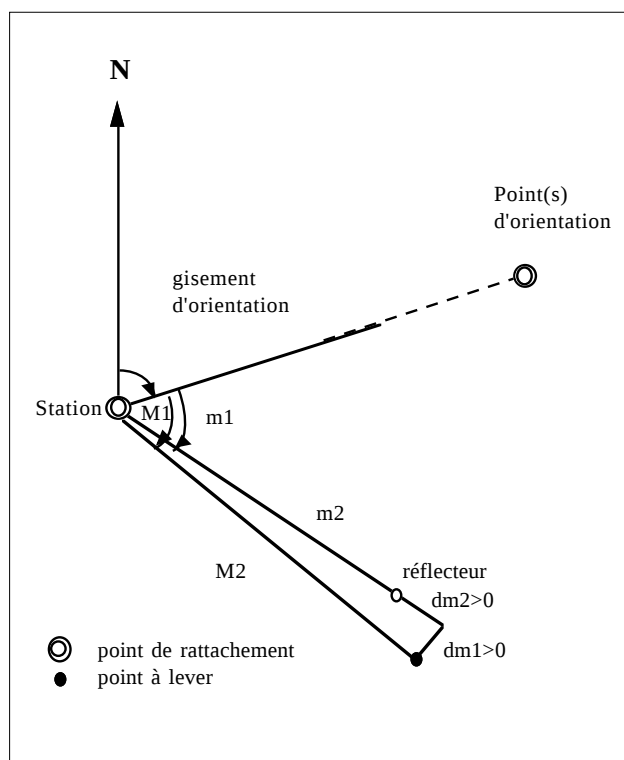
- s'assurer de l'identification et de la position des points utilisés comme rattachement,
- contrôler l'orientation des stations polaires (par la mesure d'au moins deux directions d'orientation),
- choisir des points de rattachement suffisamment éloignés pour que la détermination, ainsi que le contrôle, soient suffisamment précis. Les contraintes en vigueur à ce propos dans le canton de Vaud sont mentionnées entre parenthèses à titre d'exemple,
- lors du traitement des mesures, contrôler l'identification des points de rattachement et pour les mesures angulaires, l'écart entre les orientations résultant des visées vers les différents points connus.

Levés sur terrain

Photogrammétrie

GPS (Global Positioning System)

Figure 2.24: Trois méthodes d'acquisition des données géométriques.



A. Levé polaire

Bases nécessaires 1 point de stationnement connu en coordonnées;
point(s) d'orientation connu(s) en coordonnées.

Mesures

- direction(s) vers le(s) point(s) d'orientation (à l'aide d'un théodolite et d'un distance-mètre)
- direction et distance vers le point à lever ou
- direction et distance vers le réflecteur avec déplacements latéraux et longitudinaux par rapport au point de lever.

Traitements préalables correction préalable des mesures dans le cas de mesures sur un réflecteur excentrique;

- numérique

- calcul du(des) gisement(s) de la station vers le(s) point(s) d'orientation,
- calcul de l'inconnue d'orientation de la station,
- calcul du gisement de la station vers le point de levé,
- calcul des différences de coordonnées ΔY et ΔX de la station au point de levé, puis des coordonnées Y, X de celui-ci.

- graphique

- report avec coordinatographe polaire.

Précautions à prendre

Mesures

- (VD) longueur de la visée vers le point nouveau = maximum 1,25 fois la longueur de la visée d'orientation.

Traitement

- vérification des coordonnées de la station, ou de la mise en place correcte du coordinatographe sur la station par rapport aux points de rattachement voisins.

B. Levé orthogonal

Bases nécessaires 2 points (au minimum) connus en coordonnées

Mesures

- matérialisation d'une base de mesure (axe des abscisses m_1) par deux jalons; la base peut être quelconque, ou passer par l'un ou l'autre des points de rattachement, voire par deux d'entre eux,
- détermination, à l'aide de l'équerre à prisme, des pieds des perpendiculaires abaissées sur cette base depuis les points à lever,
- mesure à la chevillère et au fil à plomb des coordonnées locales m_1 et m_2 de ces points par rapport à la base; l'origine des abscisses m_1 peut être à priori quelconque (distances horizontales!).

Traitements

- numérique

- intégration de la base dans le système de coordonnées et calcul des coordonnées nouvelles.

- graphique

- report aux équerres Muller (pouvant être difficile si la base ne passe pas par les points de rattachement).

Précautions à prendre

Mesures

- si possible, prendre trois points de rattachement pour s'assurer d'un contrôle de la détermination de la base,

- Traitement
- (VD) abscisse des points nouveaux $< 1,25$ fois la distance entre les points de rattachement extrêmes.
 - vérification des écarts sur les points de rattachement lors de la transformation.

C. Recouplement de direction

Bases nécessaires 2 points connus, plus les orientations nécessaires pour les mesures de directions en ces deux points.

Mesures

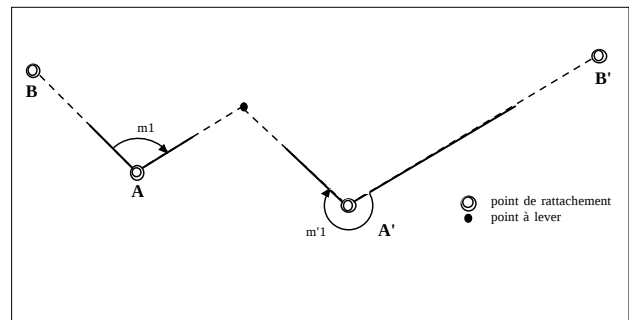
- en chacune des stations, mesure des directions vers les points d'orientation et vers le point nouveau (à l'aide d'un théodolite).

Traitements

- numérique calcul classique d'intersection (complexe)
- graphique report des directions au moyen du coordimatographe polaire, puis recherche graphique de l'intersection.

Précautions à prendre

Mesures Il faut chercher à avoir un angle d'intersection entre les directions vers le point nouveau aussi proche que possible d'un angle droit, afin d'assurer une précision convenable aux coordonnées du nouveau point.



D. Station libre

Bases nécessaires Données polaires à partir d'une station non contrôlée ou non déterminée préalablement.

Utilisation Mise à jour des mensurations graphiques et numériques.

Avantages Le libre choix du point de station permet de se dégager des contingences topographiques locales et d'obtenir le maximum de visibilité. Les distances de levé sont en moyenne plus courtes.

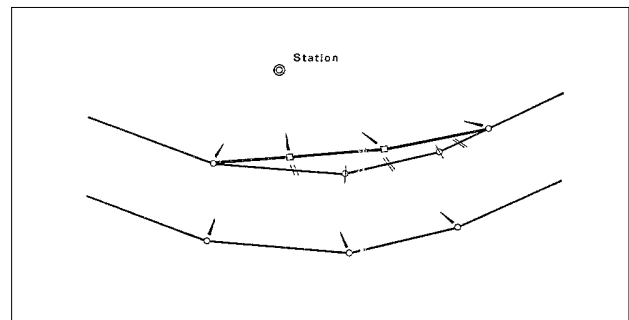
Mesures Les points levés depuis la station libre (à l'aide d'un théodolite et du distance-mètre) comprennent les points nouveaux à déterminer et les points de rattachement. Le levé de tous les points doit être contrôlé. Ce contrôle se fait par mesurages efficaces ou par une deuxième station libre utilisant les mêmes points de rattachement.

Traitements

- Compensation graphique
- report graphique sur un film et ajustage sur le plan original.
- Compensation numérique, soit :
- par transformation géométrique;
- par station excentrique.

Précautions à prendre

- Les points de rattachement doivent :
- être au nombre de 4 ou plus, exceptionnellement 3,
- être bien répartis de manière à «envelopper» l'opération,
- respecter les règles de voisinage,
- être autant que possible des points de la mensuration originale,
- être des points de bonne qualité.



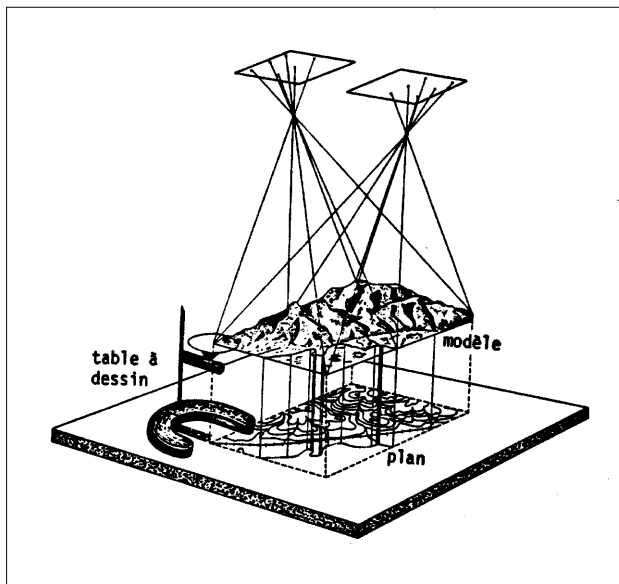


Figure 2.25: Le modèle géométrique («Topographic Instruction» of Geological Survey, USA).

Photogrammétrie

Principes

La photogrammétrie offre toute une gamme de méthodes différentes, de l'utilisation d'agrandissements de photos aériennes jusqu'au levé cadastral pour l'établissement de cartes à grande échelle.

Dans le cas d'un levé cadastral ou d'un levé des conduites souterraines, la photogrammétrie est concurrencée par les méthodes de levé terrestres classiques avec tachéomètre ou ruban métrique. Cette manière de travailler pourrait être remplacée par des prises de vue terrestres des éléments à lever, une méthode qui s'annonce plus économique.

Les photos représentant de façon bien visible les signes apparents du cadastre souterrain, permettent, par superposition avec des photographies aériennes, une détermination des points même s'ils ne sont pas identifiables sur la vue aérienne.

Cette superposition s'effectue sur un stéréorestituteur analytique, par redressement numérique des photographies terrestres afin de les adapter à la géométrie des photographies aériennes.

Combinaison

photos aériennes – photos terrestres

Les vues aériennes entre 1:3000 et 1:5000 représentent souvent l'élément de base pour l'élaboration d'un cadastre souterrain. Ces vues fournissent une information complète pour l'ensemble d'une région et permettent d'obtenir les coordonnées nationales de tous les éléments apparents sur la photo. Afin d'améliorer la lisibilité de la photo, on a recours au marquage au sol avant un vol (regards de collecteurs, marqués d'une croix à la peinture claire, etc.).

Malheureusement, beaucoup d'éléments du cadastre souterrain, comme les vannes, ne sont pas décelables sur les photographies aériennes parce qu'ils sont souterrains ou qu'ils sont trop petits ou encore qu'ils présentent un trop faible contraste avec l'environnement. D'autre part, bon nombre d'objets sont cachés par des immeubles, des avancées de toit, des galeries, des tunnels, de la végétation ou sont situés dans l'ombre lors de la prise de vue.

La photogrammétrie numérique offre une possibilité de remédier à ces inconvénients lors de la



Figure 2.26: Station photogrammétrique intégrée.

restitution, en mettant des photos terrestres en coïncidence avec les photos aériennes. Un tel procédé nécessite l'adaptation de la géométrie des photographies terrestres à celle des photos aériennes, opération pour laquelle on doit numériser chaque photo terrestre pour effectuer son redressement.

La photo redressée est affichable à l'écran de l'ordinateur avec une bien meilleure résolution que la photo aérienne et peut être superposée à celle-ci par un artifice optique. Cette superposition permet de mesurer le point désiré (une vanne par exemple) qui se trouve alors «injecté et récupéré» dans l'environnement de la photo aérienne.

Les photos terrestres, prises avec un appareil conventionnel, fournissent des informations ponctuelles concernant des éléments apparents du cadastre souterrain. La différence essentielle par rapport aux prises de vues aériennes réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire de signaler les points de façon durable, mais seulement pour la prise de vue, au moyen d'un disque blanc placé sur le point et enlevé ensuite pour être placé sur le prochain point. Si l'on considère que la signalisation prend normalement 10-30 minutes par plaque à marquer, ce procédé permet une très nette réduction des travaux et donc des coûts.

Restitution des photographies

La restitution ainsi que l'enregistrement des coordonnées nationales de points déterminés s'effectuent au moyen d'un stéréorestituteur, appareil permettant de mesurer des coordonnées spatiales dans un modèle stéréoscopique du terrain établi sur la base de deux photographies aériennes légèrement décalées.

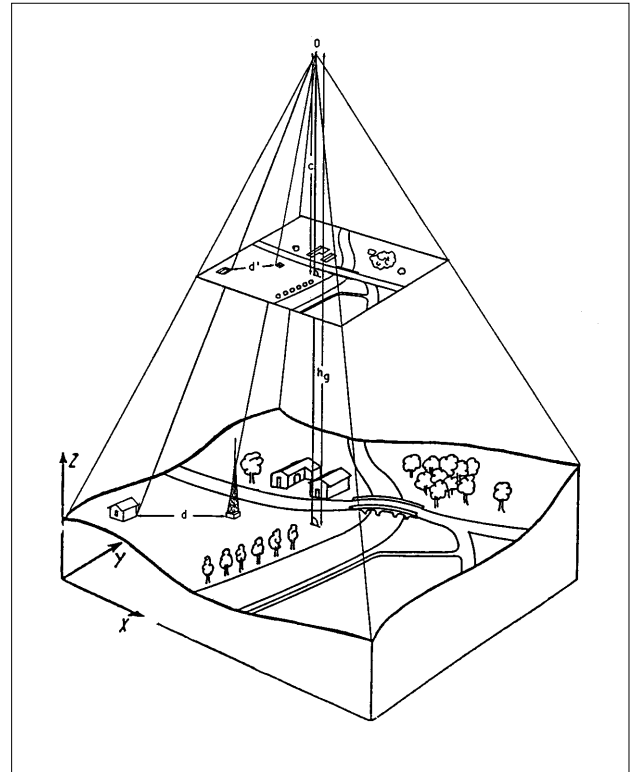
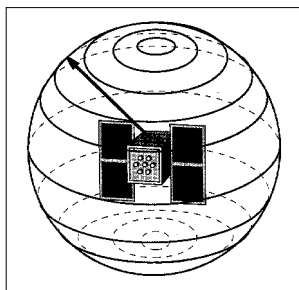


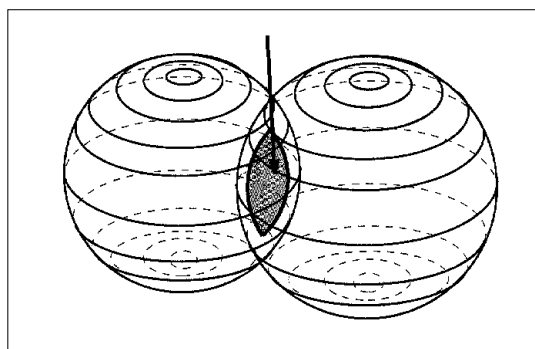
Figure 2.27: Détermination de l'échelle d'une photo aérienne à l'aide des distances correspondantes d et d' ou avec la distance principale c (~distance focale) et la hauteur de vol sur sol h_g .



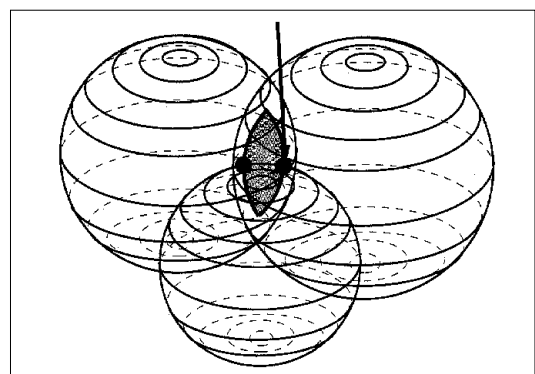
Figure 2.28: Système de saisie photogrammétrique PLANICOMB ZEISS.



La première mesure localise la zone dans une sphère de 11000 miles autour du satellite.



Une deuxième mesure localise la zone à l'intérieur de ce cercle.



La troisième mesure permet de retenir deux points; l'un est la position réelle, l'autre est un choix aberrant.

Figure 2.29: Le GPS utilise le principe de la triangulation pour localiser deux points.

Géodésie et GPS

Jusqu'à présent la géodésie et surtout la mensuration reposaient sur l'utilisation des mesures d'angles et de distances terrestres. Une des restrictions les plus sévères était les difficultés de visibilité entre les points géodésiques.

De plus les méthodes classiques ont presque toujours divisé la mensuration en une composante horizontale et une composante verticale.

Dès l'apparition des premiers satellites artificiels, les géodésiens ont vu les avantages de les utiliser comme points géodésiques spatiaux. En effet, durant leur passage au-dessus de l'horizon, ils sont visibles depuis une zone très étendue de la surface terrestre. On peut ainsi s'affranchir des contraintes de visibilité.

Les satellites, en orbite autour de la terre, constituent dans le ciel des cibles occupant des positions connues. Le récepteur, situé à terre en un point inconnu, détermine les distances vers tous les satellites visibles. Avec des distances connues vers trois, quatre satellites ou plus, la position du récepteur peut être déterminée par relèvement.

La précision du relevé de la position du récepteur dépend donc de la précision avec laquelle les distances vers les satellites ont été déterminées.

Ceci constitue la procédure la plus simple de positionnement d'un point conduisant actuellement à des précisions de 10 à 15 m en valeur absolue. Toutefois, pour les précisions requises en topographie, il est indispensable de faire appel au positionnement relatif.

L'utilisation des satellites artificiels en géodésie a et aura un nouvel impact sur les utilisateurs de réseaux géodésiques: les coordonnées peuvent être exprimées dans un système mondial commun de précision, comme le système terrestre de l'IERS (International Earth Rotation Service), et non plus uniquement dans un système local.

Enfin, ces mesures satellitaires peuvent être d'une nature purement géométrique: les trois coordonnées de l'espace sont entièrement équivalentes. Jusqu'à présent la composante verticale se rapportait à une mesure physique: la surface équipotentielle du champ de potentiel gravimétrique.

Le système GPS (Global Positioning System)

Historique

Dans le courant des années 70, le département de la défense américaine (DOD) a cherché à imaginer un nouveau système militaire de navigation plus performant afin de remplacer à terme le système TRANSIT/NNSS qui est appelé à disparaître progressivement.

Les spécifications essentielles qui ont imposé la dimension de l'effort à entreprendre à l'époque étaient les suivantes :

Ce système devait :

- remplir toutes les conditions d'un système militaire (résistance aux tentatives de destruction, de brouillage intentionnel, de l'abus par une force hostile),
- permettre à tout instant, en tout endroit de la surface terrestre, de fournir à un utilisateur autorisé (fixe ou mobile) sa position et sa vitesse dans un système de référence mondial, ainsi qu'une information de temps.

Précision

La précision envisagée pour un positionnement absolu et immédiat d'un utilisateur militaire est d'environ 20 m (niveau de fiabilité 95%).

Cependant la précision des données du GPS varie de 1 centimètre à 100 mètres selon la classe du service utilisé (cf. figure 2.31). En effet, le service *PPS* (*Precise Positional System*) utilisable seulement avec l'accord du gouvernement américain et sous son contrôle (clé d'accès codée) permettra une précision de 16 m alors que le service *SPS* (*Standard Positional System*) libre d'accès, fournira lui, des données de positionnement avec une précision de 100 mètres seulement; dans l'intérêt de la sécurité américaine, le signal a été délibérément dégradé et ne peut être corrigé que grâce à la clé appropriée.

D'autres services GPS sont ou seront disponibles tels que :

- *Differential-GPS* : une station de référence au sol, de position connue, estime et corrige en temps réel l'erreur sur le SPS.
- *Survey* : un réseau de stations de référence utilisant des techniques sophistiquées permet l'ajustement de la position relative avec une précision

GPS :

GLOBAL POSITIONING SYSTEM

- Système d'origine militaire pour la navigation et le positionnement
- Position et vitesse :
 - à tout instant,
 - en tout endroit,
 - dans un système de référence global.
- Epoque (microseconde)
- Précision : < 20 m
- 3 segments :
 - le segment spatial,
 - le segment de contrôle,
 - le segment utilisateur.

Figure 2.30: Caractéristiques du système GPS.

Service	Précision	Coût relatif	Commentaires
PPS	16 m	Elevé	Avec autorisation du gouvernement américain
SPS	100 m	Faible	Accès non restreint
Differential	2-5 m	Faible	Exige l'accès au service D-GPS
Survey	1 cm	Elevé	Post-traitement et récepteur statique
Kinematic	< 10 cm	Elevé	Post-traitement et récepteur statique

Figure 2.31: Evaluation des différents services du système GPS.

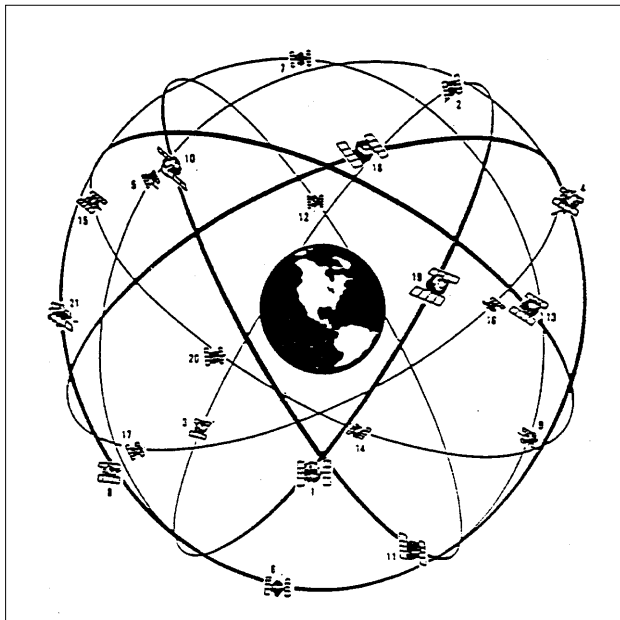


Figure 2.32: Le segment spatial.

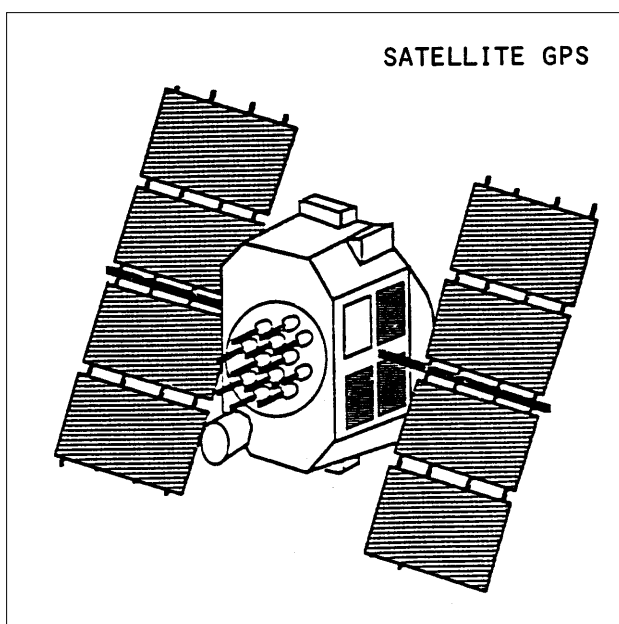


Figure 2.33: Satellite GPS.

atteignant 1 centimètre sur 100 km. Mais le matériel et les travaux d'analyses nécessaires sont très onéreux.

- *Kinematic-GPS*: les techniques utilisées sont similaires aux précédentes, mais permettent de déterminer la position et la trajectoire d'un récepteur mobile avec une précision de 10 cm sur 50 km.

Caractéristiques

Les mesures GPS sont des mesures géodésiques. Avec le GPS, un topographe peut déterminer la différence de position entre deux points. L'un des points doit être connu pour l'utilisation à des fins topométriques requérant une précision centimétrique. Utilisé en d'autres points de positionnement relatif et si le premier point est connu dans un système de coordonnées défini, le GPS fournira la position du second point dans le même système.

Les observations sont traitées de façon à déterminer la position des stations dans un système de coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) centré sur la terre. Ces coordonnées peuvent être converties en coordonnées géodésiques (latitude, longitude) et hauteur au-dessus de l'ellipsoïde de référence.

Ce système déjà exploité à partir des années 1985 est complètement opérationnel depuis 1991. Il constitue par son potentiel un instrument puissant tant pour les professionnels de la topographie que pour tout usager désirant connaître sa position et sa route (précisions moindres requises).

Le système GPS se compose de *trois* éléments :

- *Le segment de contrôle*:
Cet élément a pour but le captage des signaux émis par les satellites, le calcul des corrections et la transmission des paramètres corrigés au segment spatial. Il joue également le rôle de supervision du système des satellites.

Le segment de contrôle est l'ensemble des cinq stations au sol américaines (Hawaï, Colorado Spring, Ascension, Diego Garcia, Kwajalein = monitor stations).
- *Le segment spatial*:
Une des spécificités importante du GPS est la grandeur de ce projet spatial : à terme, la constellation GPS comportera en permanence 21 satellites répartis sur 6 orbites plus 3 satellites actifs

de secours. Les satellites jouent le rôle de balises animées d'un mouvement de rotation précis.

Ce nombre important de satellites est dû à la contrainte principale du système (navigation instantanée, universelle et continue) qui impose d'avoir, en tout point du globe, à tout instant, au moins quatre satellites visibles.

La durée de vie de ces satellites est estimée à 7,5 ans. Ils sont placés sur une orbite quasi circulaire, à une altitude d'environ 20 000 km et ont une période de douze heures sidérales.

En octobre 91, treize satellites étaient utilisables. Il est prévu qu'environ six satellites soient lancés par an jusqu'à ce que la constellation soit complète (1993).

- **Le segment utilisateur :**

Le segment utilisateur représente l'ensemble des utilisateurs civils et militaires du système GPS.

Les signaux des satellites sont captés par le récepteur muni d'une antenne et transformés après calcul en données de position, de vitesse et de temps.

Le calcul peut être effectué en temps réel lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes de navigation ou après observations (post-traitement), dans le cas d'un autre type de positionnement.

Des récepteurs portables de prix abordables sont déjà sur le marché. Ils ne permettent pour le moment qu'une précision de l'ordre de 15 m en valeurs absolues et de 5 m en valeurs relatives. Leur utilisation en topographie est donc encore limitée aux applications ne nécessitant pas une forte précision. On peut par exemple utiliser de tels récepteurs portables pour le relevé d'un parcours sur route en continu avec un échantillonnage tous les 20 à 100 m. Le chemin parcouru peut alors être «vectorisé» en temps réel.

L'utilisation du GPS ira certainement croissante à l'avenir, spécialement en navigation.

En résumé, pour un utilisateur tel qu'un service technique communal, il est possible actuellement de disposer d'un équipement GPS permettant une précision de 15 à 20 m pour une somme modique. Une précision centimétrique est possible moyennant un équipement onéreux et l'installation de stations de référence par une autorité supérieure.

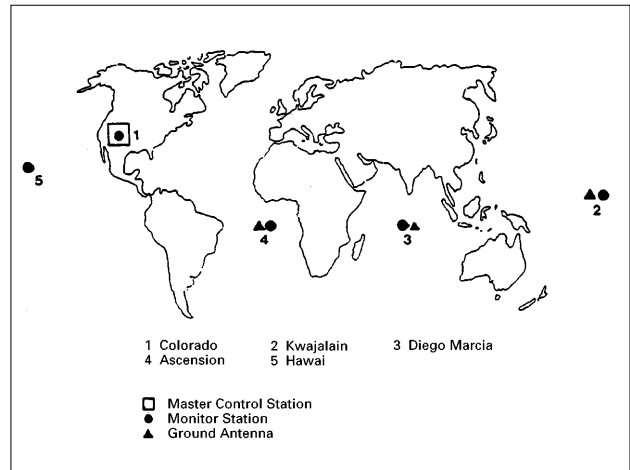


Figure 2.34: Le segment de contrôle.

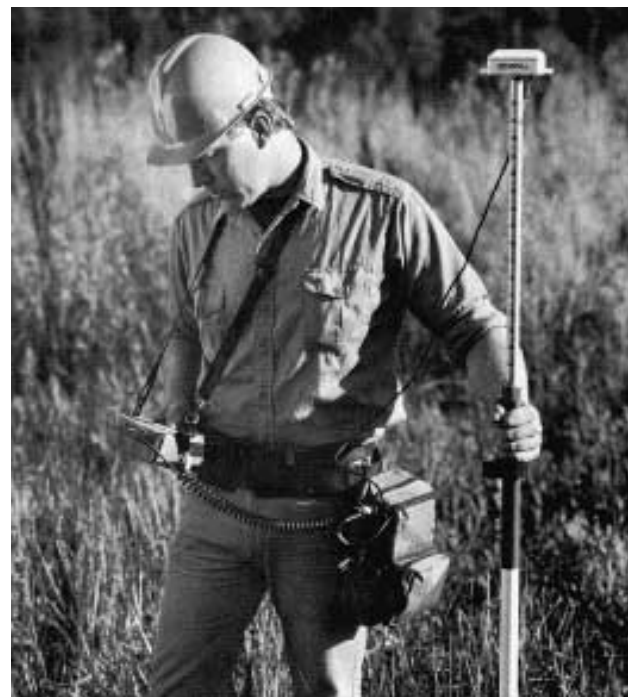


Figure 2.35: La collecte des données sur le terrain (système «GPS PATHFINDER» de Trimble).

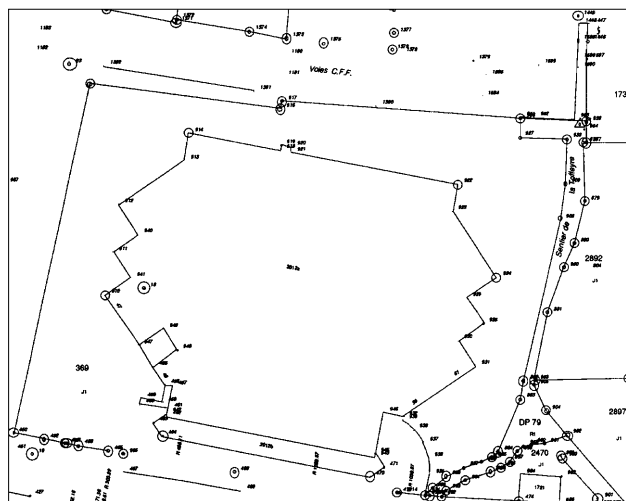


Figure 2.36: Extrait du plan cadastral numérisé de Lutry.

2.1.4 La mensuration numérique

Le traitement numérique de la mensuration a pour objectif d'alimenter une base de données informatisée.

Calcul des coordonnées des points de base
Si, dans le traitement graphique ou semi-graphique, on calcule généralement les coordonnées des points de base par polygonation, il entend, en matière de mensuration numérique, à une compensation rigoureuse de réseaux complets.

Les logiciels adéquats deviennent de plus en plus performants et aisés à utiliser; de surcroît, les informations fournies en matière de précision et de fiabilité deviennent réellement utilisables. Par contre, cela implique une connaissance approfondie des principes statistiques qui en constituent la base.

Calcul des coordonnées des points de détail
Il existe sur le marché de nombreux logiciels performants et adaptés aux contraintes de la mensuration numérique. En dehors des critères de choix subjectifs, ou liés au confort et à la simplicité d'utilisation, il faut souligner que, selon l'ordonnance de 1974, la compétence d'admettre un logiciel à des fins de traitement de la mensuration officielle est entre les mains de l'autorité cantonale du cadastre.

Description des objets

Celle-ci se base sur les coordonnées des points et la figuration des objets tirée du croquis de levé. Selon les systèmes informatiques utilisés, on pourra gérer plus ou moins rigoureusement et complètement les données. Les systèmes existants vont de simples systèmes de dessin assisté par ordinateur (DAO) jusqu'à la gestion de bases de données relationnelles (SGBDR) adaptées aux objets à référence spatiale.

Avec les plus primitifs, on ne fera guère que préparer un dessin semblable au plan cadastral traditionnel, avec en plus une certaine facilité de gestion, et de reproduction à diverses échelles et selon divers modes de représentation.

A l'autre extrémité, on trouve des systèmes pour lesquels le dessin n'est qu'une des formes de représentation possible, certes privilégiée, mais nullement exclusive.

Certains systèmes permettent aisément de déduire de la description des objets leurs dimensions, leur

superficie, etc., alors que pour d'autres, les résultats de ce genre peuvent être très problématiques à obtenir.

Cela provient en partie de l'origine des systèmes en question, et des domaines d'activité qu'ils visent : la plupart des systèmes en activités sont dérivés plus ou moins de systèmes de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) industrielle, dont le marché potentiel est très riche et relativement standardisé; certains ont été développés pour les besoins propres de grandes agglomérations nord-américaines, dont l'intérêt et les méthodes de travail sont très différents des besoins du cadastre juridique. Les systèmes ainsi développés sont souvent peu flexibles, et nécessitent de gros efforts pour l'adaptation et l'introduction dans un nouveau contexte sans parler de la formation des utilisateurs.

Les chapitres 5.2 et 5.3 reviennent en détail sur ces notions et le chapitre 7 – annexe 1 – présente les principaux logiciels disponibles sur le marché en 1991/1992.

...Le logiciel informatique choisi, Argis, a été conçu par la société canadienne Geovision et il sera utilisé dès 1992. Il faudra une dizaine d'années pour que le «mille-feuille» soit complet. Le Cadastre doit encore digitaliser 60% du territoire genevois...

Figure 2.37: Choix d'ARGIS par les cantons de Genève, Neuchâtel et Vaud (extrait d'un quotidien romand, octobre 1991).

L'opération de numérisation (en anglais «scan») consiste à prendre une «photo numérique» d'un document papier (plan, photo, texte) au moyen d'un «scanner». Cette photo numérique effectue l'opération inverse d'une photocopieuse, et est obtenue par le balayage en ligne du document par une unité lumineuse mobile pilotée par un logiciel et munie de capteurs détectant la présence ou l'absence de points élémentaires («pixels») noirs ou de couleurs sur le document original. Après numérisation, le document informatisé se présente pour l'ordinateur comme une suite de pixels indépendants les uns des autres.

Qu'est-ce qu'un «scan» ?

Un pixel est une unité élémentaire d'information graphique. Il correspond au plus petit point que peut afficher un écran ou imprimer une imprimante. A l'heure actuelle, les écrans d'ordinateurs ont le plus souvent une résolution de 72 pixels par inch (en anglais «dot» per «inch» ou dpi) soit environ 28 pixels par cm, les imprimantes laser de 300 dpi (118 pixels par cm) et les imprimantes haute résolution utilisées dans l'édition de 2400 dpi (945 pixels par cm). Plus la résolution d'une imprimante est élevée, meilleur est le rendu d'un plan. La résolution d'un traceur analogique (à plume) est fonction de l'épaisseur de la plume et peut atteindre au mieux 0,1 mm. Celle des traceurs électrostatiques est plus élevée, couramment 400 dpi et jusqu'à 2400 dpi. La résolution des scanners actuels est de 100 à 800 dpi.

«Pixel» et résolution.

2.1.5 Informatisation, numérisation, digitalisation et vectorisation des plans

Définitions

L'informatisation d'un plan papier a pour but de rendre accessible sur ordinateur l'information contenue sur ce plan.

Dans ce but, il est nécessaire de numériser un plan papier, c'est-à-dire de le traduire sous une forme numérique (= une suite de chiffres) seule forme actuellement compréhensible pour les logiciels et ordinateurs. On dit encore qu'il faut «digitaliser» le plan (de l'anglais «digit» = chiffre).

Informatiser, numériser ou digitaliser un plan papier ne signifie cependant pas nécessairement qu'il faille «vectoriser» le plan.

Il est possible d'avoir accès visuellement à l'information contenue dans le plan numérisé en le conservant comme une simple image ou une photo. On parle alors de fonds de plan non interprété (= non vectorisé). Dans la mesure où le fond ne sert à l'utilisateur que de décor sur lequel il va pouvoir construire ces propres objets définis vectoriellement, cette possibilité est intéressante. Les logiciels pouvant gérer ce mode sont dits capables d'intégrer une image «raster» (c'est-à-dire une suite de pixels) à un tracé d'objets (vecteurs). L'image peut être un plan cadastral, mais aussi une orthophoto, une photo aérienne, une photo satellite et même dans le cas de logiciel avec fonctions d'interpolation avancées une photo quelconque non nécessairement plane ou corrigée.

L'avantage d'une telle méthode est de permettre d'avoir tout de suite à disposition la même quantité d'information dans le plan informatisé que dans le plan original sans attendre la vectorisation complète du plan.

L'inconvénient est que l'utilisateur n'a pas accès à l'information, contenue dans le plan scanné, en tant qu'objets répartis par exemple dans des couches spécifiques.

La qualité de la restitution papier d'un tel fond de plan dépend de la résolution adoptée lors de la numérisation (scan), qui elle-même dépend de la puissance de traitement et de stockage de l'ordinateur, et de la qualité, donc du prix, de l'imprimante utilisée.

Le but de l'opération de vectorisation d'un plan est la récupération des données ou d'une partie des données se trouvant sur un plan papier sous forme de vecteurs (= de lignes) permettant de définir les données comme des objets.

Dans le cas d'un plan cadastral, la vectorisation a pour but de récupérer le contour fermé ou le tracé d'objets tels que bâtiments, lacs, routes, conduites, etc.

La vectorisation est une opération qui peut être très longue et délicate dans le cas de plan très chargé (plan d'ensemble au 25 000 par exemple), mais qui est nécessaire si l'on désire :

- disposer du contour des objets constituant le plan (pour effectuer par logiciel des traitements sur les objets, comme calcul de longueurs ou de surfaces), ou des coloriages paramétrés,
- effectuer des restitutions (impression) sur des traceurs analogiques,
- minimiser la taille des plans numériques (ceci n'est cependant pas toujours le cas : si l'on traite l'information par couches, de nombreux traits se retrouvent dupliqués dans des couches différentes).

Un objet est une entité constituant une donnée géographique et pouvant avoir une représentation cartographique. Par exemple, l'entité «bâtiment» est un objet pouvant être représenté par un point (par exemple au centre du bâtiment) ou une surface, c'est-à-dire une suite fermée de traits.

En matière de cadastre, la représentation des objets les plus fréquents a été définie par la REMO (voir chapitre 2.1). Remarquons cependant que la notion d'objet est complexe car elle dépend du but du travail, donc de l'utilisateur final. Un exploitant de réseau n'est pas par exemple nécessairement intéressé à la représentation d'un bâtiment par son contour : il peut vouloir «voir» l'objet «bâtiment» uniquement comme un point de raccordement à son réseau. Certains logiciels de traitement de cadastre ou de géographie sont capables de considérer cette nuance en proposant différentes représentations possibles d'une même entité. Une autre possibilité serait de définir des boîtes de raccordement avec les informations administratives nécessaires dans une couche «réseau» et d'exploiter en temps réel le lien entre la boîte de raccordement avec le bâtiment ou la parcelle par intersection des couches concernées. Ce procédé évite de manipuler des données gérées par d'autres services et le risque de recommencer après une mise à jour des couches cadastrales.

Qu'est-ce qu'un «objet» ?

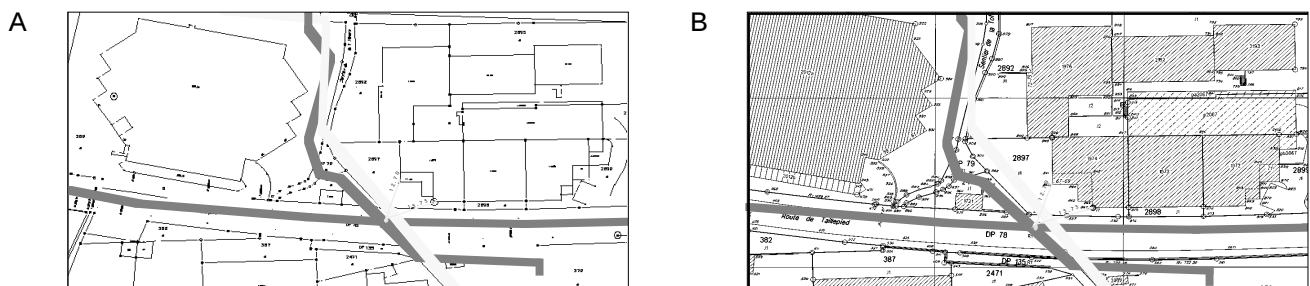


Figure 2.38: Comparaison : plan vectorisé (A) – plan scanné (B).



Figure 2.39: Photo scannée – une photo ne peut pas être vectorisée automatiquement (chaque pixel est indépendant de tous les autres).

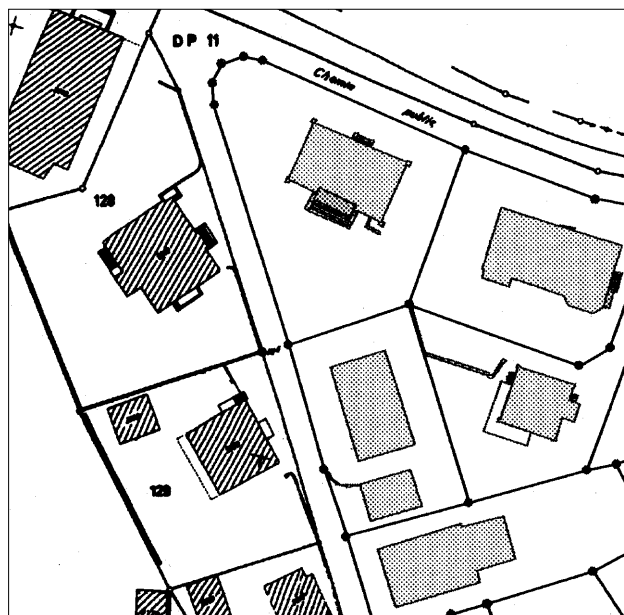


Figure 2.40: Intégration raster-vecteur. Les vecteurs sont dessinés sur une image à leur emplacement exact. Le calage est obtenu dans le meilleur des cas par des algorithmes de projection sophistiqués travaillant à partir de 4 à 8 points de référence parfaitement connus. Certains logiciels n'offrent qu'un calage limité (le raster doit être parfaitement parallèle aux axes de coordonnées) ce qui en limite la souplesse d'utilisation.

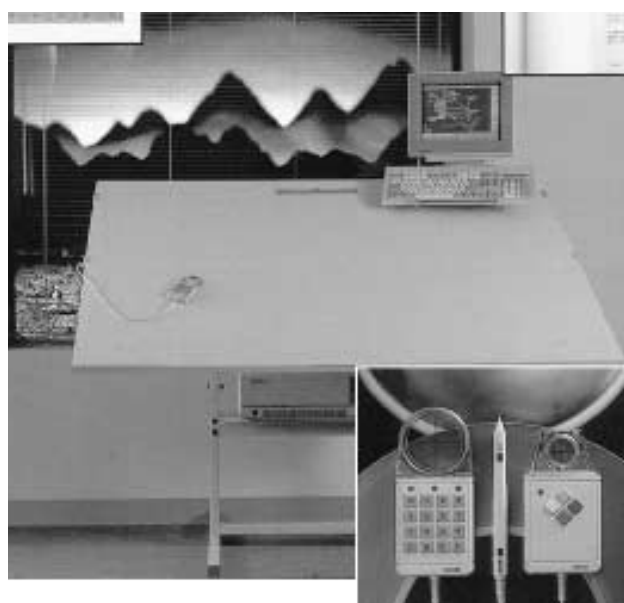


Figure 2.41: Table à digitaliser, curseur 4 et 16 boutons et stylo binaire.

La technologie informatique évolue cependant très rapidement. Les procédés actuels de compression d'images permettent de réduire quasiment instantanément la taille occupée sur disque d'un plan numérique non interprété ou d'une photo. L'avènement des imprimantes numériques à technologie analogue à celle des photocopieurs capables de restituer des images de haute qualité est proche. De nombreux ateliers de graphisme ou de reproduction en sont déjà dotés. Dès lors, l'importance de la possibilité d'intégration raster-vecteurs va grandissant dans les applications cadastrales et géographiques.

Méthodes de vectorisation de plans

Il existe à l'heure actuelle plusieurs méthodes pour vectoriser un plan dont voici les principales:

- Méthode 1: Vectorisation sur table à digitaliser de plans papier.
- Méthode 2: Vectorisation à l'écran de plans scannés.
- Méthode 3: Vectorisation de plans scannés par vectorisation automatique.
- Méthode 4: Vectorisation sur traceur équipé de photo-cellules de lecture.

Méthode 1: Vectorisation sur table à digitaliser de plans papier

C'est la méthode actuellement la plus utilisée car les tables à digitaliser (de format A4 à A0) sont sur le marché depuis plusieurs années.

Etapas du travail:

1. Positionnement du plan sur la table à digitaliser.
2. Repérage du point origine et d'une échelle de correspondance entre table et réalité, ou repérage de quelques points connus. Le repérage permet d'appliquer une transformation (affine, «Helmert», interpolation, etc.) aux coordonnées levées par digitalisation de telle sorte que l'on obtienne des coordonnées réelles.
3. Digitalisation d'un objet par clicks sur chaque point définissant l'objet (bord de route, bâtiment, parcelle, etc.).
4. Ordre au logiciel de considérer la suite de clicks effectués comme un objet unique.
5. La saisie se poursuit (points 3 et 4) pour tous les autres objets désirés.

6. Conversion des coordonnées en coordonnées réelles, et sauvegarde des données récoltées en listes ou base de données.

Les problèmes principaux d'une telle méthode sont :

- le temps nécessaire à réaliser l'opération (entièrement manuelle),
- un point appartenant à plusieurs objets doit être cliqué plusieurs fois (fig 2.42), une fois par objet qui le comporte. Il n'est pas toujours sûr que le click soit fait au même endroit exactement et le logiciel pourrait avoir tendance à créer plusieurs points différents sans se rendre compte qu'il s'agit en fait du même !! Il se pourrait alors que l'on n'ait pas continuité de l'information. Ici intervient la précision de l'utilisateur et la nécessité de disposer d'un logiciel capable de décider si les clicks «proches» (à l'intérieur d'un triangle ou d'un cercle d'incertitude) doivent être considérés comme un seul et même point.

L'avantage de la méthode, notamment par rapport à la méthode 3 ci-dessous, est que l'opérateur peut choisir les objets à vectoriser et n'a pas ainsi à retoucher la vectorisation (gain de temps souvent décisif dans les plans très chargés). Il «ventile» en même temps les objets dans les bonnes couches (structuration).

La précision finale est fonction :

- de la qualité et l'échelle du plan papier,
- de la précision des points de calage,
- de la résolution de la table à digitaliser,
- de la précision de l'utilisateur lors de la saisie,
- des capacités du logiciel de reconnaître des clicks très proches comme unique.

Si l'on désire une précision maximale, les coordonnées réelles des points peuvent de toute façon être introduites manuellement à partir d'informations existantes par ailleurs (relevé in situ), l'opération de saisie ne constituant alors qu'en un relevé topologique de l'information (= comment les points sont-ils reliés et non pas quelles sont très exactement leurs véritables coordonnées).

Variante méthode 1A :

Vectorisation en 2 temps

- a) Saisie des points 2 ou 3 fois, le logiciel effectuant alors une moyenne des coordonnées,
- b) saisie des objets passant par ces points.

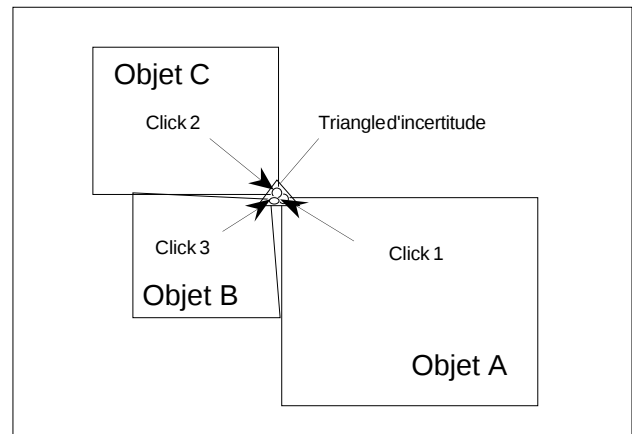


Figure 2.42: Un seul et même point en réalité peut être cliqué à 3 emplacements très légèrement différents.



Figure 2.43: Scanner A4.

Format du plan scanné	Couleur	Résolution (dpi)	Taille max. du fichier (MB)
A4	Noir/blanc (1 bit)	150	0.3
		300	1.2
A4	256 couleurs (8 bits)	150	2.4
		300	9.4
A0	Noir/blanc (1 bit)	150	4.8
		300	17.6
A0	256 couleurs (8 bits)	150	38.4
		300	140.8

Figure 2.44: Résolution et taille de fichiers sans compression (une disquette a une capacité en 1991 de 1.4 MB).

Méthode 2: Vectorisation de plans scannés à l'écran

La méthode est semblable dans le principe à la précédente, excepté que l'on ne fait pas usage d'une table à digitaliser, mais que l'écran remplace la table.

La méthode offre plus de souplesse que la précédente et permet en outre, avantage non négligeable, de conserver le plan original comme fond de plan éventuel tant que la vectorisation de l'ensemble n'est pas achevée. Il est ainsi possible de travailler avec le plan dès le début sans attendre que la totalité des objets aient été saisis. En outre, il existe quantité de cas où l'utilisateur ne veut pas vectoriser le fond de plan (même en partie), mais veut, sur le fond de plan ajouter sa propre information.

En outre, plusieurs opérateurs peuvent travailler sur le même plan, puisque les fichiers scannés peuvent aisément être dupliqués.

Étapes du travail:

1. Scan du plan (A4 à A0).
2. Repérage de 4 à 8 points de référence à coordonnées réelles connues.
3. Création d'un ensemble d'objets points (par exemple: angles de bâtiment, points de réseaux, etc.) par clicks sur l'image raster à l'écran.
4. Définition de liens entre ces points pour définir des objets cohérents: lignes (réseau, axe de route, ...) ou surfaces (parcelles, ...).
5. Sauvegarde des données vectorielles.

La méthode nécessite un logiciel capable d'interpoler de manière précise dans le fond de plan qui peut avoir subi une légère déformation optique lors du scan. Elle est cependant encore peu répandue car peu de logiciels permettant d'effectuer le travail sont disponibles à l'heure actuelle. Cette méthode est cependant beaucoup plus souple que la précédente, le travail pouvant être interrompu sans nécessiter de nouveau collage.

La précision est fonction:

- de la qualité et l'échelle du plan papier,
- du modèle de scanner,
- de la résolution adoptée lors du scan et donc de la puissance de traitement et de stockage de l'ordinateur (actuellement les plans Noir/Blanc A0 sont scannés à 200 dpi et A4 à 400 dpi pour ne pas obtenir des tailles de fichiers trop importantes),

- de la qualité de l'algorithme d'interpolation utilisé par le logiciel (de même que lors de digitalisation sur table à digitaliser).

De même que pour la méthode 1, la méthode peut également ne servir qu'à un relevé de la topologie des objets.

Méthode 3 : Vectorisation de plans scannés par vectorisation automatique

Cette méthode nécessite un logiciel de vectorisation puissant.

Etapes du travail :

1. Scan du plan papier (format A4 à A0).

Cette opération nécessite, pour un opérateur entraîné disposant d'un logiciel récent de numérisation, de 1 à 30 minutes environ. Plusieurs passages sont souvent nécessaires avant de conserver le résultat (pour optimiser les réglages de l'appareil : contraste, résolution, etc.).

2. Vectorisation des informations.

Un logiciel «tente» de décrire les suites de pixels obtenues par la numérisation comme des entités. A l'heure actuelle, il s'agit essentiellement de lignes : le logiciel analysant l'image, reconnaît une suite de pixels alignés et décide que cette suite forme un trait. Il ne mémorise alors plus que l'origine et la destination du trait, et non plus la suite de pixels, c'est-à-dire un vecteur. La qualité des résultats dépend énormément de la puissance du logiciel utilisé et des algorithmes mis en œuvre.

A l'heure actuelle, le prix du logiciel est un bon indicateur de sa puissance de vectorisation (les logiciels valant 1000 à 3000 francs donnent des résultats pratiquement inutilisables) et, pour un résultat acceptable, il faut disposer d'un logiciel haut de gamme. Ceci changera vraisemblablement à l'avenir du fait de l'augmentation continue de la puissance des ordinateurs.

3. Nettoyage du plan vectorisé : au cours du processus de vectorisation, deux types de problèmes peuvent apparaître :

- le logiciel n'a pas reconnu une ligne ou a amalgamé plusieurs lignes : il est nécessaire de retoucher «manuellement» toutes les parties du plan présentant de tels défauts ;
- le logiciel a vectorisé des informations qui n'ont plus de raison d'être pour la suite du travail (décor : par exemple les hachures à l'intérieur

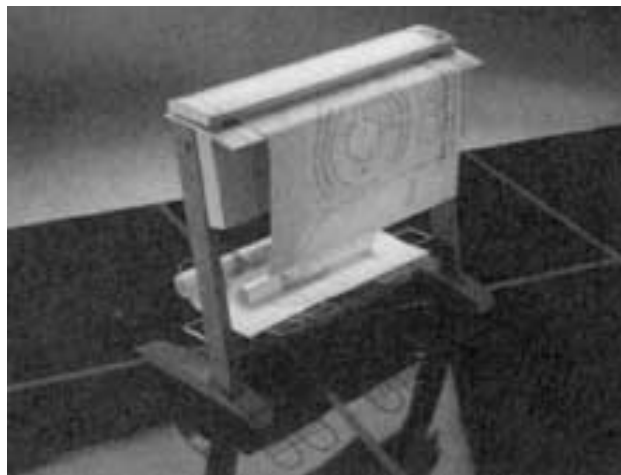


Figure 2.45 : Scanner à rouleau.

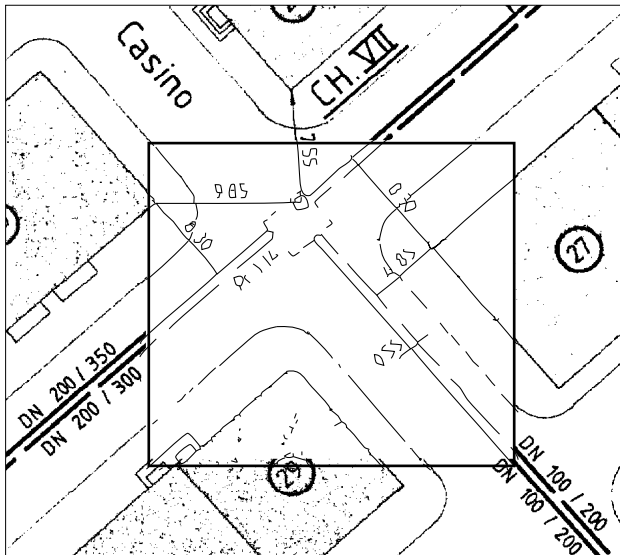


Figure 2.46: Exemple de vectorisation d'un plan à l'aide d'un logiciel de vectorisation (secteur fenêtre vectorisé).

d'un polygone). Il est nécessaire de supprimer «manuellement» ce genre d'information parasite, puisque le hachurage n'est qu'un élément de représentation au même titre qu'une couleur et pourra être effectué à la demande par le logiciel qui utilisera les données vectorisées.

Ces opérations de retouche peuvent être longues et fastidieuses (de quelques heures à plusieurs jours par plan).

4. Attribution des objets à une couche.

Cette opération n'est pas en soi nécessaire, mais correspond à la définition adoptée par exemple par la REMO. Les objets de type commun (bâtiments, bord de route, etc.) appartiennent à une couche et il convient de l'indiquer à l'ordinateur. Cette opération est «manuelle».

5. Les légendes doivent être reconstituées pour permettre leur déplacement et l'adaptation des caractères. Elles doivent être manuellement liées aux objets concernés.

6. Définition du plan dans un système de coordonnées utilisables (coordonnées nationales).

La vectorisation s'effectuant dans un espace formé de pixels, une conversion est nécessaire. (voir méthodes 1 et 2).

7. Sauvegarde finale du fichier constituant désormais le plan dans un format avec description de vecteurs pour utilisation par un logiciel de traitement de données vectorielles (dessin, etc.).

Cette méthode de vectorisation nécessitant, avec les logiciels actuels, de nombreuses retouches manuelles pour les plans chargés, on lui préfère actuellement les méthodes 1 ou 2.

La vectorisation automatique entraîne également de nombreuses déformations géométriques locales (aboutissantes, etc.). Elle n'est donc utilisable que pour des données n'étant pas utilisées de manière précise sur le terrain par la suite (figure 2.46).

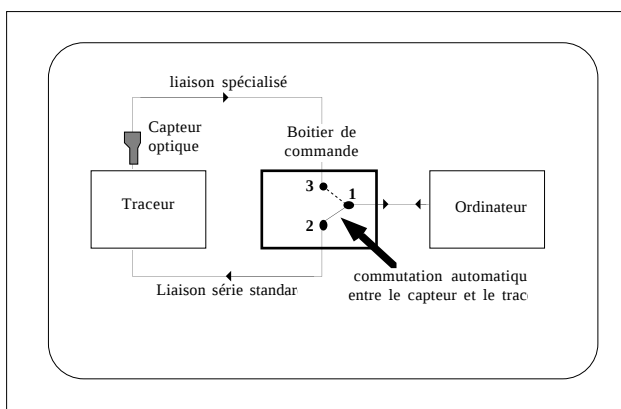


Figure 2.47: Schéma de principe d'un traceur équipé de photo-cellules de lecture.

Méthode 4: Vectorisation sur traceur équipé de photo-cellules de lecture

Cette méthode encore peu répandue est semblable à une vectorisation après numérisation (méthode 3). Le plan n'est cependant pas scanné d'un bloc mais posé sur un traceur («plotter») dont on a remplacé la plume par un «crayon» muni de photo-cellules (figure 2.47). Un logiciel pilote alors le crayon pour qu'il suive une ligne de pixels noirs et forme des vecteurs. Cette méthode peu coûteuse est

surtout adaptée à la digitalisation de courbes de niveau ou de zones dans un plan monochrome. Les lignes à suivre doivent en outre être dans l'original bien délimitées (peu de «bruit») pour que le «crayon» ne se perde pas.

Le problème de la jonction de plusieurs plans scannés

Lorsque l'on veut consulter une région se trouvant à la frontière entre plusieurs plans, le problème de la jonction de plusieurs plans peut se poser (figure 2.48).

Si l'information est entièrement vectorisée, les logiciels de traitement cadastral ou géographique sont capables d'afficher n'importe quelle portion du territoire. L'information n'appartient pas en fait à un plan déterminé comme c'est le cas avec les plans papier.

Dans le cas de plans entièrement vectorisés, toute portion de territoire désirée par l'utilisateur peut être restituée, à priori sans problème particulier. Cependant, avec les moyens micro-informatiques actuels, le temps nécessaire pour réaliser un fenêtrage peut être long (1 à 30 minutes). Il devient alors pratique pour l'utilisateur (et tentant !) de sauvegarder les fenêtres déjà faites, ce qui peut mettre en péril la cohérence des données lors de mutations.

Le problème de la juxtaposition de plans ou de photos aériennes existe pour les solutions permettant une intégration raster-vecteurs. Une juxtaposition automatique est possible sur des machines de forte puissance (capacité mémoire et calcul) au prix d'algorithmes complexes permettant de conserver une continuité de bonne qualité entre deux images contiguës scannées et repérées de manière indépendante.

A l'avenir, une juxtaposition complète (par exemple un «mégaplan» ou une «mégaphoto» d'une région) sera aisément possible grâce à l'avènement des disques durs de taille importante (plusieurs GigaBytes), de méthodes de compression et de processeurs de calcul très rapides (fréquences d'horloge élevées ou ordinateur à processeurs travaillant en parallèle). A l'heure actuelle, il est préférable de constituer une image particulière pour la zone de juxtaposition désirée ou encore de scanner tout plan ou photo avec un léger débordement (figure 2.49).

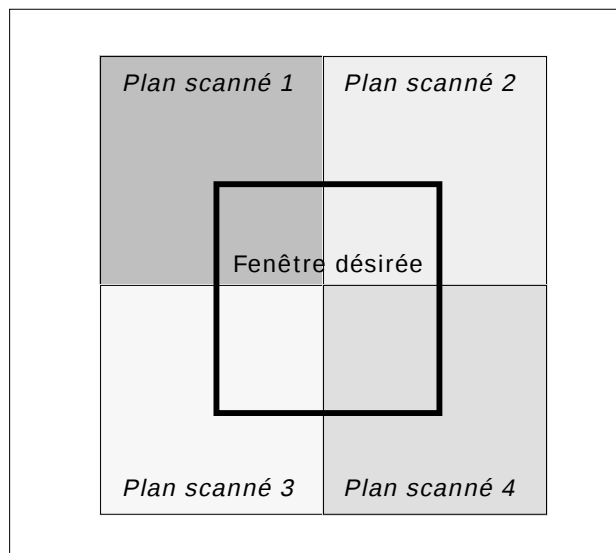


Figure 2.48: Consultation d'un plan se trouvant à cheval sur plusieurs plans.

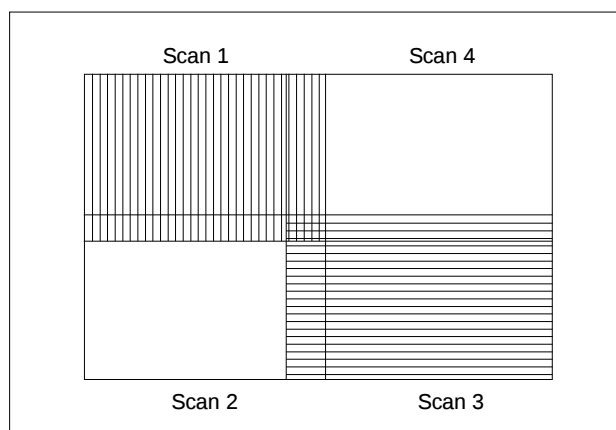


Figure 2.49: Scans avec recouvrement.

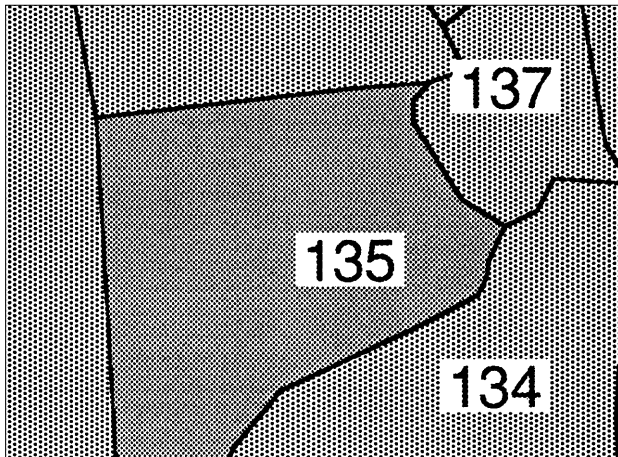


Figure 2.50: Restitution d'un plan à l'échelle 1/10 000.

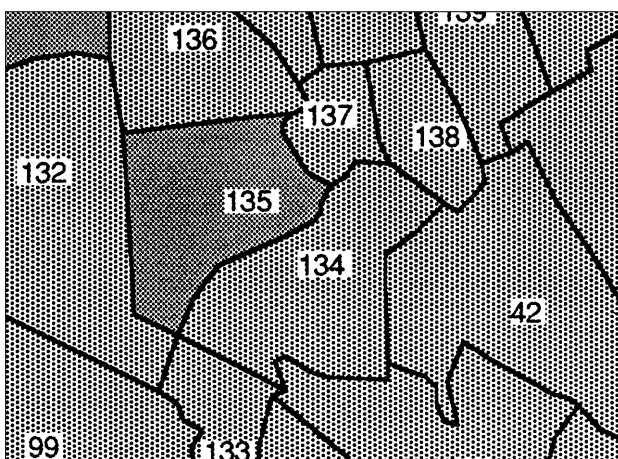


Figure 2.51: Restitution du même plan à l'échelle 1/20 000.

Dans le cas d'une bibliothèque de fonds de plans raster, de photos ou d'orthophotos, les objets peuvent dans certains logiciels évolués, être projetés dans le fond et même au-dehors des limites de celui-ci pour assurer la continuité de vision notamment des réseaux.

Le problème de l'échelle dans les plans numériques

Lorsque l'on consulte un plan numérique affiché sur un écran, l'utilisateur novice se pose souvent la question : à quelle échelle est ce plan ?

Des limites dans l'agrandissement des images issues de coordonnées sont données par la qualité initiale de ces dernières.

Cette question ne prend en fait de sens que lorsque le plan sera restitué sur support papier. A l'écran, l'échelle physique n'a que peu d'importance (on mesure rarement une dimension avec une règle plaquée sur l'écran) dans la mesure où le logiciel de traitement est capable de zoomer dans le plan et de calculer cotes, distances ou surfaces dans un système de coordonnées réelles indépendamment de la puissance choisie pour le zoom.

A l'impression, et c'est un grand avantage de l'informatisation, une échelle quelconque peut être choisie et le logiciel peut imprimer la même quantité d'information dans un format A4 à une échelle choisie par l'utilisateur que dans un format A0 à une échelle 16 fois plus grande. La lisibilité du petit format ne dépendra que de la qualité (résolution) de l'imprimante et de la quantité d'objets dans le plan.

Par contre, le choix des informations à représenter ainsi que le type de représentation nécessaire, en fonction de la densité d'information voulue, est facilité par l'usage du concept objet où le même objet peut avoir plusieurs représentations. Ainsi par exemple, sur une sortie au 1/100 000, on peut choisir de voir un bâtiment comme un point (barycentre ou position de l'entrée de l'immeuble, etc.) et sur une sortie au 1/1000 comme un polygone fermé (contour du bâtiment).

2.2 Le cadastre souterrain

2.2.1 Description

Plan de réseau

Le plan de réseau mentionne tous les équipements et dispositifs de commande à distance appartenant à un réseau de distribution ou d'évacuation. On distingue les plans de réseau suivants :

- eaux usées (assainissement),
- électricité,
- installation de télécommunications (PTT + télé-réseau),
- gaz,
- chauffage à distance (CAD),
- eau potable.

Tout plan de réseau doit répondre aux besoins des exploitants du dit réseau. Les règles suivantes lui sont applicables :

- il contiendra les informations requises par les dispositions légales (cf. figure 2.52);
- il donnera au sujet des conduites des renseignements concernant leur développement, leur construction, leur exploitation et leur entretien;
- il doit permettre de repérer les conduites sans avoir recours à des méthodes géométriques compliquées ou des appareils de détection;
- il contiendra les indications utiles en cas de panne ou de dérangement;
- il fournira aux exploitants et aux tiers des renseignements sur la position et le niveau des conduites.

Le niveau des conduites sera, au besoin, indiqué sur les plans de réseau. L'épaisseur de la couverture peut y figurer aussi. Aux endroits où les conduites se trouvent à une profondeur normale, il n'est pas nécessaire de l'indiquer ou du moins on ne l'indiquera qu'en quelques points.

On reportera sur le plan de réseau toutes les conduites d'un même fluide. Toutes les conduites souterraines peuvent y figurer, y compris celles qui contiennent un autre fluide. Dans ce cas, les conduites du fluide concerné seront représentées en traits continus et celles des autres fluides en traits conventionnels selon la recommandation SIA 405. (cf. figure 2.53)

Dispositions générales :

- Norme SIA 190: «Canalisations».
- Recommandation SIA 205: «Pose de conduites souterraines».

Mensuration :

- Instructions fédérales concernant la mensuration officielle.

Installations électriques, de télécommunication et d'antennes collectives :

- ordonnance sur l'établissement, l'exploitation et l'entretien des installations à courant faible, du 5 avril 1978;
- ordonnance sur l'établissement, l'exploitation et l'entretien des installations à courant fort, du 7 juillet 1933;
- ordonnance sur les parallélismes et les croisements de lignes électriques, entre elles et avec les chemins de fer, du 7 juillet 1933 (en révision);
- ordonnance relative aux pièces à présenter pour les installations électriques à courant fort, du 26 mai 1939.
- Prescription aux services d'administration et d'exploitation de l'entreprise des PTT suisses, pour le montage et l'entretien des installations de lignes.
- Prescriptions techniques générales concernant la qualité de transmission des installations d'antennes collectives.
- Les dispositions administratives et les directives concernant la pose des conduites souterraines sont contenues dans la recommandation SIA 205.

Gaz :

- Loi fédérale sur les installations de transport par conduites de combustibles ou carburants liquides ou gazeux, du 4 octobre 1963.
- Ordonnance fédérale sur les installations de transport par conduites, du 11 septembre 1968, avec les compléments du 12 août 1970, du 8 mars 1976 et du 20 avril 1983.
- Directives G2 pour la construction, l'entretien et l'exploitation des conduites de gaz soumises à une pression de service jusqu'à 5 bar, de la Société suisse de l'industrie, du gaz et des eaux (édition 1979).
- Directives GAZ G1, de la Société suisse de l'industrie, du gaz et des eaux (édition 1977).
- Directives pour la mensuration des conduites, de l'Office fédéral de l'énergie (édition 1982).

Eau :

- Directives pour la construction des conduites d'eau potable, de la Société suisse de l'industrie, du gaz et des eaux, du 26 septembre 1975.
- Directives pour l'établissement d'installations d'eau, de la Société suisse de l'industrie, du gaz et des eaux, du 7 octobre 1976.

Figure 2.52: Lois, dispositions administratives et directives, cette liste est donnée sans garantie d'exhaustivité (Norme SIA 405: p. 23).

Eaux à évacuer	A	-----	violet
Electricité	E	-----	rouge
Installations de télé-communication	T		vert
Gaz	G	-----	ocre
CAD	C	-----	orange
Eaux	O	-----	bleu

Figure 2.53: Signes conventionnels pour les fluides (Recommandation SIA 405: p. 31).

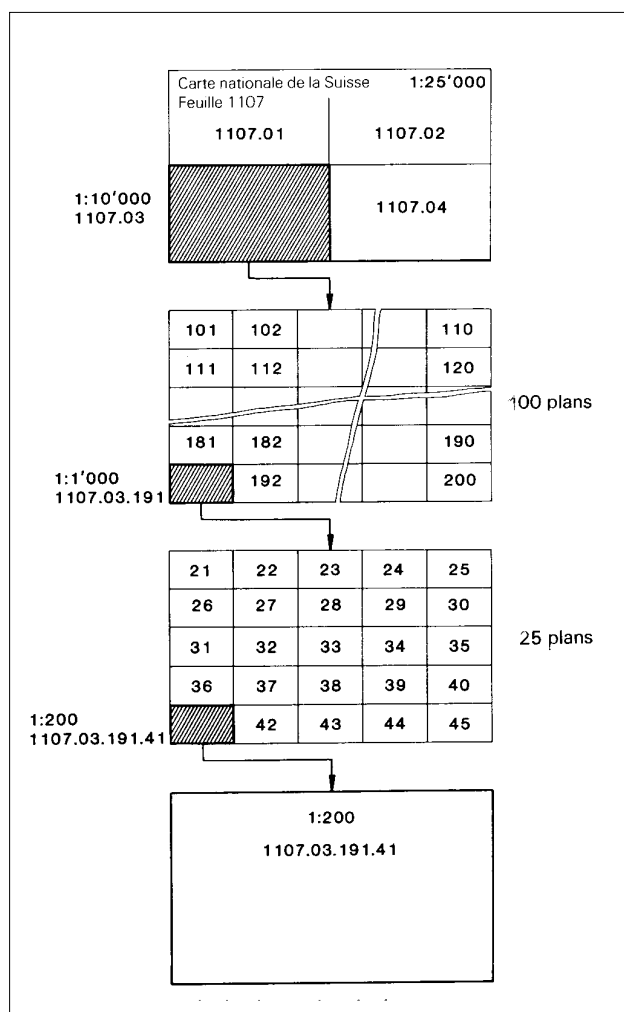


Figure 2.54: Exemple de plan-cadre résultant de la subdivision de la carte nationale (Recommandation SIA 405: p.16).

Tout plan de réseau doit en principe correspondre à une subdivision du plan du cadastre des conduites. Cette subdivision est définie à la figure 2.54; les formats le sont à la figure 2.55.

Le choix de l'échelle dépend de la densité des conduites posées. L'échelle du plan de réseau doit correspondre si possible à celle du plan de base établi à partir de la mensuration officielle, et normalement aussi à celle du plan du cadastre des conduites.

Les échelles suivantes sont recommandées:

- région à forte densité de constructions, centre de ville inclus:
1:200 (évt. 1:100; 1:250 ou 1:500);
- région à faible densité de constructions:
1:500 ou 1:1000;
- région non bâtie:
1:1000, 1:2000 ou 1:2500.

Plan du cadastre des conduites

Le plan du cadastre des conduites contient l'indication de toutes les conduites souterraines. En dehors de l'emplacement de ces dernières, il ne mentionne que les quelques informations pouvant intéresser un large cercle d'utilisateurs.

Le plan du cadastre des conduites souterraines doit répondre aux règles suivantes:

- indiquer l'emplacement des conduites souterraines, des branchements et de tous les éléments apparents des réseaux du service public ou privé;
- servir à l'étude des projets, surtout à celle des voies de circulation;
- être lisible également pour un non professionnel;
- être en tout temps mis à jour.

On y utilise des signes conventionnels et des symboles (cf. Recommandation SIA 405), qui peuvent être complétés par des couleurs pour identifier les fluides. (cf. figure 2.53).

Le réseau aérien d'alimentation n'est en général pas reporté sur le plan du cadastre des conduites.

Les plans sont subdivisés de la même manière que ceux du plan des réseaux. Ils ont souvent orienté au nord.

On utilisera les mêmes échelles que pour le plan des réseaux, ainsi que les échelles allant du 5000 au 10 000, selon les besoins.

Plan d'ensemble des conduites

Le plan d'ensemble des conduites représente globalement un réseau particulier. Il concerne en général la totalité d'une région de distribution. Pour les grands réseaux, le plan d'ensemble des conduites peut être subdivisé en plusieurs plans, en fonction de critères d'exploitation ou de distribution.

Le plan d'ensemble des conduites doit répondre aux règles suivantes :

- donner des renseignements généraux sur l'emplacement de toutes les conduites souterraines ou au moins de celles qui sont nécessaires à l'exploitation;
- permettre l'étude des projets d'extension et de modification du réseau;
- représenter l'exploitation et les corrélations du réseau,
- indiquer l'emplacement des vannes de réseau.

Les échelles correspondent en général à celles des plans d'ensemble cantonaux.

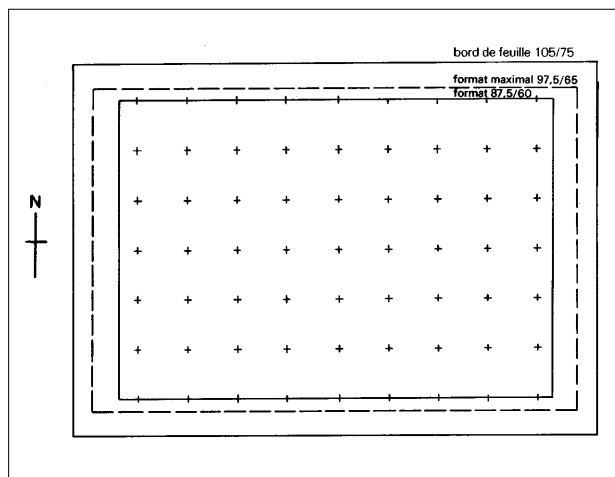


Figure 2.55: Exemple de format de plan-cadre (Norme SIA 405: p.161).

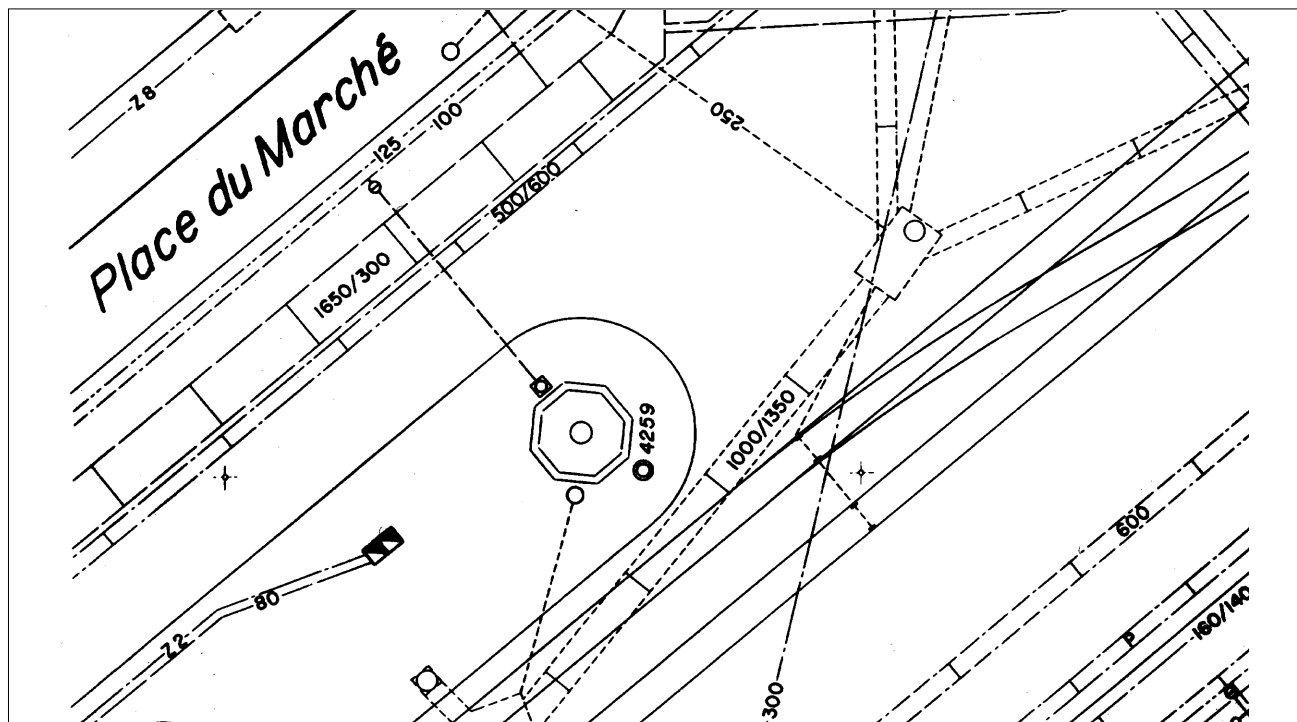


Figure 2.56: Exemple de plan cadastral des conduites.

2.2.2 La mise à jour du cadastre souterrain

Tenue à jour

Les plans ne peuvent remplir leur rôle que s'ils sont constamment mis à jour. Il faut donc observer les principes suivants :

- les données relatives aux conduites nouvelles ou modifiées seront relevées et traitées dès exécution des travaux,
- la tenue à jour du plan de base doit être assurée par le géomètre.

Accès aux données de localisation

Entre l'instant où la pose d'une conduite est terminée et celui de son report sur le plan, on doit pouvoir consulter en tout temps les documents de localisation utilisés pour réaliser le chantier.

Conduites projetées et provisoires

Les conduites projetées ne sont pas reportées sur les plans des conduites souterraines. Le gestionnaire de conduites provisoires doit pouvoir fournir en permanence les renseignements qui les concernent.

Sauvegarde des données

Pour protéger efficacement les plans des conduites souterraines et les autres documents importants concernant les conduites, on prendra une ou plusieurs des dispositions suivantes :

- conservation des supports de données dans des armoires fortes, antifeu, et mesures de prévention contre l'effacement des supports informatiques;
- confection de copies de sécurité sur transparents, microfilms ou supports informatiques;
- conservation des originaux et des copies en des lieux éloignés les uns des autres;
- édition de plans, de listes, etc. à partir des informations mises en mémoire.

A l'heure actuelle, les données relatives aux plans des conduites souterraines ne doivent pas être disponibles sur supports informatiques exclusivement. Elles doivent toujours être conservées également sous forme de plans. A l'avenir, il est possible que cette conception évolue.

Remplacement des copies de sécurité

Les copies seront remplacées périodiquement par de nouvelles éditions. Une bonne règle est d'utiliser un original et deux copies de sécurité en des lieux différents, que l'on met à jour en alternance (par exemple une semaine l'une, une semaine l'autre).

2.2.3 Levés in situ effectués par le service

Le service qui relève la conduite à la fin des travaux va utiliser une chevillère pour positionner la conduite par rapport à des objets situés en surface. En général, deux angles de bâtiments suffisent pour pouvoir situer un point sur la conduite.

Pour ce faire, on mesure les deux distances séparant les angles de bâtiments (ou tout autre objet affleurant qui n'est pas susceptible d'être déplacé ou démolé) et on les reporte sur un croquis avant de mettre à jour le plan du réseau (cf. aussi ch. 2.1).

Cette méthode est utile et valable uniquement si on respecte un certain nombre de consignes :

- on ne peut mesurer à la chevillère que des distances horizontales; il faut donc prendre ses précautions en terrain difficile;
- l'emploi de fils à plomb est nécessaire pour garantir l'horizontalité et pour obtenir une bonne précision (le fil à plomb n'est pas indispensable si la mesure se fait à plat sur une route ou le long de murs rectilignes);
- la traction indiquée pour l'emploi de chevillères est importante et doit être respectée; on évitera de mesurer des longueurs dépassant 15-20 m si la chevillère n'est pas posée.

Ces levés in situ ne dispensent pas d'autres relevés si l'on veut garantir une certaine précision.

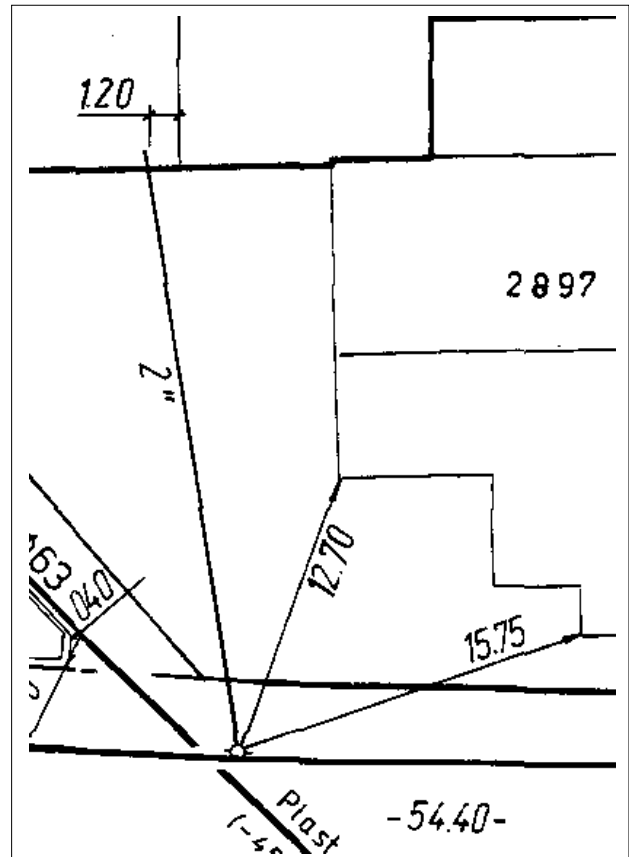


Figure 2.57: Exemple de point relevé par des mesures à la chevillère.

2.2.4 Plans spécifiques par réseau

Règles générales

Les plans des conduites souterraines contiendront, à l'intention de leurs utilisateurs, des informations complètes et tenues à jour portant sur les points suivants :

- les caractéristiques des diverses conduites,
- leur emplacement et leur niveau,
- leurs corrélations.

Caractéristiques

Les plans contiendront toutes les indications nécessaires à l'exploitation, à l'entretien et à l'extension des conduites souterraines, ainsi qu'à leur protection et leur maintien en bon état lors de travaux; ils répondront aux particularités de chacun des réseaux.

Emplacement et niveau

La position des conduites et éléments de conduite doit pouvoir être repérée sur place avec précision à partir des plans, reportée sur d'autres documents, et rattachée sans équivoque aux points de la mensuration officielle. Les levés se feront de manière conforme aux règles en usage dans le domaine de la mensuration.

Corrélations

On doit pouvoir repérer sur les plans la manière dont les conduites représentées se relient au réseau dont elles font partie. Des plans d'ensemble ou des plans schématiques sont souvent nécessaires.

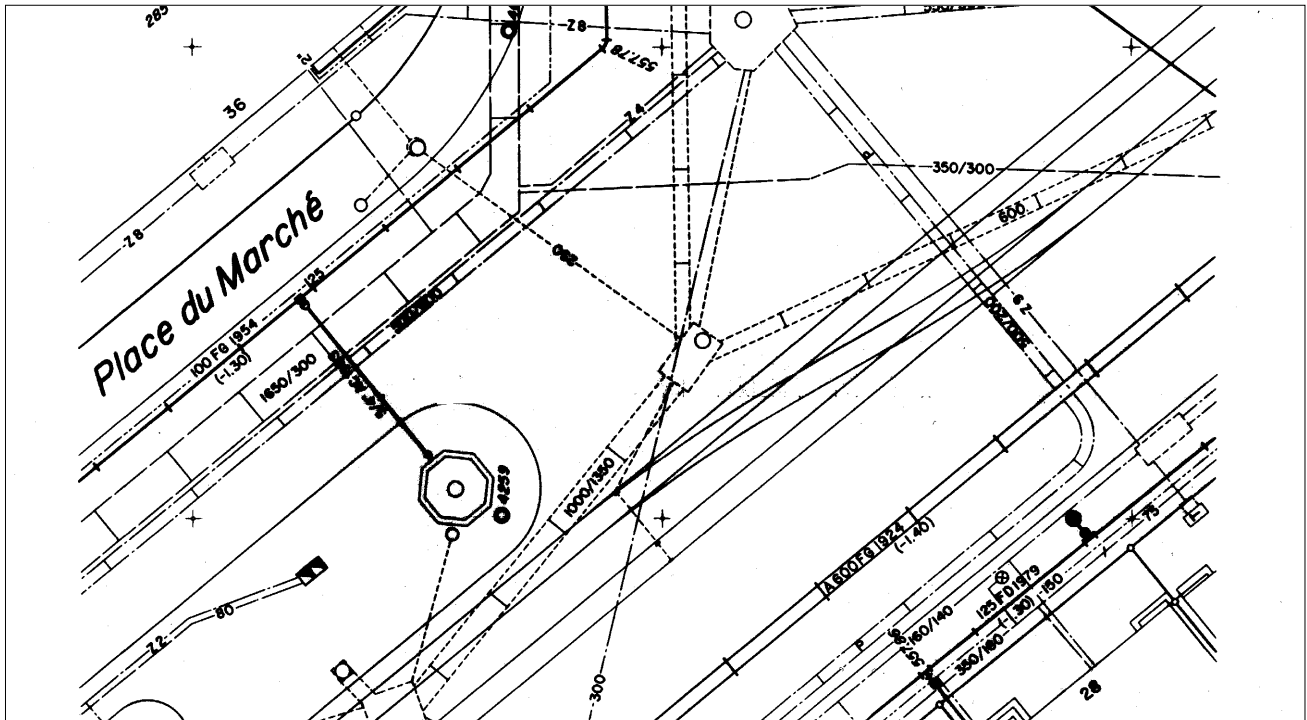


Figure 2.58: Exemple de plan représentant un réseau d'eau de boisson.

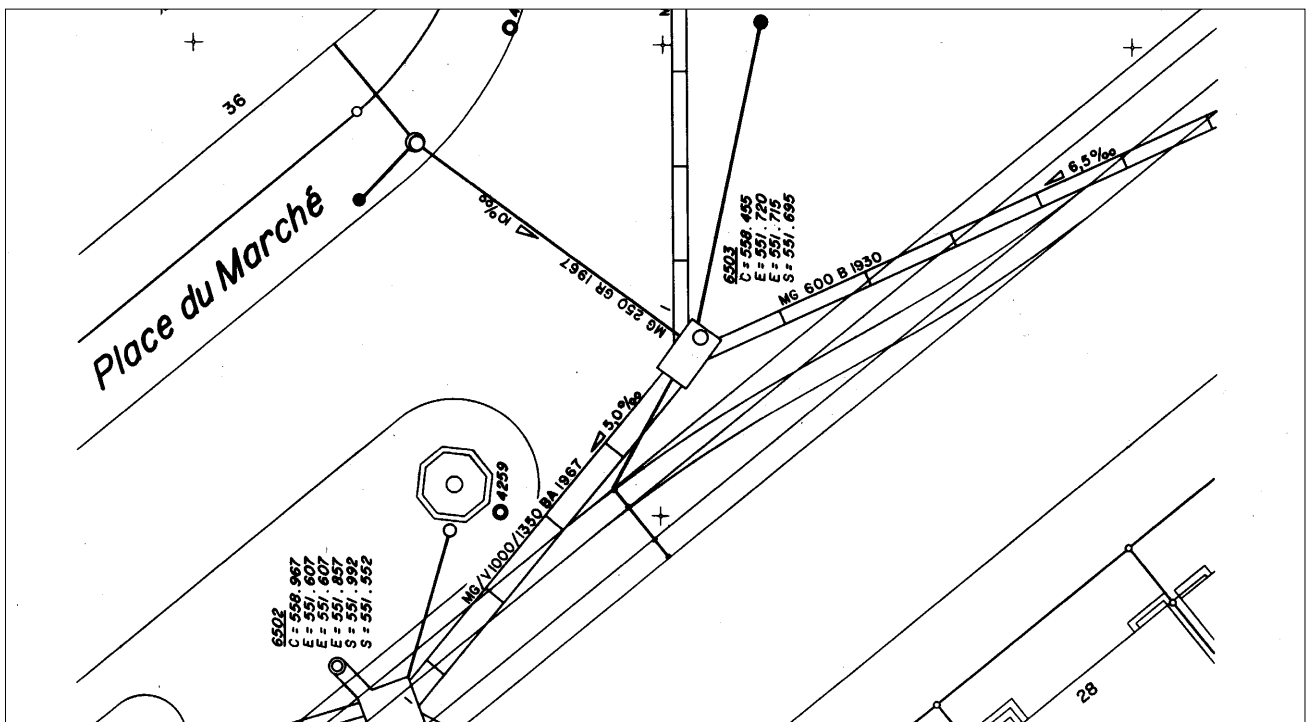


Figure 2.59: Exemple de plan représentant un réseau d'eaux usées.

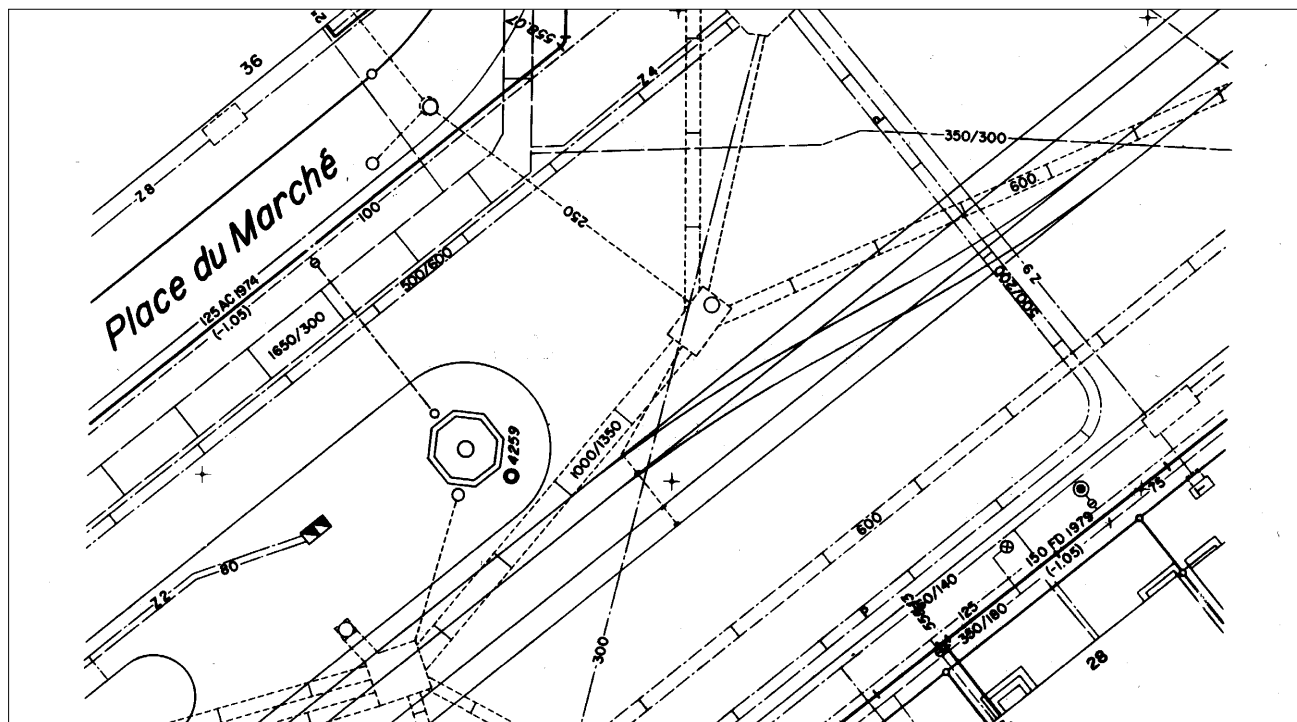


Figure 2.60: Exemple de plan représentant un réseau de gaz.

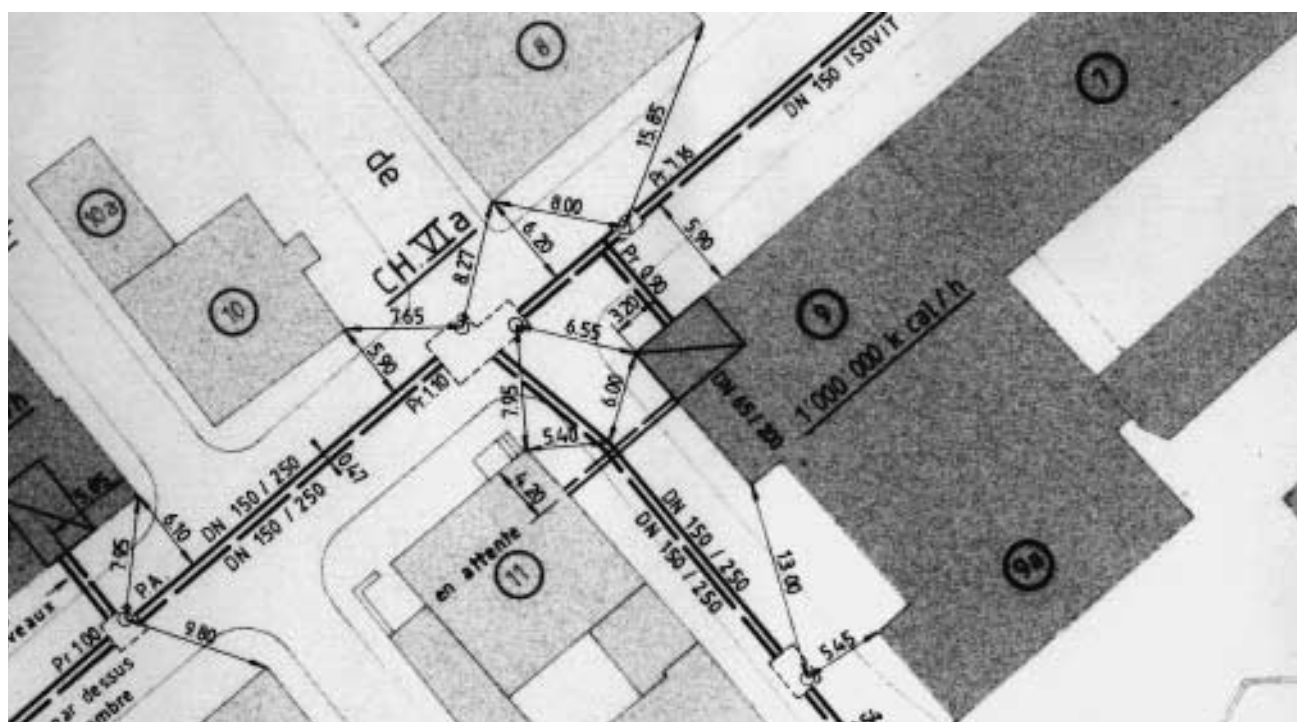


Figure 2.61: Exemple de plan représentant un réseau de chauffage urbain (CAD).

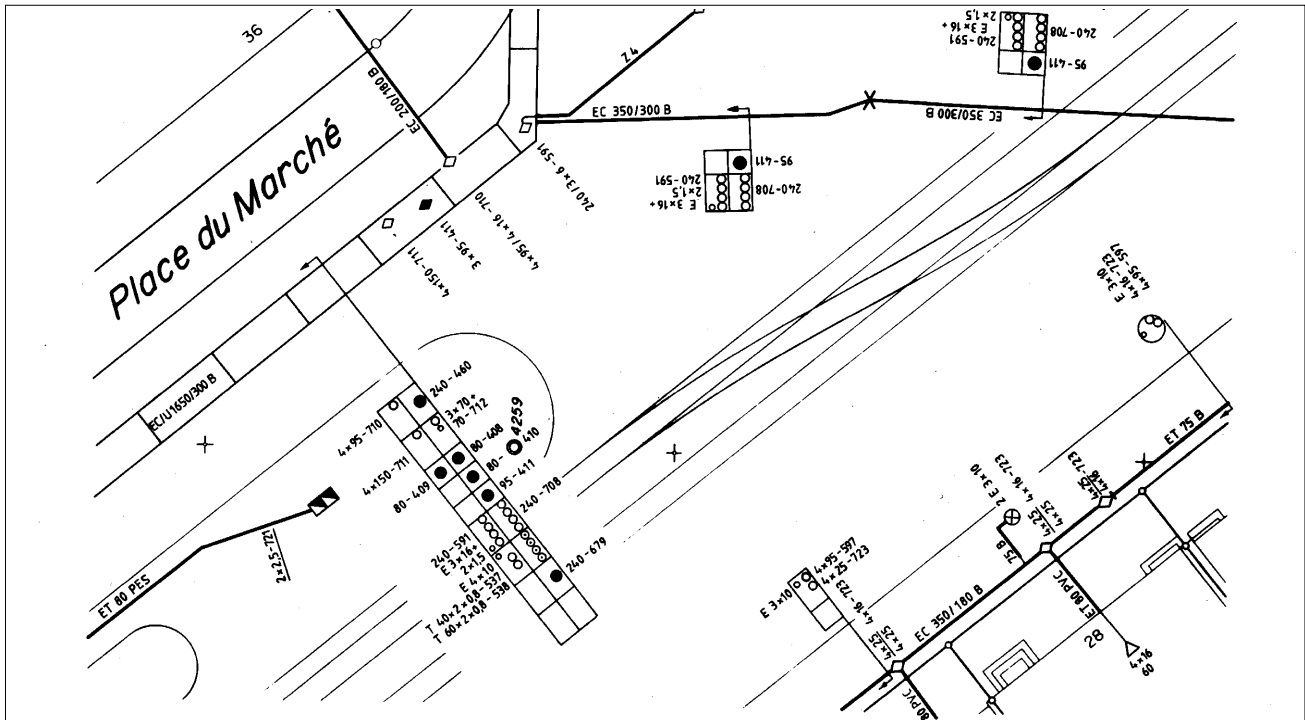


Figure 2.62: Exemple de plan représentant un réseau d'électricité.

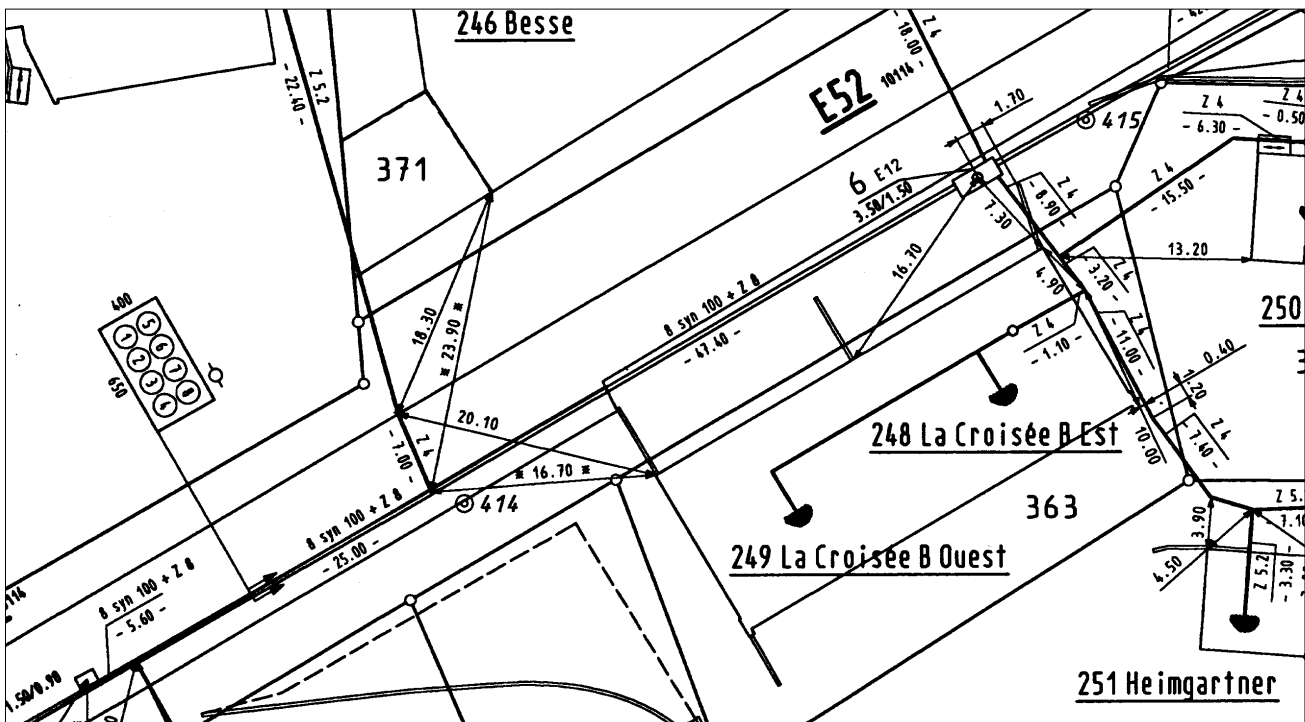


Figure 2.63: Exemple de plan représentant un réseau de télécommunications (PTT).

2.3 Les échanges d'informations pour les services techniques

2.3.1 Besoins de l'utilisateur : structure d'objets ou tracé graphique seul ?

Les besoins motivant un transfert de données de la mensuration officielle sont très dépendants des activités des utilisateurs. Pour les communes et autres utilisateurs, il est nécessaire de disposer de données cadastrales comme données de référence («fond cadastral») soit pour la gestion de données d'autres domaines d'activité, soit pour l'étude ou la réalisation de projets d'infrastructures.

Données structurées

Selon le système récepteur et les exigences de l'application, les données échangées doivent répondre à une certaine structure de données. Par exemple, dans le contexte d'un système d'information du territoire, il ne s'agit pas uniquement de transférer des données graphiques (lignes, hachures, textes) comme c'est le cas du format DXF par exemple, mais bien d'échanger des objets géographiques avec leurs caractéristiques propres (géométrie et informations administratives), ainsi que les liens existant avec d'autres types d'objets.

Données graphiques

Lorsque les informations transférées ont pour but unique d'assurer la fonction de «fond de plan» numérique, il n'est pas impératif d'utiliser une interface d'échange conservant la structure des données du système émetteur. Les données peuvent être reçues sous forme graphique et répondre parfaitement aux besoins de l'utilisateur, pour autant que les normes de représentation qu'il a adoptées soient satisfaites. Dans ce cas, une interface pour les systèmes orientés DAO, telle que celle proposée par le standard DXF, répond à ces besoins dans la mesure où l'on se contente du tracé des objets et non de leur définition. On a accès alors à un fond de plan sur lequel le récepteur pourra gérer ses propres objets. L'émetteur et le récepteur doivent, avant l'échange, convenir des types de données à transférer et éventuellement, en vue d'une simplification des échanges, adopter un modèle commun d'information où les couches d'information recevront une appellation et un contenu définis par les deux parties.

Système récepteur	Système A	Système B
Système émetteur	Interface orientée SIT (conservant la structure des données du système émetteur)	Interface orientée DAO (structure réduite des données du système émetteur)
Système A	Utilisation de l'interface privée du système ou d'une interface normalisée (p. ex. IMO)	Mise en œuvre d'une interface bilatérale pour DAO ou d'une interface quasi-normalisée (p. ex. DXF)
Système B	Mise en œuvre d'une interface bilatérale ou Utilisation d'une interface normalisée (p. ex. IMO)	Mise en œuvre d'une interface bilatérale pour DAO ou d'une interface quasi-normalisée (p. ex. DXF)

Figure 2.64: Echange de données entre partenaires : il faut distinguer entre
- données structurées (SIT)
- données graphiques (DAO)
selon les besoins du récepteur (voir également chap. 5).

2.3.2 Organisation de l'échange des données

La réalisation du concept REMO est un projet à long terme au niveau fédéral (20 à 30 ans). C'est aux cantons de définir des solutions intermédiaires, par exemple par des numérisations rapides, et d'établir un plan d'action pour satisfaire les besoins à court terme des utilisateurs ayant un besoin urgent pour des données numériques de la mensuration officielle.

C'est le service du cadastre (ou des bureaux de géomètres selon la structure dans les cantons) qui va gérer les données de la mensuration officielle et les mettre à disposition des utilisateurs sous des conditions précises.

Selon les applications informatiques choisies (logiciel et réseau informatique), les solutions suivantes peuvent être envisagées :

- Chaque utilisateur (par exemple le service technique d'une commune) gère ses propres données sur un fond cadastral plus ou moins «intelligent» (selon l'interface des données utilisées). De manière périodique, le service technique reçoit une mise à jour des données cadastrales (complète ou partielle, figure 2.65). Dans ce cas, l'état du fond cadastral ne reflète pas la réalité en tout temps, puisque la mise à jour n'est que périodique.
- Chaque utilisateur se connecte sur un réseau d'échange où il peut «chercher» les informations le plus à jour auprès de chaque service connecté, pour autant que tous les partenaires jouent le jeu. Cette solution demande un réseau informatique puissant, qui doit supporter un trafic fréquent de fichiers de taille importante. En plus, l'adaptation des formats de données pose des problèmes, puisqu'il y a des systèmes différents à servir. Ainsi le service 1 désirant avoir un plan le plus à jour possible avec indication des réseaux gérés par 2 va «chercher» le fond de plan dans la «vitrine» du service cadastral, et le tracé des réseaux dans la «vitrine» du service technique 2 (figure 2.66). La «vitrine» de chaque service contient la partie des informations qu'il gère et que le service rend publique.
- Au niveau des régions ou des districts, on peut imaginer un centre avec un «serveur régional» qui gère les données de la mensuration officielle

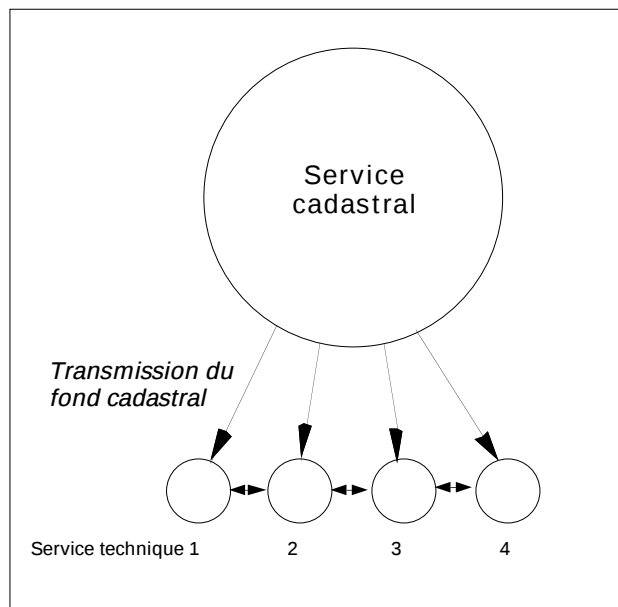


Figure 2.65: Le service cadastral en tant que fournisseur des données.

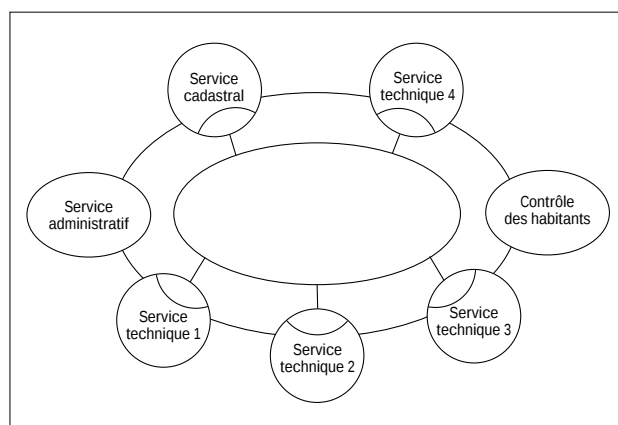


Figure 2.66: Réseau d'échange entre services communaux avec vitrine d'accès. La notion de vitrine publique (équivalente à une clé d'accès sélective) permet à chaque service de conserver des informations propriétaires sous sa responsabilité.

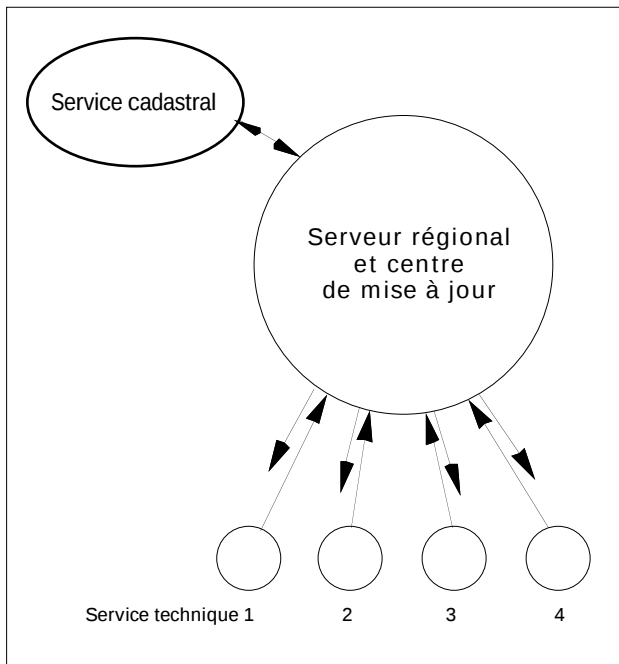


Figure 2.67: Regroupement des informations sur un serveur régional commun.

ainsi que toutes les données des partenaires. Ce serveur fonctionnerait également comme centre d'échange régional (figure 2.67). Les communes et services qui ont les moyens nécessaires pourraient se brancher directement sur un de ces centres; pour les autres partenaires, qui n'auraient pas les ressources nécessaires, une forme de sous-traitance peut être envisagée.

L'avènement des réseaux informatiques, la liberté de choix des outils de travail par chaque utilisateur et la nécessité de conserver sous la responsabilité de chaque service des informations émises par ces services impliquent que la solution du réseau d'échange est la plus raisonnable et la plus efficace à moyen terme.

Elle permet en outre de disposer d'un accès sur les banques de données administratives d'une commune qui contient une partie des informations utiles pour la gestion technique des réseaux (données de consommation via la facturation, fichier des compteurs, habitants et emplois par immeuble, données qui permettent de faire des calculs de réseaux et des projections de modification de la demande).

2.3.3 Pragmatisme et réalité

Outre la gestion informatisée des données cadastrales, l'un des objectifs de la REMO est l'amélioration de la diffusion des données cadastrales.

Jusqu'à présent, la pratique montre que l'obtention d'un plan «à jour» a toujours été une des préoccupations principales de tout service technique chargé de gérer les infrastructures.

Une infrastructure (notamment de réseau véhiculant de l'énergie ou de l'information) évolue en permanence et nécessite pratiquement tous les jours des modifications, adjonctions ou extensions.

A l'heure actuelle, afin d'être certain de toujours avoir des plans le plus à jour possible, pratiquement chaque service technique d'une commune de taille moyenne à importante gère son propre cadastre où sont reportées au minimum toutes les informations que gère le service. Bien souvent, on ne trouve sur les plans de chaque service que des indications partielles et non à jour concernant le fond cadastral proprement dit ou les réseaux gérés par d'autres services.

Les services techniques sont cependant souvent les premiers à essayer de mettre à jour le fond cadastral sur leur propre jeu de plans, avant même les services cadastraux, et ceci pour une raison simple et impérative :

Ils ont besoin de cette information, même imprécise (à quelques centimètres près), pour pouvoir établir le projet de raccordement d'un bâtiment nouveau, ou la modification d'un tracé de conduites, et ils en ont besoin rapidement souvent pour démarrer un chantier.

Si bien que la démarche idéale qui consiste à demander au géomètre ou au service du cadastre de venir faire un relevé, puis un report sur les plans, puis de transmettre le nouveau fond de plan au service technique demandeur n'arrive pas à suivre le déroulement du projet et ne se fait que «plus tard», souvent à double !

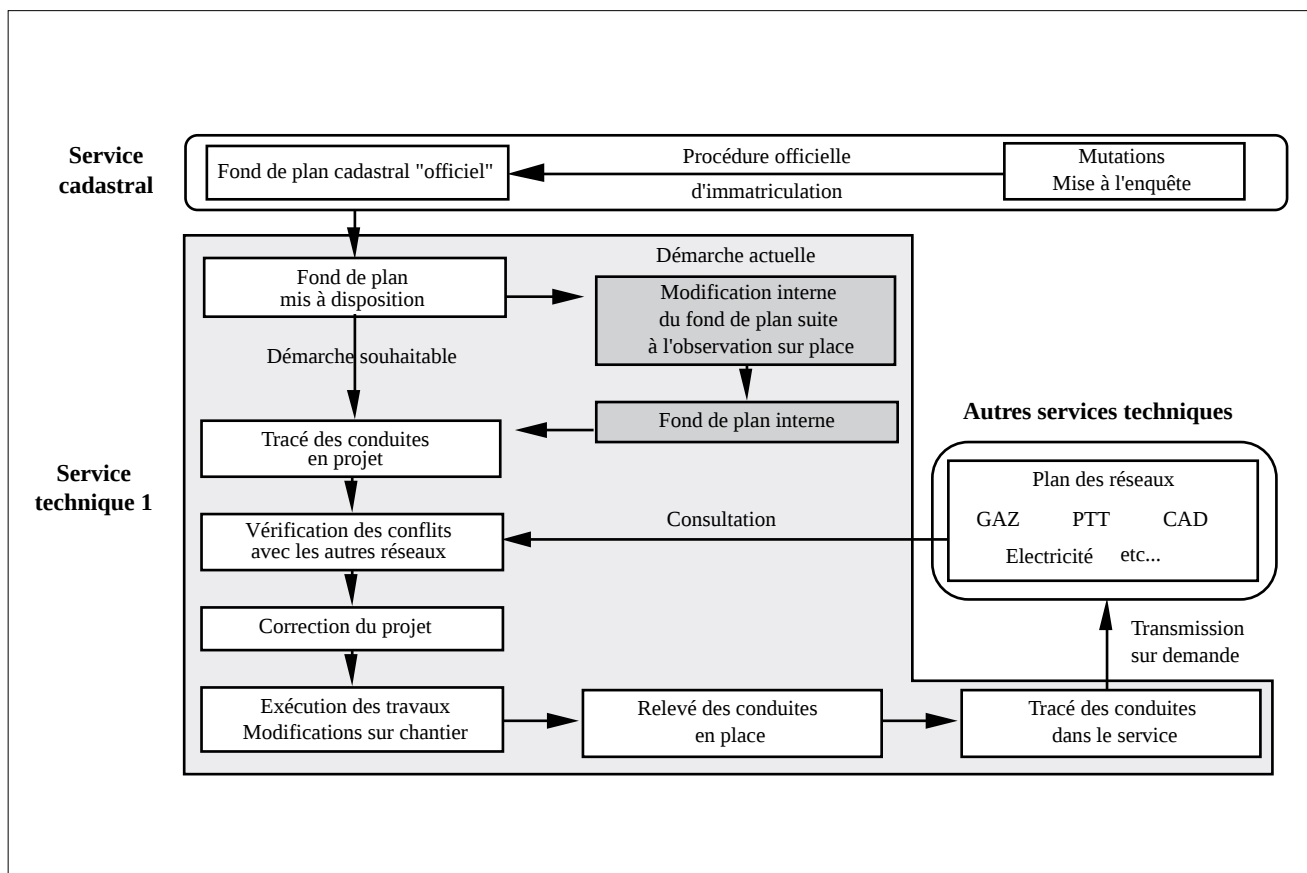


Figure 2.68 : Démarche actuelle des échanges d'informations entre services. A l'avenir les étapes «modification interne du fond de plan suite à une observation sur place» tendront à être supprimées.

La REMO, telle qu'elle est conçue actuellement, ne pourra pas satisfaire les besoins immédiats exprimés ci-dessus, car elle ne permet d'accéder qu'à des informations ayant fait l'objet d'une procédure officielle d'immatriculation. Une organisation appropriée des services techniques avec les géomètres peut être recherchée pour que des données immédiatement utilisables soient accessibles. Il faudra pour cela mettre en place une couche «projet», où l'on trouvera les objets provisoires soumis à une mise à l'enquête. Il est nécessaire, en effet, que la tenue à jour du fond de plan cadastral se fasse en temps «réel» pour que le service technique qui fait une requête au service cadastral dispose d'un plan utilisable. Cette requête sera informatique, via un réseau (figures 2.65 à 2.67), pour autant que les logiciels utilisés par l'un et l'autre des partenaires supportent des formats communs, ce qui tend de plus en plus à être le cas.

En retour, les services techniques publics ou privés devraient mettre à disposition, soit du service cadastral si nécessaire ou demandé, soit des autres services, au moins le tracé des conduites. Il ne s'agit pas de fournir toutes les données nécessaires à la gestion d'un réseau, mais le tracé et les indications de base permettant à un autre service d'élaborer ses propres projets, en connaissant la localisation des réseaux gérés par d'autres.

Ce mode de faire peut être réalisé dans les solutions esquissées (figures 2.66 et 2.67) qui tendront de plus en plus à remplacer la solution de la figure 2.65 correspondant à une méthode basée sur le plan papier.

3. Les réseaux

3.0	La notion de gestion intégrée	71
3.1	Le réseau de gaz	72
3.2	Le réseau d'eaux usées	80
3.3	Le réseau d'eau de boisson	85
3.4	Le réseau de chauffage à distance (CAD)	90
3.5	Le réseau électrique	95
3.6	Le réseau PTT	103
3.7	Le télé-réseau	108

3. Les réseaux

3.0 La notion de gestion intégrée

Ce chapitre a pour objectif de sensibiliser les acteurs de la numérisation et les géomètres aux particularités des réseaux et de définir les paramètres qui interviendront dans le découpage en objets cohérents.

En effet, des relevés d'égouts avec des diamètres mais sans indication de pente sont aussi inutiles pour déterminer des capacités que des relevés de conduites de chauffage urbain sans l'isolation. Ainsi il est plus intéressant lors d'une informatisation de saisir toutes les informations descriptives d'un réseau que son simple tracé.

A long terme, pour un gestionnaire de réseau, la saisie des données d'un réseau doit respecter des règles spécifiques à sa planification, son fonctionnement et sa conduite en temps réel (figure 3.1).

Cette description du réseau évolue avec la progression de l'informatisation mais l'intégration des cultures cadastrales d'une part et de gestion de réseau d'autre part, procède encore d'un long processus de coopération.

De même s'il est indispensable de relever les joints en chanvre d'un réseau de gaz naturel possédant une très forte probabilité de fuite et risques d'accidents, le relevé de soudures contrôlées sur des bornes standards peut rendre impraticables les données par effet de surabondance.

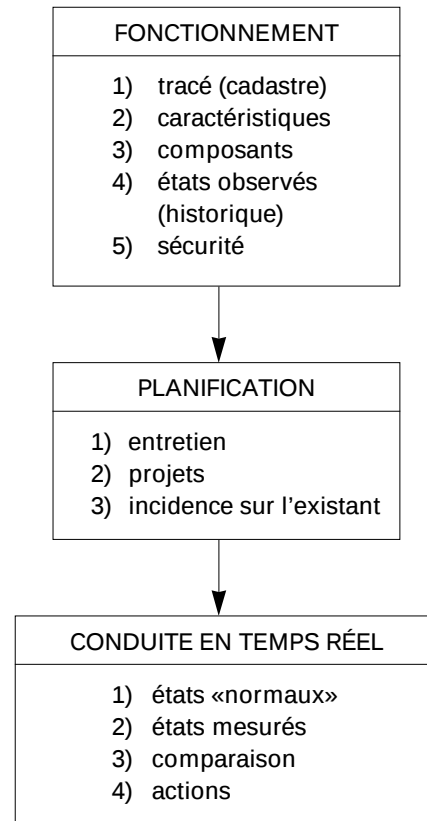


Figure 3.1: Etapes de gestion informatisée d'un réseau permettant l'intégration des fonctions (cf. aussi ch. 4 et 5).

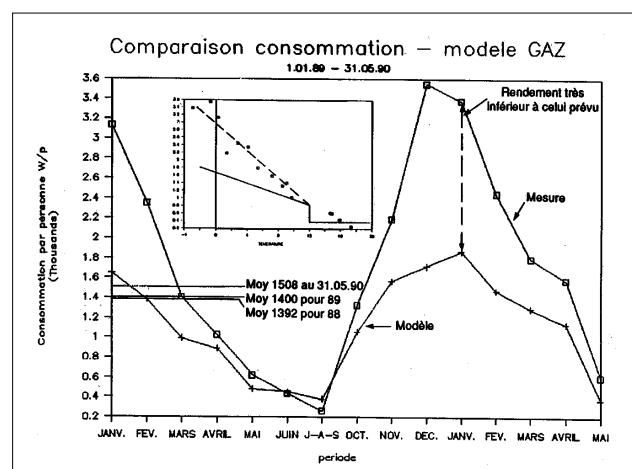


Figure 3.2: Comparaison entre demande modélisée et demande mesurée permettant de détecter des anomalies.

Le gaz de craquage	0.20 %
L'air propané	0.65 %
Le gaz naturel	99.15 %

Figure 3.3: Gaz distribué par réseau en Suisse (1990).

Méthane	CH ₄	87.5 %
Ethane	C ₂ H ₆	4.7 %
Propane	C ₃ H ₈	1.2 %
Butane	C ₄ H ₁₀	0.4 %
Hydro. lourds	C _N H _M	0.1 %
Azote	N ₂	4.9 %
Anhyd. carbon.	CO ₂	1.3 %

Figure 3.4: Composition moyenne du gaz naturel.

De manière générale, c'est la description physique du fonctionnement des réseaux qui devra fournir le catalogue des composants à prendre en compte, ainsi que la liste des paramètres à saisir. Les paramètres liés à la sécurité et à la fiabilité devront être accessibles par chacun alors que les données d'optimisation et d'entretien resteront spécifiques aux services responsables.

3.1 Le réseau de gaz

Définitions

En Suisse, on distribue principalement du gaz naturel et en plus faibles quantités du gaz de craquage et de l'air propané.

Gaz de craquage

Il est obtenu par craquage thermocatalytique de l'essence légère. C'est-à-dire par scission plus ou moins complète des molécules d'hydrocarbure à traiter. Ce gaz est en voie de totale disparition !

Air propane

Il est obtenu par mélange d'air et de propane. En Suisse, il est produit dans des usines non raccordées au réseau de gaz naturel.

Le gaz naturel

C'est après la dernière guerre mondiale que le gaz naturel a fait irruption dans l'économie. Et pourtant, c'est un produit vieux comme le monde. Certains historiens affirment qu'il y a des millénaires, les Chinois l'avaient déjà découvert et utilisé comme source d'énergie qui était transportée dans des tuyaux en bambou. Ce sont les U.S.A. qui furent vraiment les pionniers dans ce domaine dans les années 40.

Le gaz naturel utilisé de nos jours est d'origine organique animale. Le «plancton» est formé de micro-organismes qui se sont accumulés puis décomposés en milieu lagunaire pour former le gaz naturel. Le gaz naturel peut avoir également pour origine la formation de gisement carbonifère qui résultent de la décomposition de matière organique végétale.

Composants d'un réseau

Poste de détente et de comptage

Ils permettent le soutirage du gaz naturel depuis un gazoduc par l'intermédiaire de l'antenne haute pression (HP) et alimentent les réseaux de transport

et de distribution. La conception et la construction d'un tel poste sont soumises à l'inspection fédérale des pipelines.

Ils lient la moyenne pression (MP) et la basse pression (BP). Au moyen d'un régulateur, une pression de consigne, par exemple 22 mbar, est maintenue constante en soutirant et détendant le gaz du réseau 5 bar.

Il est important pour garantir une bonne stabilité de la pression de choisir le bon régulateur, adapté au débit soutiré.

L'emplacement du poste sera choisi avec soin, en tenant compte de la circulation, de l'urbanisme et du bruit qui peut éventuellement gêner les habitants.

Une installation de détente sera dans la mesure du possible placée à l'extérieur des bâtiments.

Organes principaux :

- les vannes;
- les filtres;
- les régulateurs;
- les silencieux;
- les clapets de sécurité;
- les thermomètres, les manomètres;
- le système de réchauffage du gaz;
- les systèmes de télétransmissions et d'alarmes;
- le conditionnement du gaz;
- le compteur – correcteur.

1. *Le régulateur* : c'est l'organe principal. La pression du gaz est détendue de façon importante (par exemple de 60 à 12 bars). Il va réguler la pression aval à une valeur de consigne quelques soient les débits soutirés. Les vitesses de passage, génératrices de bruits, étant très importantes, il faut monter des silencieux intégrés ou non.
2. *Les clapets de sécurité* : chaque régulateur est obligatoirement précédé de deux organes de sécurité qui ferment l'arrivée du gaz à la moindre défaillance des régulateurs, par exemple si la pression aval devient supérieure à la valeur réglée. Il faut alors intervenir très rapidement et les réarmer manuellement.
3. *Le compteur* : il va comptabiliser les m³ soutirés. Il est en général de type à turbine.
4. *Le correcteur* : le correcteur va tenir compte des conditions locales de température, d'altitude, de pression barométrique et de la pression du gaz, au moyen de capteurs de pression et de sonde de température. Compteur et correcteur sont étalonnés par l'Offmet et contrôlés une fois par an.



Figure 3.5: Compteur de type turbine.

Le conditionnement du gaz se fait à l'aide d'une petite installation d'injection de THT qui donne au gaz son odeur caractéristique.

Un premier dosage se fait par Gaznat entre 15 et 20 mg/m³, mais il est nécessaire d'augmenter cette dose en tenant compte de la spécificité de chaque réseau, de sa longueur, de la nature des conduites (conduites mâtées, joints fuyards, fuites) et de la qualité du sous-sol (pouvoir d'absorption de l'odeur).

On observe que le dosage diminue en fonction de l'éloignement de son lieu d'injection et que son pouvoir olfactif diminue.

Figure 3.6: Le conditionnement du gaz.

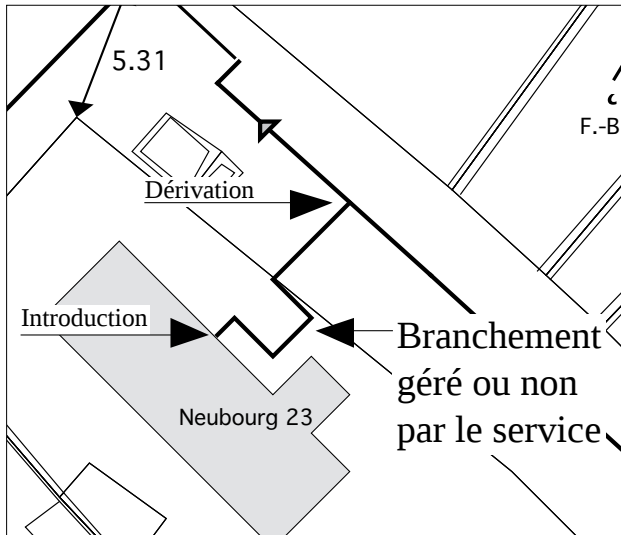


Figure 3.7: Raccordement d'un nouveau bâtiment.

Branchements

C'est la partie comprise entre la conduite principale et la première vanne à l'intérieur de l'immeuble. Ils sont exécutés selon la directive de la SSIGE. Un branchement n'est pas inférieur à $\varnothing 1\frac{1}{4}"$ pour des raisons de résistances et de demandes ultérieures. Le passage des murs est exécuté en acier isolé ou à l'aide de pièces spéciales.

Il est interdit d'entrer dans un immeuble avec une conduite en matière synthétique.

A l'intérieur le service du gaz pose la vanne et le compteur. Il existe divers types de compteurs. C'est le service qui choisit le compteur. Jusqu'à un débit de l'ordre de 40 m³/h, on utilise les compteurs à soufflet. Au-delà, pour des puissances de 400 kW et plus, le choix se porte sur des compteurs volumétriques ou à turbines.

Les compteurs à pistons rotatifs ont les avantages suivants:

- interruption du gaz en cas de blocage;
- précision;
- facilité de montage et moins d'encombrement;
- pas de tronçon rectiligne à respecter;
- période de révision: 10 ans, mais ils sont par contre légèrement plus coûteux à l'achat et sensibles aux poussières. Le montage d'un filtre est obligatoire.

Les fournisseurs livrent ces compteurs avec l'étalonnage officiel.

Les plages de mesures sont normalisées.

Les révisions sont de 5, 10 ou 15 ans, selon les types.

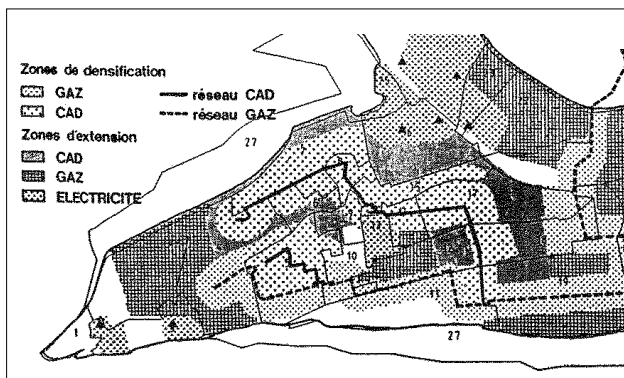


Figure 3.8: Zones de desserte du gaz (variante A du plan directeur énergétique pour Martigny).

Les réseaux

Moyenne pression MP

Les réseaux MP ont une pression de service entre 1 et 5 bar. 5 bar est la limite de la concession. Pour des pressions plus élevées, les conduites doivent être soumises à l'inspection fédérale des pipelines, ce qui conduit à un renchérissement des installations.

Ce sont des réseaux sur lesquels aucun abonné n'est en principe raccordé, excepté les grosses puissances. Un réseau idéal est constitué d'un ceinture de conduites autour des zones à haute densité d'habitation avec des possibilités d'injection et de renforcement.

Un tel réseau obéit à un plan d'extension tenant compte du potentiel existant en habitations, en industries, en écoles, en bâtiments administratifs et des futures zones industrielles ou d'habitation. Par un réseau bouclé et le choix judicieux des emplacements de vannes, on évitera au maximum les interruptions de gaz dues aux prises et aux travaux divers. La concertation avec les communes proches est nécessaire pour un développement cohérent.

La construction et la mise en place d'une conduite doit répondre aux directives de la SSIGE. Un soin très particulier doit être accordé au choix des matériaux utilisés :

- aciers isolés de qualité selon les normes DIN 1626;
- soit en PE dur ou PE 50 de série 5, contrainte nominale de $5 \text{ N/mm}^2 = 50 \text{ kg/cm}^2$.

Le remblayage doit faire l'objet de soins très particuliers, pas de pierres des matériaux fins avec compactage par couches.

L'isolation doit être testée avant le remblayage au moyen d'un peigne électrique qui détecte tous les défauts d'isolation.

Les soudeurs qualifiés seront seuls utilisés.

La radiographie d'un certain nombre de soudures est obligatoire.

Pour le PE, des essais de résistance sont nécessaires sur des soudures prélevées au hasard. Une autorisation de la SSIGE est nécessaire pour l'utilisation du PE en 5 bar, qui doit répondre aux normes VSM.

Les profondeurs de fouilles doivent être respectées, au minimum 80 cm de couverture.

Pour permettre un travail et des interventions ultérieures, il s'agit de respecter les distances par rapport aux autres conduites posées dans la même fouille.

Une bande de signalisation doit être posée au-dessus de la conduite. Elle signalisera la canalisation dans le futur.

Avant la mise en service, toutes les conduites doivent subir des essais de pression selon le protocole défini par les directives de la SSIGE.

Les conduites MP seront munies de vannes à chaque embranchement et de vannes de sectionnement tous les 400-500 m, selon les cas et selon les zones.

Le problème des vannes devient particulièrement important lors du bouclage, car en phase d'exploitation, la tâche du service est grandement facilitée.

L'aspect sécurité prend ici toute son importance, car les vannes contribuent à diminuer les longueurs des tronçons. Les purges d'air ou de gaz sont plus faciles. Toute intervention, mise en service, arrêt de gaz doit faire l'objet d'ordre écrit. Il y a des risques à ne pas négliger : fausse manœuvre, mauvaise coordination, travaux de soudure, etc.

La pression du réseau 5 bar sera maintenue la plus basse possible pour :

- limiter les pertes en cas de fuites ou d'avarie sur la conduite;
- respecter une vitesse maximum du gaz de l'ordre de 20 m/s.

Basse pression BP

La conception d'un réseau de gaz basé sur des conduites en MP permet de poser des conduites BP d'un diamètre relativement petit de l'ordre de 150 à 250 mm au maximum, étant donné que l'on peut en tout temps renforcer la BP par du gaz prélevé sur la MP.

La pression de distribution est très faible 20 – 22 mbar (220 mm CE) pour des raisons évidentes de sécurité en cas de fuite. C'est à cette pression que les immeubles sont raccordés. Une pression faible permet des réparations plus faciles et surtout plus rapides. Auparavant les conduites étaient principalement en fonte grise ou en acier. Des problèmes d'étanchéité aux anciens joints en chanvre et de résistance du tube ont obligé les services à remplacer cette fonte grise, très cassante, par de la fonte ductile avec joint A-E, par du PE ou encore par de l'acier isolé.

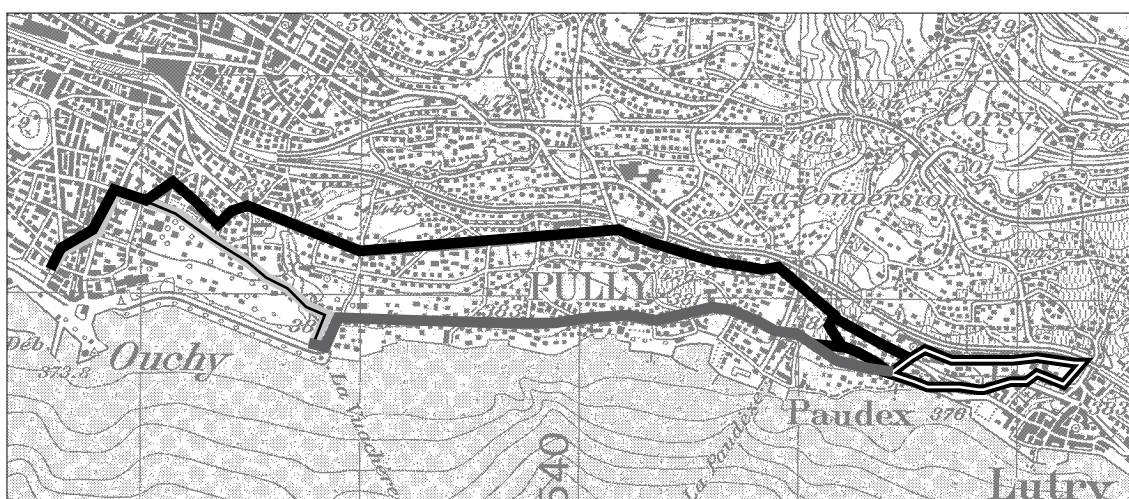


Figure. 3.9:
Planification
de réseau.
Exemple de
Lutry.

Le gaz naturel a tendance à dessécher les anciens joints. Les contraintes du trafic lourd, charges et vibrations ont provoqué des ruptures de conduites principalement jusqu'à un diamètre de 150 mm.

Dans un réseau BP, on doit tenir compte de l'augmentation de pression du gaz avec l'altitude: environ 5 mbar/50 m.

Les réseaux doivent être séparés tous les 50 m de dénivellation ou munis d'écrêteurs chez l'abonné.

Les essais de conduites seront conformes aux directives de la SSIGE.

Dans la mesure du possible, les réseaux BP seront bouclés. Une conduite alimentée aux 2 extrémités a pour la même perte de charge 4 fois plus de capacité que si elle est alimentée d'un seul côté.

On admet une perte de charge en BP de 0,5 mbar/100 m et une vitesse maximum de 3 m/s. Au-delà, il existe le risque d'entraînement des poussières.

Une conduite de 100 mm n'a qu'une capacité de 60 m³/h.

Une conduite de 150 mm a une capacité de 175 m³/h, soit trois fois plus, pour un surcoût d'environ 50%.

Basse pression améliorée BPA

Le choix des pressions de distribution dépend principalement de la nature des conduites. Elles doivent être clairement définies. La plupart des services gaz ont adopté le 22 mbar. Toutefois, certains ont recours à une BPA, qui permet d'alimenter des abonnés à travers un réseau de capacité insuffisante. On admet alors des pertes de charges et des vitesses plus élevées. C'est une solution à court terme.

On peut accorder exceptionnellement des pressions plus élevées pour de grosses installations, par exemple 300 mbar. Le pouvoir calorifique d'un m³ de gaz est alors plus élevé et il faut en tenir compte à la facturation. A une pression différente correspond un pouvoir calorifique différent. Il ne faut donc absolument pas multiplier les pressions de distribution, en fait ne pas céder aux demandes des utilisateurs.

Il y a des risques d'erreurs et de mélanges de pressions. La facturation devient plus compliquée où il faut prévoir le montage d'un écrêteur de pointe, ce qui renchérit notablement le coût de l'installation.

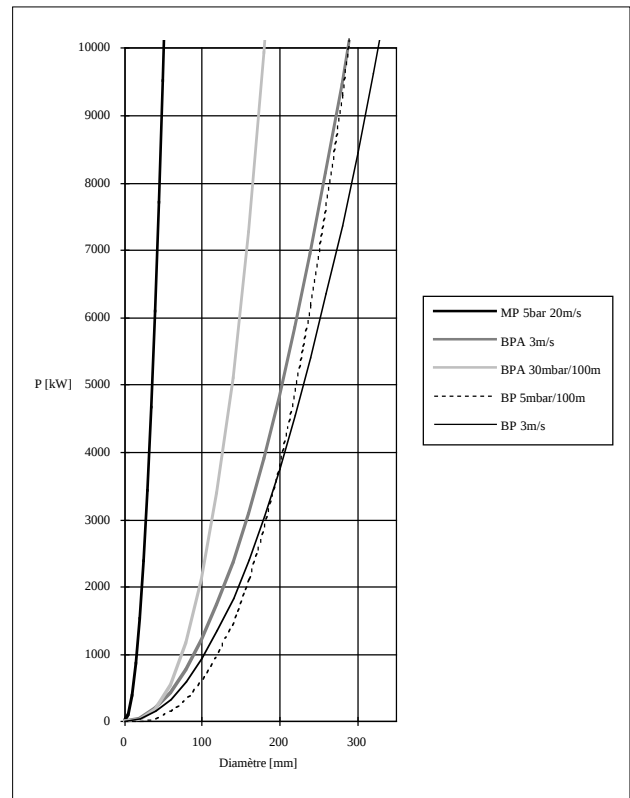


Figure 3.10: Evolution de la capacité selon le diamètre des conduites.

Dans ce sens, les directives admettent essentiellement 3 plages de pression :

BP:	0	–	100	mbar
	100	–	1000	mbar
MP:	1	–	5	bar

Exploitation

Toute «perte» de gaz est une perte financière. Elle peut être due :

- aux fuites,
- à un comptage erroné, provoqué soit par l'addition des erreurs de comptage, soit à des conditions de comparaison différentes.

Un réseau doit donc être surveillé.

Volume des pertes

Le volume des pertes se calcule normalement sur une année. On l'exprime, en moyenne annuelle, en kW. Le calcul de la différence annuelle entre les achats et les ventes est un contrôle essentiel et important pour un responsable de réseau.

Contrôle des fuites

Si une consommation ou un débit semble anormal ou injustifié, on doit entreprendre immédiatement un contrôle du réseau.

a) Sur le terrain

- le compteur de facturation des achats;
- le réseau MP 5 bar avec le détecteur;
- les passages critiques:
 - terrains instables,
 - ponts, travaux étrangers au gaz,
 - les conduites en fonte grise, ruptures possibles dues au gel,
 - nouveaux chantiers et raccordements.

Idéalement, les conduites MP doivent être contrôlées 6 fois par année, dans la pratique, elles le sont une fois par année et les stations de détente au moins une fois par semaine. Les conduites BP sont contrôlées 1 fois par année.

A partir des résultats de recherches de fuite un plan de réparation doit être mis sur pied en tenant compte des priorités (importance de la fuite, risques, proximité de bâtiments, MP ou BP, genre de terrain et genre de conduite, occupation du sous-sol).

b) Par les statistiques

- contrôle des achats et ventes par période de facturation,
- contrôle journalier des consommations en fonction de l'évolution des températures, du vent,
- surveillance et contrôle du compteur de facturation,
- tenir compte dans l'appréciation des résultats, des consommations à caractère saisonnier : distilleries, industries, stations d'enrobage, piscines, hôtellerie, etc.

c) Appréciation des résultats

Lorsqu'une fuite est signalée, il faut intervenir dans les plus brefs délais.

L'analyse de la situation d'une fuite ponctuelle ou l'exploitation des résultats de recherches systématiques doit être exécutée par le chef d'exploitation, qui connaît bien son réseau et ses évolutions.

Il doit pouvoir ordonner les réparations et les mesures qui s'imposent en accord avec les directives de la SSIGE :

- entreprises de génie civil,
- contrôle dans les bâtiments proches,
- sous-sol pouvant drainer les fuites (chemins de câbles, égouts, ...).

d) Mise en service

Lors d'une mise en service, c'est-à-dire à la pose du compteur, l'installation sera contrôlée par le service du gaz. Les essais d'étanchéité doivent être exécutés par l'installateur.

On observera spécialement, au moyen du détecteur de fuites, les divers raccords, assemblages, vannes, organes ou pièces spéciales :

- l'amenée d'air frais,
- l'aération, l'état des locaux,
- la cheminée,
- les prescriptions de la police du feu,
- la combustion.

Diverses directives (G1 et G3) expliquent dans le détail la procédure à suivre.

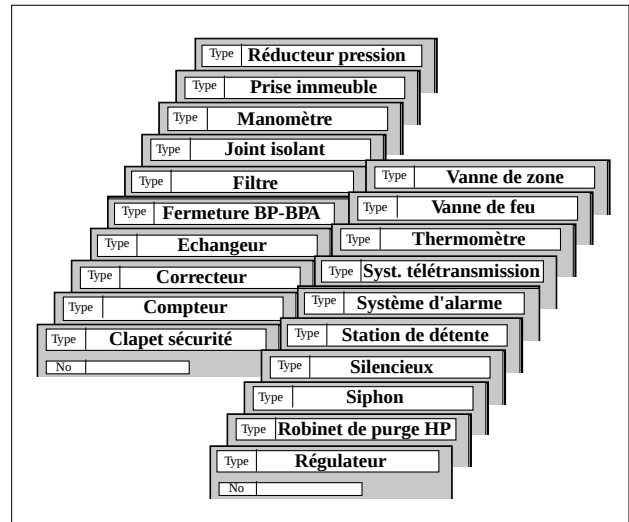


Figure 3.11: Organisation des données de composants d'un réseau de gaz sous forme de fiches.

*Choix des collecteurs et tuyaux**Recommandations :*

- *matériaux adaptés aux caractéristiques de l'eau et aux conditions environnantes;*
- *dimensions prévues en fonction de l'évolution du domaine bâti;*
- *pente minimum pour un écoulement gravitaire;*
- *profondeur suffisante pour permettre les raccordements aux bâtiments.*

3.2 Le réseau d'eaux usées

Définitions

Eaux usées et pluviales

- Les eaux ménagères se composent principalement des eaux de WC et de salle de bains, des eaux de cuisine et des eaux de nettoyage. Les caractéristiques de ces eaux sont bien connues et généralement, elles sont facilement dégradables à travers la station d'épuration. Le débit spécifique de ces eaux en temps sec est de 0,005 l/s/hab à 0,01 l/s/hab, selon l'importance de l'agglomération.
- Les eaux usées industrielles comprennent l'ensemble des eaux rejetées par les industries. Leur composition résulte d'activités spécifiques de fabrication. Certains de ces rejets sont dangereux pour les canalisations et les stations d'épuration, les industries concernées doivent donc prévoir des unités de traitement des eaux usées indépendantes. Le débit spécifique est ici à mesurer pour chaque industrie.
- Les eaux pluviales comprennent toutes les eaux de pluie récoltées par les canalisations. Ces eaux apportent souvent des résidus tels que : sables et graviers, poussières, feuilles branches, les sels antigels, huiles, goudrons, hydrocarbures et objets divers. Les débits à évacuer sont fonction de l'intensité de la pluie, du coefficient de ruissellement et autres caractéristiques du bassin d'apport. Mais il serait souhaitable que l'eau de pluie non-polluée ne soit pas drainée dans les canalisations, et qu'on la laisse s'infiltrer dans le sol.
- Les eaux claires parasites sont des eaux non polluées, qui d'ailleurs n'ont rien à faire dans un réseau de collecte aboutissant à une STEP. Il faut bien faire la différence entre eaux parasites et pluviales.

Composants d'un réseau

Cheminées de visite

Ces ouvrages simples sont placés sur les collecteurs en espaces réguliers (50 à 100 m) pour permettre l'accès, l'inspection et l'entretien, ainsi que l'aération des canalisations.

Les déversoirs d'orages

Disposés sur les réseaux unitaires (appelés à disparaître à long terme au profit de réseaux séparatifs), ces ouvrages assurent la séparation d'un débit généralement par surverse au-delà d'une certaine hauteur d'eau.

En fonction des données hydrauliques, de la configuration des réseaux et autres contraintes de site, on distingue différents types de déversoirs soit :

- les déversoirs à seuil latéral,
- les déversoirs à seuil frontal,
- les déversoirs avec ouverture en radier,
- les déversoirs automatiques par vannes commandées.

Les bassins de décharge des eaux pluviales

Ces ouvrages permettent lors des pluies de réduire le volume d'eau à transporter vers la station d'épuration à environ 2 fois le débit des eaux usées seules.

Les bassins sont aménagés de telle sorte que les eaux de sortie sont décantées et sans matières flottantes. Des équipements spéciaux permettent vidange et nettoyage d'une façon automatique.

Les stations de relevage (pompage)

Le relèvement des eaux s'effectue :

- par vis d'Archimède lorsque la hauteur de relevage est faible
- par pompes centrifuges immergées ou à sec lorsqu'il y a refoulement sur une distance plus ou moins longue.

La conception des stations requiert des dispositions constructives adaptées à chaque cas et respectant l'environnement.

Bassins de rétention d'orage

Il s'agit d'aménagements modelés en surface. Ils permettent la rétention des eaux, la temporisation des écoulements, voire la conservation totale ou partielle sur le site des eaux pluviales.

Afin d'éviter les phénomènes de fermentation qui pourraient provoquer des pollutions locales, il importe de nettoyer régulièrement les bassins de décharge des eaux pluviales, les déversoirs d'orages et les bassins de rétention d'orage.

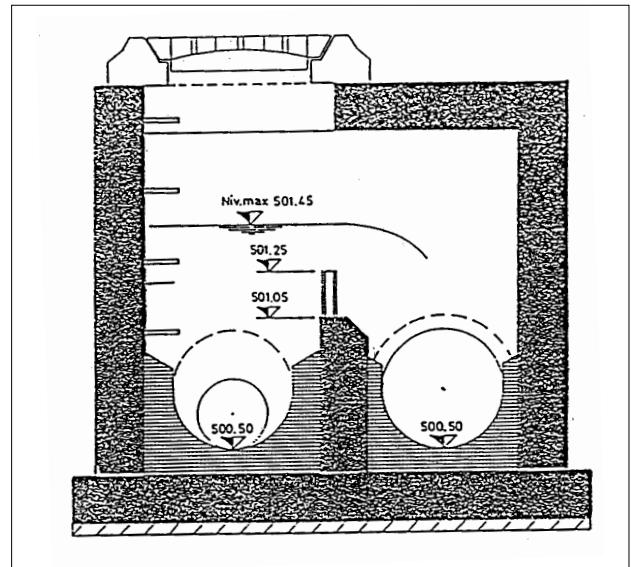


Figure 3.12: Déversoir d'orages à seuil latéral.

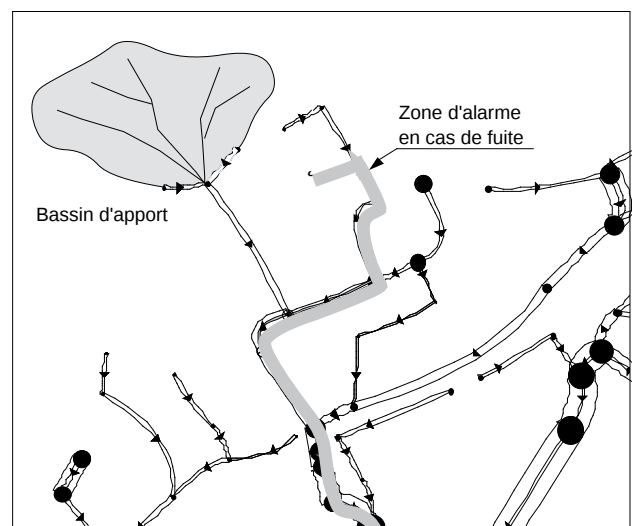


Figure 3.13: Représentation schématique d'une zone d'alarme en cas de fuite.

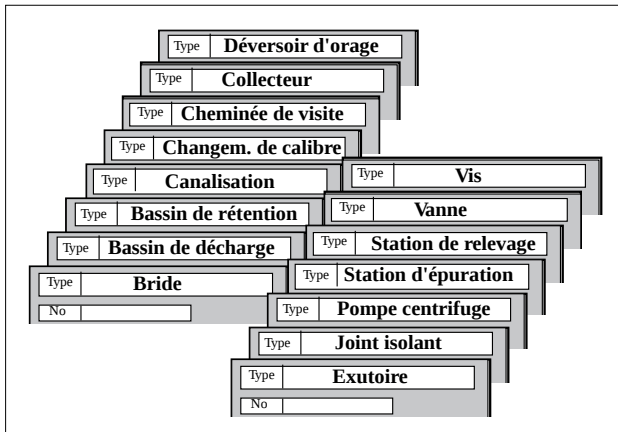


Figure 3.14: Organisation des données de composants de réseau d'eaux usées sous forme de fiches.

Les réseaux

Réseau unitaire ou réseau séparatif

D'une façon générale, la collecte des eaux devrait être, d'après les directives fédérales, assurée par des réseaux de canalisations établis selon les systèmes séparatifs – unitaire ou pseudo-séparatif (combinaison des deux précédents systèmes). Le tableau suivant donne une idée des avantages et inconvénients de deux systèmes principaux.

Afin d'éviter une dilution importante des polluants, préjudiciable au bon fonctionnement d'une station d'épuration, le système séparatif est à privilégier.

Les méthodes de transport

On rencontre généralement 2 méthodes de transport des eaux usées.

Le transport par gravité

Ici le fluide se déplace par lui-même, l'énergie étant fournie par la pente de la canalisation. Il faut veiller à assurer une vitesse d'autocurage, ce qui implique au moins de poser les canalisations avec une pente supérieure à 0,2%.

Le transport sous pression

Ce mode de transport s'applique chaque fois que l'altitude du point d'arrivée de la canalisation est plus élevée que celle du départ et lorsque l'on se trouve en présence d'un obstacle, tel que, par exemple, d'une colline.

Pour éviter la sédimentation dans une conduite en charge, la vitesse de l'eau sera de au moins 1 m/s.

A) Point de vue économique

Critère	Système séparatif (2 canalisations dans chaque rue)	Système unitaire (1 seule canalisation)
Entretien, curage, nettoyage	Plus coûteux	Plus économique
Coût des collecteurs de concentration	Plus avantageux en régions basses, dans la mesure où l'eau de pluie peut être restituée directement à l'exutoire par des conduites posées à une faible profondeur.	Coût souvent sensiblement moindre.
Beaucoup de petits cours d'eau dans le bassin versant	Avantageux, les eaux de pluie pouvant être conduites dans ces ruisseaux par des conduites courtes situées à faible profondeur.	Pour la disposition des déversoirs d'orages, les niveaux de ces cours d'eau sont souvent trop hauts, ce qui oblige à évacuer les eaux de pluie sur de grandes distances.
Stations d'épuration	Les eaux de réfrigération indus- trielles peuvent être raccordées aux canalisations d'eau de pluie, ainsi que les écoulements des fontaines, ce qui décharge la station d'épuration.	Par temps de pluie, la STEP doit pouvoir absorber une plus grande quantité d'eaux usées; il faut donc prévoir un surcoût lors de la construction de la STEP, ou prévoir son agrandissement.
Raccords des habitations	Plus coûteux, il est nécessaire de poser deux conduites, une pour l'eau de pluie et l'autre pour l'eau usée.	Plus simple et plus économique.

B) Point de vue technique

Critère	Système séparatif (2 canalisations dans chaque rue)	Système unitaire (1 seule canalisation)
Reflux en cas d'averse violente	Le reflux en cas d'averse violente n'entraîne pas d'inondation de caves.	Possibilités d'inondations de caves.
Reflux en cas de crue de l'exutoire	idem	Possible suivant les niveaux relatifs des caves et de la crue de l'exutoire.
Débit en temps sec	Bonnes conditions de rinçage dans le réseau d'eau usée par suite de la grande profondeur d'eau.	Faible profondeur d'eau et petite force d'entraînement, donc risque de fermentation des dépôts.
En présence d'eau agressive	On peut utiliser des tuyaux en grès pour la conduite d'eau usée.	La section des canalisations est le plus souvent si grande qu'elle exclut l'emploi de tuyaux en grès; on pose souvent des radiers en grès qui ne constituent cependant qu'une protection limitée contre l'agressivité, si les joints ne sont pas irréprochables.
Station de pompage d'eau usée	Charge constante des pompes.	En sus des pompes d'eaux usées, il faut prévoir de puissantes unités de pompage des eaux de pluie, qui ne sont en service que quelques heures par an, ce qui rend les stations coûteuses.
Emprise dans l'infrastructure de la rue	Il est souvent diffi- cile de loger dans des rues étroites deux égouts en sus des autres conduites des services publics.	Plus favorable.

C) Point de vue de l'hygiène

Critère	Système séparatif (2 canalisations dans chaque rue)	Système unitaire (1 seule canalisation)
Déversoir d'orage	Inexistants pour les eaux usées (en revanche, chargés des poussières, éventuellement des débris proven- ant du nettoyage des rues).	Charge importante des exutoires obligeant souvent à prévoir des bassins de décantation des eaux de pluie (ce qui ne représente qu'un pis aller).
En cas de pluies avec intensités allant jusqu'à environ 30-40 l/s/ha	Les déchets de rue sont emportés dans l'exutoire par les canalisations d'eau de pluie. Pour éviter cela, on peut relier la canalisation d'eau de pluie à celle d'eau usée, de façon que les eaux de faibles pluies passent dans la canalisation d'eau usée	De telles pluies ne font pas encore intervenir les déversoirs d'orage et ainsi ne chargent pas l'exutoire (exception : déversoirs de secours éventuels précédant la station d'épuration).

3.3 Le réseau d'eau de boisson

Définitions

L'eau de boisson est, en Suisse, soit :

- prélevée dans un lac,
- prélevée dans une rivière (eau de surface),
- pompée dans une nappe souterraine,
- captée à partir de sources.

Les lacs sont une ressource souvent illimitée quantitativement, dont la qualité de base est satisfaisante en Suisse. Il est cependant nécessaire de prévoir un traitement qui peut être simple, au minimum filtration et désinfection, ou très complexe si l'eau brute est de qualité médiocre à mauvaise. La composition chimique et biologique de l'eau des lacs est relativement stable et, de ce fait, les traitements peuvent être conçus rationnellement.

Les rivières sont parfois limitées dans leur exploitation et la qualité de leur eau, généralement plus mauvaise que celle des lacs, est susceptible de varier rapidement, d'heure en heure, et d'une année à l'autre au gré des implantations d'usines polluantes. Le traitement devra donc être conçu pour faire face à des situations exceptionnelles, qui ne se produiront peut-être jamais. D'autre part, il est quasi impossible de prévoir toutes les pollutions et il faudra souvent installer des appareils automatiques de surveillance à l'amont de la prise d'eau de manière à interrompre, en cas d'accident, le prélèvement de l'eau avant que la pollution n'ait produit des dégâts dans la station de traitement, voire pénétré dans le réseau de distribution.

Le débit des rivières est très variable (étiage, orages, ...), celui des fleuves étant plus stable.

Les nappes souterraines ont un débit limité et il importe de bien connaître leurs conditions de perméabilité et réapprovisionnement avant de créer des stations de prélèvement. Par contre les réserves latentes sont le plus souvent abondantes et l'on peut, en cas de besoin, soutirer des quantités supplémentaires d'eau, à condition que cette opération ne dure pas trop longtemps. La qualité bactériologique est, dans la plupart des cas bonne, alors que sur le plan physico-chimique un manque d'oxygène dissout et la présence de fer peuvent provoquer de sérieux ennuis dans le réseau, surtout lors du

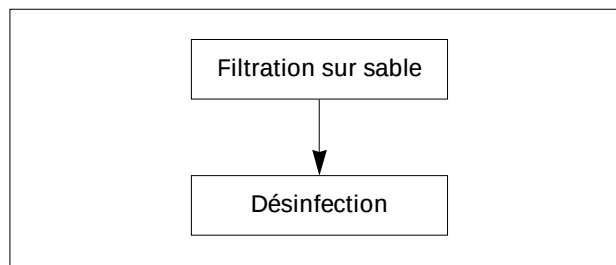


Figure 3.15: Filière minimum de traitement d'une eau peu chargée en micropolluants, illégale sauf si ce traitement satisfait aux conditions imposées par le Manuel des denrées alimentaires.

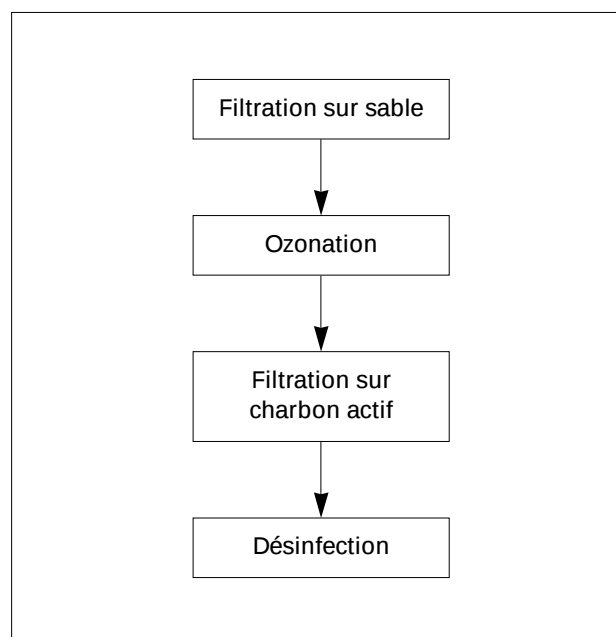


Figure 3.16: Filière moderne de traitement de l'eau des lacs (eau chargée en molécules lourdes et pesticides).

Consommation d'eau à Lausanne

500 litres/hab-jour en moyenne, valeur stable depuis 10 ans.

1000 litres/hab-jour en pointe, lors de la sécheresse d'été 89.

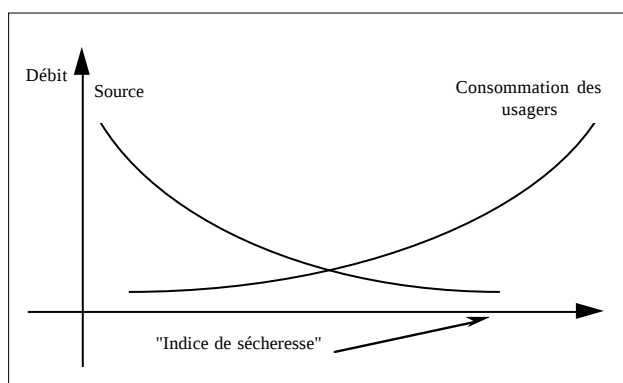


Figure 3.17: Le problème des sources en été pour le gestionnaire d'eau: leur débit diminue en même temps que la consommation augmente (arrosage).

L'augmentation des nitrates dans l'eau:

de 0,5 à 2 mg/l d'augmentation en moyenne au cours de ces dernières années.

Limite max. autorisée: 40 mg/l an

Règle simple de dimensionnement d'un réservoir:

1 m³ par personne raccordée

(lorsque les réserves atteignent 0,25 m³ par personne, il faut considérer la création d'un nouveau réservoir).

mélange avec des eaux mieux oxygénées (irruption d'eau brun-rouge chez les usagers). La présence d'excédents de nitrates est actuellement un problème dont on parle beaucoup. Le danger de pollution des nappes aux hydrocarbures existe. La pollution sera d'autant moins irréversible que l'intervention après accident sera rapide.

Les nappes dotées d'une eau potable sont utilisées après traitement réduit, les nappes avec une eau a priori non potable ne sont pas utilisées (pas encore en Suisse).

Les sources ont toujours un débit limité, variable et la réserve potentielle est nulle. Il faut donc se contenter du débit de la source à tout moment, quelle que soit la demande instantanée du réseau. Il est donc indispensable de connaître le débit à l'étiage et de le mesurer avec précision; les estimations «à vue de nez» sont particulièrement trompeuses et généralement trop optimistes. Le captage des sources est une opération coûteuse car d'une part il faut séparer l'eau de source de l'eau de surface, par la réalisation de galeries, et d'autre part les sources sont fréquemment éloignées des centres de consommation. Leur qualité chimique ne cesse de se dégrader du fait des nitrates, utilisés en agriculture, dont la teneur moyenne est en constante augmentation depuis les années soixante. Leur qualité bactériologique peut être fort variable et nécessiter l'installation d'un système de désinfection.

D'une manière générale, une source présentant une eau de qualité potable sera utilisée sans traitement, une source avec une eau non potable ne sera pas utilisée.

Composants d'un réseau

Les stations de relevage (pompage)

Si l'altitude des apports est insuffisante, il faut pomper l'eau autant que possible dans un réservoir dont l'altitude est de 40 à 120 m (éventuellement 200 m) supérieure à l'altitude de l'agglomération. La pression dans le réseau sera alors relativement stable (entre 4 et 12 bars). En Suisse, les sites élevés d'implantation (collines) ne manquent pas. S'il n'y a pas de réservoir surélevé, il faut que les pompes aient une grande capacité de variation de débit sous une très faible variation de pression de refoulement. Cela s'obtient soit par variation de la vitesse, soit par le choix d'une caractéristique favorable pour de petites pompes centrifuges monoétages.

Réservoirs d'eau potable

La construction de réserves d'eau sert à :

- écrêter les pointes de consommation,
- augmenter la sécurité d'exploitation,
- loger le volume d'eau nécessaire pour la défense contre l'incendie,
- bénéficier de période à tarifs électriques réduits pour le pompage.

Le volume de la réserve est fonction du rapport existant entre la consommation et les apports. A la limite, cette réserve est superflue en présence d'un apport surabondant, sécurité d'exploitation mise à part. Elle sera plus grande si la consommation a un caractère très variable (beaucoup de résidences secondaires par exemple).

Il est généralement admis que le volume des réserves devrait couvrir 24 heures de consommation sans apports, en valeur moyenne ou en pointe si l'on veut plus de sécurité.

La qualité des eaux peut aisément se dégrader dans les réservoirs et il y a donc lieu de se préoccuper des points suivants :

- durée du séjour de l'eau dans le réservoir (maximum de 48 heures entre production et consommation),
- contact avec l'air extérieur,
- possibilité d'intrusion d'organismes vivants.

Quelle que soit la qualité de l'eau captée et le soin apporté à sa désinfection, elle contient des germes vivants. Avec le temps ces germes se multiplient, surtout s'ils disposent de matière organique nutritive et d'énergie lumineuse ou calorifique.

Il faut donc :

- que les cuves de réserve soient totalement obscures,
- que l'ouvrage soit entièrement remblayé ou très bien isolé afin que l'eau ne se réchauffe pas (une couverture de 1m de terre suffit),
- que le volume soit limité au strict nécessaire afin que le temps de stagnation de l'eau ne dépasse pas quelques jours (idéalement 24 heures, 2-3 jours au maximum).

Toutes dispositions constructives seront prises afin que la circulation de l'eau soit la plus complète possible dans la cuve et entre les cuves :

- dispositifs pour séparer l'entrée et la sortie de l'eau (clapets),

Année	m ³ vendus par habitant	Pertes en %
1977	100.62	43.98
1978	101.41	24.91
1979	104.56	35.52
1980	101.80	34.00
1981	101.65	34.08
1982	106.93	29.85
1983	107.98	30.82
1984	135.13	32.27
1985	114.27	27.86
1986	109.60	29.71
1987	108.51	20.95
1988	108.30	39.07

Figure 3.18: Consommation d'eau par habitant et pertes du réseau (commune du canton de Vaud).

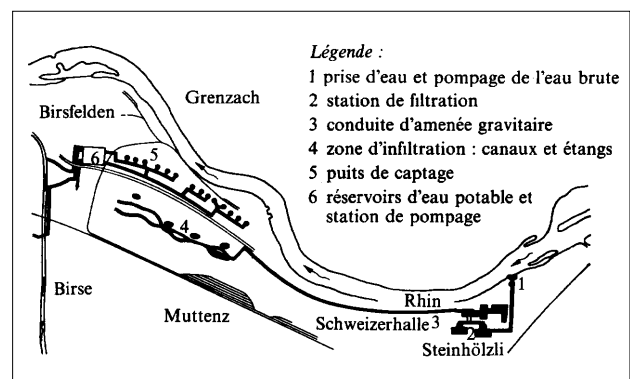


Figure 3.19: Situation des dispositifs de réalimentation et de pompage de la nappe du Hard.

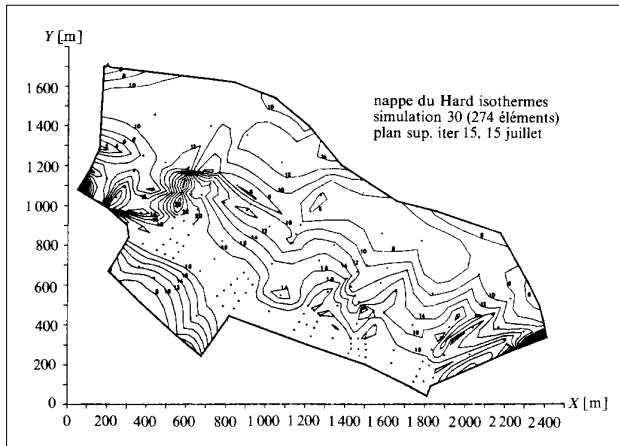


Figure 3.20: Nappe du Hard, isothermes du juillet.

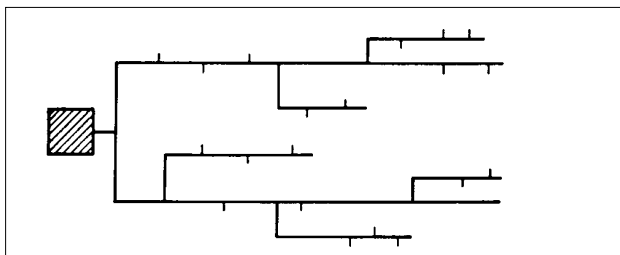


Figure 3.21: Réseau en antenne.

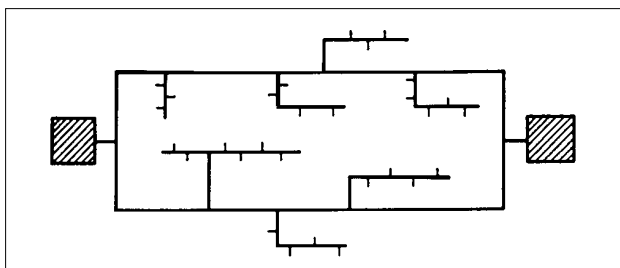


Figure 3.22: Réseau en anneau avec deux points d'alimentation.

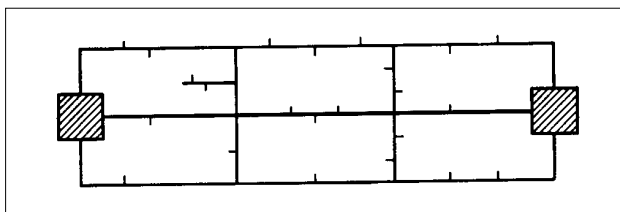


Figure 3.23: Réseau bouclé.

- tubulures d'entrée à l'opposé de la tubulure de sortie,
- parois intermédiaires (murs guide-eau),
- pompe de circulation (de plus en plus utilisée).

Les réservoirs auront deux cuves au minimum afin de faciliter l'entretien et d'avoir une réserve-incendie toujours disponible.

Un revêtement intérieur particulièrement lisse, des angles arrondis, et une pente suffisante du radier facilitent le lavage.

Il est recommandé de fermer les cuves totalement et de créer des portes étanches placées sous le niveau de l'eau car ainsi :

- l'eau est inaccessible aux personnes non autorisées (sabotage),
- aucun animal ne peut y pénétrer,
- l'air entrant dans la cuve lorsque celle-ci se vide peut être filtré.

Les réseaux

Configuration d'un réseau d'eau potable

Conduites de transport et de distribution

La limite entre ces deux notions est floue. On distribue la plupart du temps de l'eau à partir de conduites de transport et on transporte de l'eau par les conduites de distribution. Cependant, il est favorable de créer une différenciation entre les deux fonctions afin que l'eau suive un cheminement préférentiel du réservoir au consommateur. La conduite de transport sera par exemple posée dans la périphérie de l'agglomération et le réseau de distribution sera pris sur cette conduite en plusieurs endroits pour amener l'eau en ville. Il est avantageux de relier les zones industrielles pour éviter les gênes mutuelles causées par les tirages de pointe. Dans la mesure du possible il faut cependant créer un bouclage entre les zones.

La profondeur de gel (0,80 m sur le plateau suisse) doit être respectée lors de la pose.

Réseau en antenne

C'est un réseau où les conduites partent du réservoir ou de la conduite de transport se terminent en «cul-de-sac» ou en «bout-mort» à la hauteur du dernier abonné.

A part le fait que ce type de réseau est moins cher à l'installation qu'un réseau bouclé, il ne présente pratiquement que des inconvénients :

- sécurité d'exploitation faible car toute rupture provoque un arrêt d'eau de toute la partie aval de l'antenne;
- qualité de l'eau en bout de conduite médiocre car tous les déchets et dépôts ont tendance à s'y accumuler;
- pertes de charges importantes;
- forte instabilité de la pression due aux coups de béliet générés par les variations brusques de consommation. Ces variations peuvent atteindre facilement une dizaine de bars pendant un temps très court, de l'ordre d'une fraction de seconde.

Réseau bouclé ou maillé

C'est un réseau où toutes les conduites sont reliées entre elles par les deux extrémités. Ce type de réseau doit être préféré car il élimine, ou tout au moins il diminue sensiblement, les défauts du réseau en antenne. Le problème de la stagnation de l'eau dans les conduites est moins critique dans un réseau maillé que dans un réseau en antenne.

Vannes

Il faut intercaler des vannes dans les conduites. L'utilisateur s'accommode de moins en moins de l'absence d'eau sous pression. Les vannes et les bouclages de réseau sont les deux éléments principaux qui permettent de diminuer la fréquence des arrêts d'eau, sinon de les supprimer totalement. Chaque nœud du réseau devrait être équipé d'autant de vannes qu'il y a de conduites reliées.

Les systèmes de défense-incendie automatiques (Sprinkler) ont obligatoirement une vanne de part et d'autre de la prise sur le réseau. Il est souhaitable d'appliquer une méthode analogue pour les gros consommateurs, ou pour les consommateurs moins importants mais pour lesquels un arrêt d'eau est particulièrement gênant. Ce jeu de double vannes de réseau peut d'ailleurs être facturé à l'utilisateur, dans la mesure où celui-ci refuse les arrêts d'eau. On pose de plus en plus de vannes-papillons pour les diamètres de 200 mm et plus. Ces vannes se manœuvrent très aisément même si la pression n'est appliquée que d'un côté. Il faut cependant savoir que la majeure partie de la coupure de l'eau se fait dans les derniers centimètres de course et le personnel qui manœuvre ces vannes a tendance à aller trop vite et provoque ainsi des coups de béliet dangereux. Ces organes sont à mentionner distinctement sur les plans de réseau.

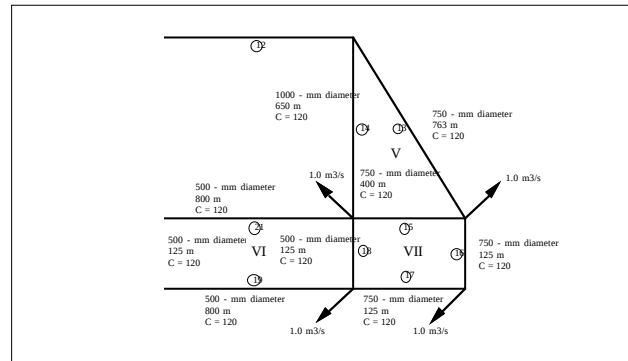


Figure 3.24: Réseau maillé avec indications pour le calcul des pressions et pertes de charges.

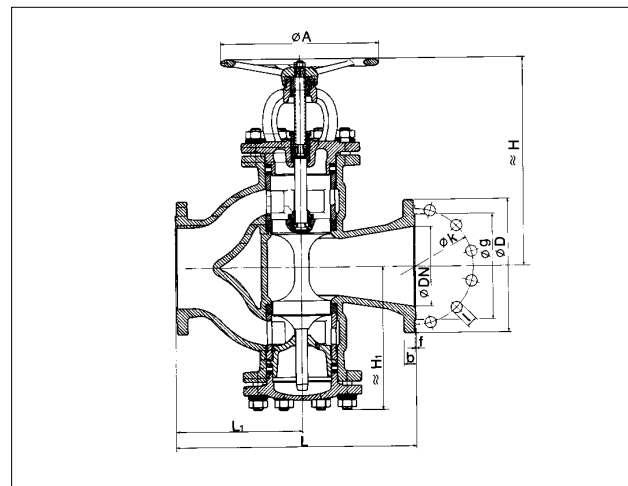


Figure 3.25: Vanne trois-voies.

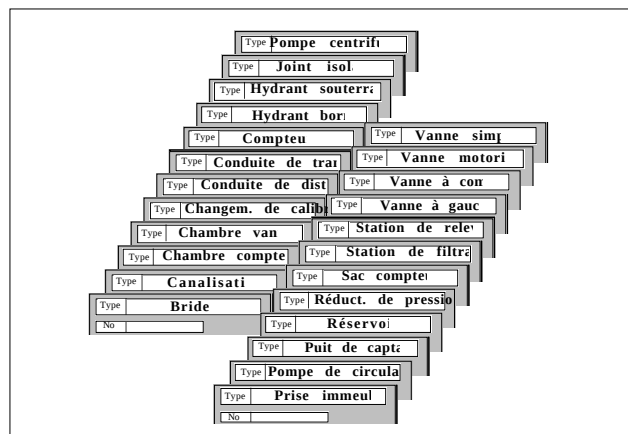


Figure 3.26: Organisation des données de composants de réseaux d'eau de boisson sous forme de fiches.

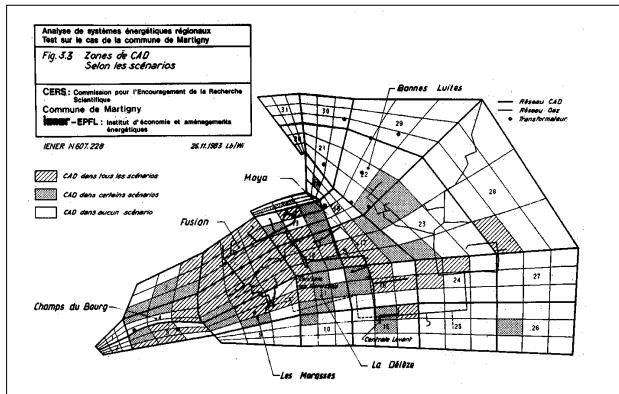


Figure 3.27: Plan directeur Martigny; desserte CAD.

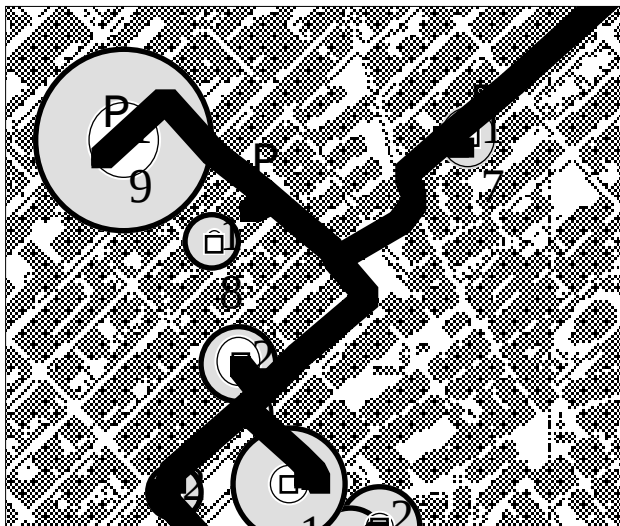


Figure 3.28: Réseau CAD (La Chaux-de-Fonds).

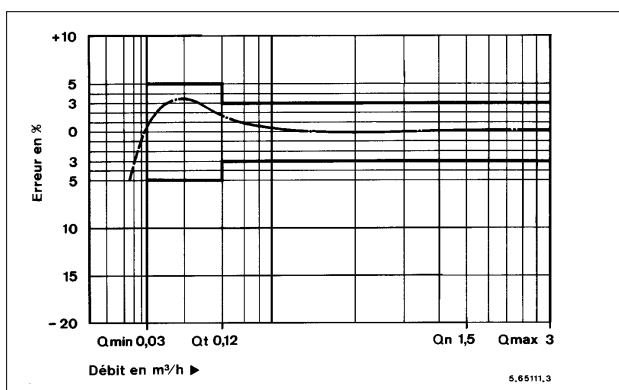


Figure 3.29: Compteur d'eau chaude: courbe d'erreur en fonction du débit.

3.4 Le réseau de chauffage à distance (CAD)

Définitions

Critères d'implantation et de développement d'un réseau de chauffage à distance (CAD)
L'implantation d'un réseau de chauffage à distance ne peut s'effectuer que sur la base d'une étude statistique et économique très poussée, des besoins en énergie de quartiers ou de zones où la consommation est suffisante pour justifier une telle infrastructure. Cette distribution d'énergie doit être complémentaire à d'autres réseaux, mais en aucun cas concurrentielle. En outre elle doit être établie sur l'étude prospective du développement de la cité.

Le rapport de la vente d'énergie par rapport aux coûts de production et des infrastructures est déterminant. En effet, celui-ci est complexe et dépend du prix de l'énergie primaire utilisée (voir étude N° 37 de l'Office Fédéral de l'Energie: «Principes tarifaires du chauffage à distance»).

Pour l'implantation d'un réseau de chauffage à distance, les recommandations provisoires de l'OFEN étaient en 1987 les suivantes:

- Population normale 10 000 habitants
- Densité de population 4 000 hab/km²

Les autres critères à considérer découlent directement de l'analyse des inconvénients et avantages du CAD.

Généralement ce sont pourtant les principaux avantages qui l'emportent selon une étude de l'appréciation du chauffage à distance de l'OFEN de janvier 1981 l'on peut les énumérer comme suit:

1. Possibilité de diversification par le recours à des agents énergétiques variés, plus grande sécurité d'approvisionnement, relatives insensibilités aux fluctuations du prix d'un agent donné.
2. Possibilité de mettre en œuvre les énergies inutilisables autrement (par exemple le bois), ou l'incinération des déchets.
3. Possibilité d'améliorer le rendement des centrales thermiques.
4. Possibilité de contribuer à la substitution du pétrole.
5. Possibilité de contribuer à réduire la pollution de l'environnement.

6. Possibilité de produire de l'électricité d'origine thermique grâce à la valorisation des pertes pour le chauffage.

Il faut aussi tenir compte des inconvénients:

1. Grands investissements préalables et absence de rentabilité initiale.
2. Perte au transport et à la distribution de chaleur.
3. Vulnérabilité en temps de guerre.

Chaque cas peut comporter d'autres avantages ou inconvénients qu'il s'agit d'apprécier avec soins.

Température de distribution

Dans la conception d'un réseau de chauffage à distance, le choix de la température des fluides caloporteurs est très important au niveau des pertes de chaleur lors du transport. Afin de minimiser les pertes, l'eau doit être distribuée à une température la plus basse possible, et ceci avec le plus faible débit possible, c'est-à-dire avec une différence de température importante entre l'aller et le retour.

Dans les quartiers anciens ou lorsqu'il y a des demandes industrielles de vapeur ou de chaleur à haute température, la distribution peut se faire avec de l'eau surchauffée dont le température aller est de l'ordre de 130°C. Des conduites préisolées, destinées à être enterrées et ne nécessitant plus de caniveaux ni de chambres, existent sur le marché pour une température normale de 130 à 135°C.

Pour un réseau desservant uniquement des constructions modernes ne comportant que des utilisateurs de chaleur à basse température (50-60°C), des températures de réseau inférieures à 100°C suffisent

Fig. 10 CONSIGNES DE TEMPERATURE DES INSTALLATIONS CHEZ L'USAGER

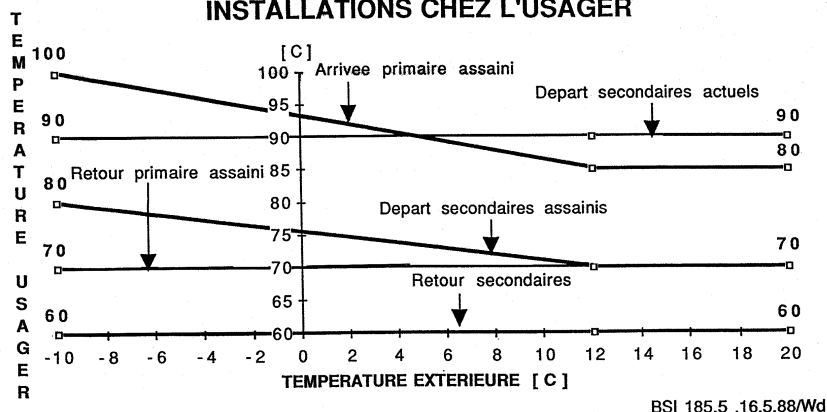


Figure 3.30:
Exemple de courbe de
départ pour le
chauffage urbain.

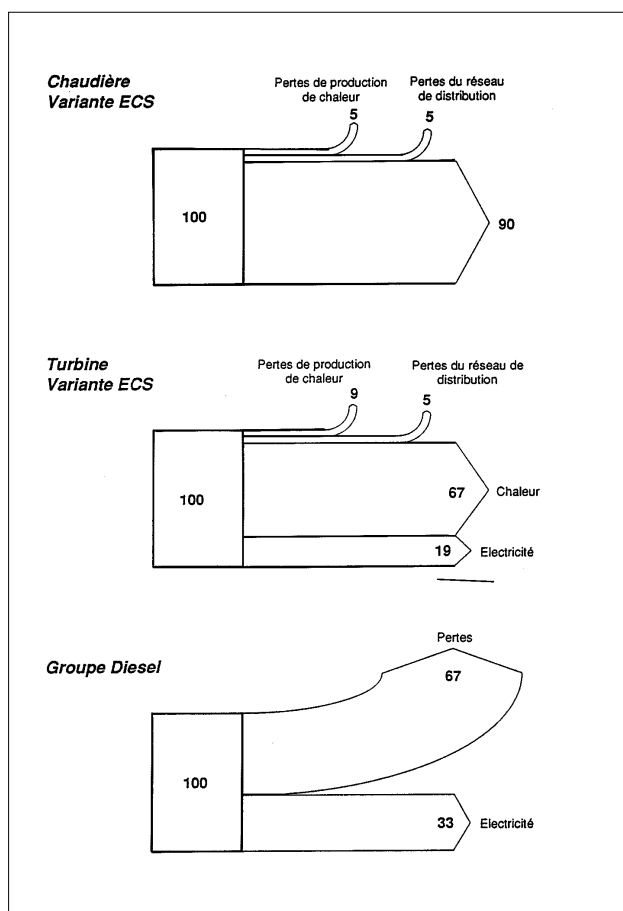


Figure 3.31: Comparaison de trois types de productions d'énergie.

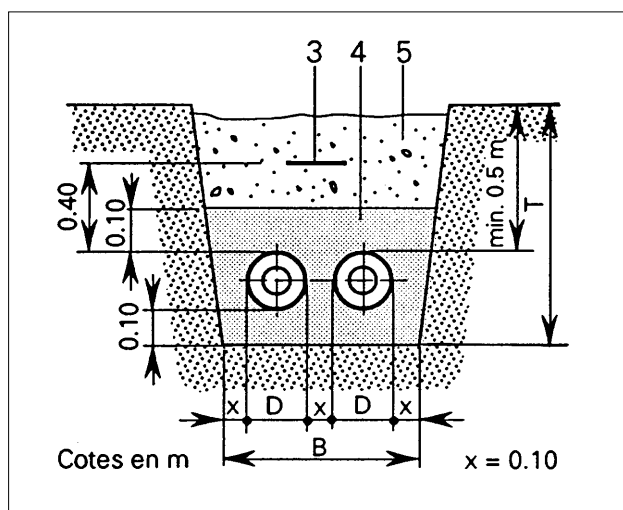


Figure 3.32: Coupe de conduite.

largement. Cependant dans le cas de création de réseaux dans des villes existantes où les installations de chauffage qui existent nécessitent une température d'utilisation de l'ordre de 70 à 80° C, celle-ci peut être augmentée jusqu'à 130° C en période hivernale et varie avec la saison jusqu'à environ 80° C pour l'été et ceci avec une température de retour de l'ordre de 70° C.

Ainsi, la chaleur doit être distribuée à la plus basse température possible et ceci avec la plus grande différence de température possible entre l'aller et le retour; de cette différence dépend le débit de fluide transporté et la dimension de la conduite.

Il faut encore considérer la possibilité d'utiliser les canalisations du réseau comme accumulateur, afin de limiter autant que possible les pointes de consommation lors de la mise en régime matinal des installations.

Production d'énergie

Centrales de chauffe

Ces centrales ne produisent que de la chaleur, elles comportent plusieurs chaudières dont la puissance peut varier suivant l'importance du réseau et utilisent des combustibles classiques tels que :

- charbon,
- gaz,
- mazout ou huile lourde (déconseillé),
- bois, déchets,
- chaleur résiduelle d'industries,
- usines d'incinération de déchets.

Centrales chaleur-force

Elles sont destinées en priorité à la production de chaleur, l'énergie électrique produite étant considérée comme un produit secondaire. Toutefois la demande d'électricité croît avec la demande de chauffage et la chaleur produite dans les pointes journalières peut être accumulée dans le réseau. Un dimensionnement adéquat permet donc d'utiliser au mieux les deux formes d'énergie produite.

Les pointes de puissance peuvent être prises en charge par les chaudières à eau surchauffée. Ce genre d'installation n'était utilisée autrefois que pour des puissances de chauffage de l'ordre de 100 MW et plus. A l'heure actuelle, de petites centrales chaleur-force sont réalisables à l'aide de moteur diesel ou turbine à gaz.

Centrales force-chaleur

Elles sont à peu près semblables aux précédentes; cependant dans ce cas, la production d'électricité est

prioritaire, et la chaleur résiduelle est utilisée pour le chauffage d'un réseau. Leur application principale concerne les turbines à gaz ou des groupes électrogènes à moteur diesel.

Dans ces deux cas, les coûts de la production représentent la somme des coûts des producteurs de chaleur et d'électricité. Le maximum acceptable de ces coûts sera déterminé par les prix moyens de vente des deux énergies.

Les réseaux

Genre de réseaux – tracé

Le genre de réseau ainsi que le tracé dépendent essentiellement de la topographie de la cité. La construction du réseau doit être entre autre étudiée en prenant en compte les critères suivants :

- construction la plus rationnelle possible,
- passages dans les artères à grande circulation à éviter,
- coordination avec tous les réseaux existants,
- les réseaux de distribution de chauffage nécessitent des points pour l'évacuation de l'air et la vidange éventuelle.

Transport de la chaleur

Dans le transport de la chaleur, les systèmes suivants peuvent entrer en compte :

- conduites en caniveaux,
- conduites aériennes,
- conduites en tunnel,
- conduites téléthermiques enterrées (protégées par du sable).

Si tout concepteur peut rêver d'un tunnel ou d'une galerie technique pour la distribution d'énergie, son coût est élevé et ne peut se justifier que pour des installations importantes et coordonnées avec le passage d'autres installations. Les conduites aériennes sont peu esthétiques et ne peuvent être utilisées que dans des zones industrielles où leur passage peut être toléré.

Les caniveaux utilisés à ce jour, sont onéreux et posent nombre de problèmes de construction et d'étanchéité. La solution la plus intéressante est sans doute, la pose de conduites téléthermiques enterrées, constituées d'un tube de première qualité isolé au moyen de polyuréthane injecté à l'intérieur d'un tube de protection en polyéthylène; ces trois composites sont intimement liés et permettent un montage de précontrainte, sans compensation de dilatation ni point fixe, donc sans pont de froid. Bien que nécessitant un grand soin, leur montage est

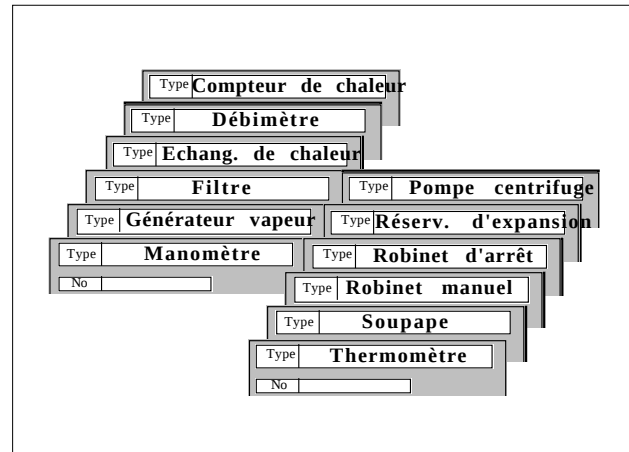


Figure 3.33: Organisation des données de composants de réseau CAD sous forme de fiches.

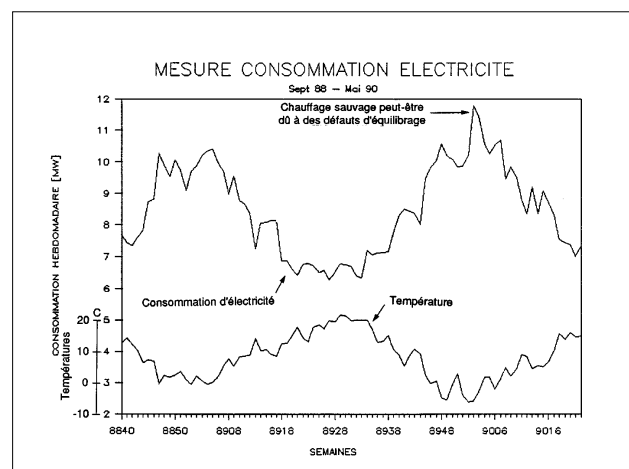


Figure 3.34: Consommation hebdomadaire d'électricité pour les pompes du CAD de Martigny (de septembre 88 à mai 90).

pourtant aisé; le choix des accessoires, coudes, vannes, etc., permet de réaliser des réseaux fiables. En outre ces conduites sont équipées d'un système de surveillance de l'étanchéité utilisant un fil de détection relié à un système de contrôle, s'adressant aussi bien au tube qu'à l'isolation.

L'étude du réseau dépend des critères énoncés ci-dessus et nécessite, outre le tracé le plus avantageux, une étude sérieuse sur les possibilités de passage prenant en compte le handicap imposé à la circulation et les modifications éventuelles à apporter aux réseaux existants; en effet, le temps de montage comporte des travaux d'assez longue durée:

- autorisation de passage,
- ouverture des fouilles,
- dégagement ou modification d'autres réseaux,
- pose des conduites,
- radiographie de soudure,
- essais hydrauliques,
- enrobage de sable,
- remblayage et revêtement de la chaussée.

Un autre aspect important lors de la conception d'un réseau CAD est le choix du site de la centrale. L'implantation de la centrale au centre du réseau est la plus favorable du point de vue technique et économique mais se heurte souvent à des problèmes d'ordre écologiques, voire de bruit, nécessitant souvent une implantation extérieure à la cité, qui modifiera fondamentalement les conditions économiques.

3.5 Le réseau électrique

Définition

Définition d'un réseau électrique

Par réseau électrique on entend un système composé de lignes électriques de diverses tensions, reliant entre eux des postes comprenant des appareils de commutation et des transformateurs. On a généralement affaire à des systèmes triphasés comprenant trois fils (parfois un quatrième pour le neutre). Le réseau électrique est l'intermédiaire obligé entre producteurs (centrales électriques) et consommateurs.

Il est difficile d'établir une distinction nette entre réseaux d'interconnexion et réseaux de répartition et de distribution. Dans certains cas, des réseaux à 125 kV, voir même à 220 ou 380 kV dans les grandes villes peuvent jouer le rôle de réseaux de distribution. On cherchera donc plutôt à établir des distinctions selon la structure topologique des réseaux considérés.

Les réseaux de distribution sont généralement exploités selon une structure arborescente, où la puissance transitant par le «tronc» est égale à la somme des puissances consommées dans chacune des branches du réseau. Au contraire, les réseaux interconnectés ont une structure maillée, donnant l'apparence d'un filet; dans ces réseaux, il est généralement difficile de calculer la puissance dans chaque ligne et il faut pour cela connaître la puissance injectée et soutirée en chaque point du réseau. On réserve le terme d'interconnexion au réseau à très haute tension de l'UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité), tandis que le terme de «réseau de répartition» se rapporte généralement à des portions plus petites de réseau, de structures maillées reliées à un petit nombre de points au réseau interconnecté à très haute tension.

Les réseaux traités dans ce qui suit ont donc une caractéristique générale commune: ils sont construits et exploités selon une structure maillée et réticulée. Nous verrons que les inconvénients créés par cette structure de réseau sont très largement dépassés par les avantages considérables que l'on peut tirer d'un réseau interconnecté, du point de vue de l'économie et de la sécurité d'exploitation.

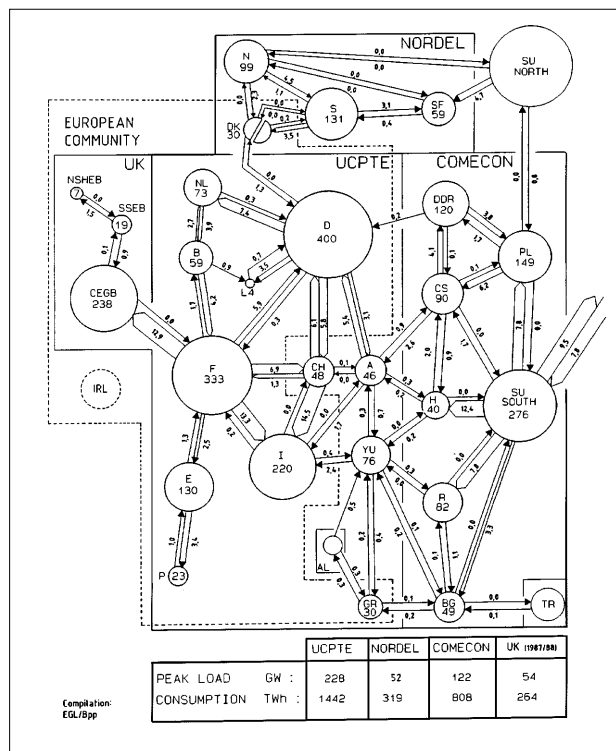


Figure 3.35: Réseau d'interconnexion européen.

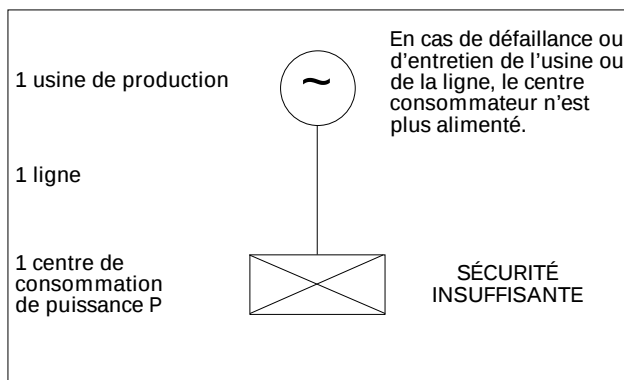


Figure 3.36: Aucune interconnexion : ce cas de figure est préjudiciable à la sécurité de l'approvisionnement.

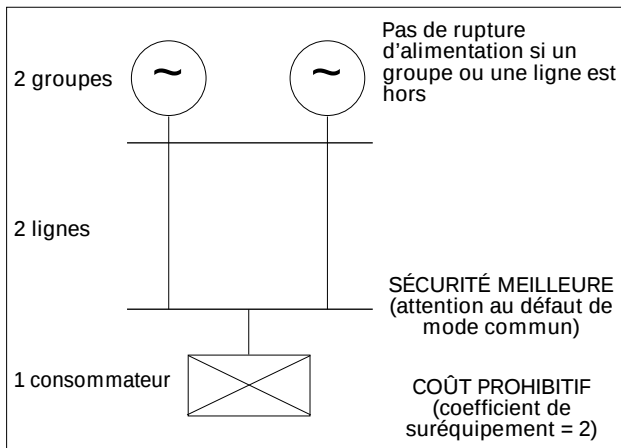


Figure 3.37: Interconnexion de niveau 2.

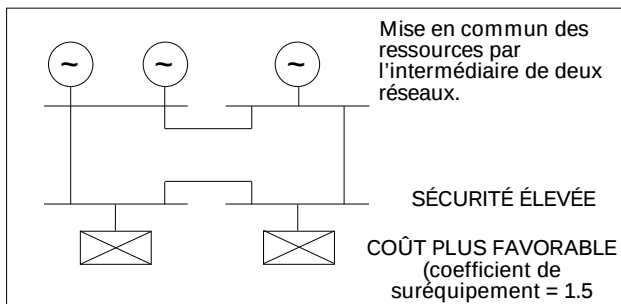


Figure 3.38: Interconnexion de niveau 3.

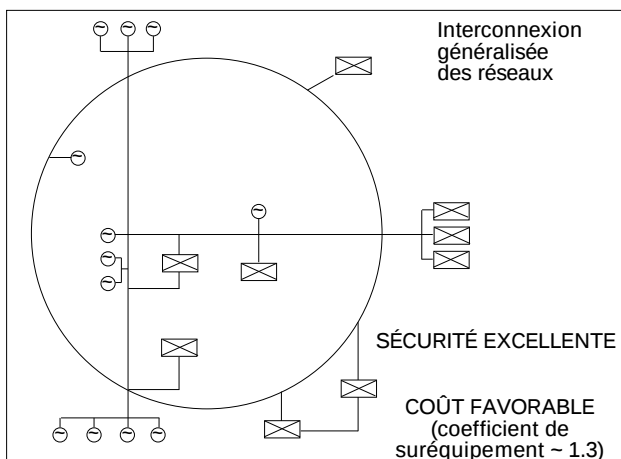


Figure 3.39: Interconnexion de niveau 4.

Les réseaux

Structure des grands réseaux électriques
Les grands réseaux électriques de transport doivent garantir une alimentation sûre et économe.

Le transport est la tâche la plus évidente; il s'agit de relier les usines productrices aux centres consommateurs d'électricité.

Les réseaux interconnectés modernes permettent le secours entre sociétés, dans toute l'Europe, en cas de défaillance d'un élément du réseau.

Les réseaux doivent également satisfaire à un critère d'économie. Dans ce contexte, il faut assurer la sécurité du transport avec le moins de lignes possibles, maintenir les pertes au niveau le plus bas possible, et permettre d'engager en tout temps les centrales dont les coûts de production sont les plus avantageux.

Les interconnexions

Les quatre figures (3.36 à 3.39.) illustrent, de manière schématique, le développement de l'idée d'interconnexion. On constate que la densification et le maillage du réseau permettent une substantielle économie de moyens, tout en conservant une excellente sécurité. La figure 3.35. donne une idée, quoique très simplifiée, de la situation en Europe. On remarque des régions fortement productrices (à gauche sur le dessin), et d'autres fortement consommatrices (à droite sur le dessin) et un rapport de 12 à 9 (environ 1,3), entre la puissance de production et la puissance maximale consommée. De plus, si l'on se souvient que les centrales de production sont de types très divers (hydraulique, thermique à flamme ou nucléaire), on conçoit aisément que le réseau interconnecté permet en tout temps l'engagement des moyens de production dont les coûts sont le plus avantageux à ce moment.

Exploitation

Fonctionnement du réseau

Le fonctionnement du réseau est caractérisé par ses deux paramètres fondamentaux, la fréquence et la tension.

La tension dominante dans le réseau interconnecté européen est 380 kV; la tension de 220 kV est encore largement utilisée (par exemple en Suisse romande), mais elle tend progressivement à devenir

une tension de répartition et à être remplacée, pour l'interconnexion, par le 380 kV. Sans entrer dans des détails techniques, disons que le niveau de la tension en différents points du réseau (ce que l'on appelle le «plan de tension») est étroitement lié à la production et à la consommation d'énergie réactive. Les alternateurs des centrales, les transformateurs, les lignes et les consommateurs peuvent être producteurs ou consommateurs d'énergie réactive. Il n'est pas possible de piloter la consommation ou la production d'énergie réactive des lignes et, sauf cas particuliers, des consommateurs; par contre, on peut agir sur les alternateurs et sur le rapport de transformation des transformateurs pour maintenir une tension uniforme sur l'ensemble du réseau.

En théorie, le réglage de la fréquence ne pose pas de problème particulier: lorsque la fréquence diminue, il suffit d'augmenter la production d'une usine, et inversement, jusqu'à ce que l'équilibre entre la production et la consommation soit rétabli. Lorsque les réseaux de plusieurs sociétés sont interconnectés, il faut en plus s'assurer que la puissance supplémentaire produite (en cas de baisse de fréquence), le soit dans le réseau dont la consommation a augmenté. Toutefois, si la baisse de la fréquence est provoquée par la défaillance soudaine d'une grande unité de production (par exemple une centrale nucléaire), l'exploitant de ce réseau sera bien incapable d'assurer par ses propres moyens le remplacement de la puissance manquante. Pour cela, les exploitants de réseau disposent d'un outil en tout point remarquable, le régulateur fréquence-puissance qui permet:

- d'assurer la stabilité de la fréquence par une participation au réglage de toutes les sociétés raccordées au réseau interconnecté. Ceci est particulièrement important en cas d'incident entraînant une forte baisse de production chez un des partenaires du réseau,
- de maintenir, à une valeur de consigne, la puissance échangée par le réseau avec chacun de ses réseaux voisins.

Comportement physique du réseau

On croit souvent que, si le réseau A vend 100 MW au réseau B, les lignes reliant ces deux réseaux doivent se charger pour 100 MW. Ceci est inexact dans le réseau interconnecté. En effet, dans un tel réseau, les puissances transitées par chaque ligne dépendent exclusivement des facteurs suivants:

- caractéristiques physiques du réseau (impédance des lignes et des transformateurs, etc.),

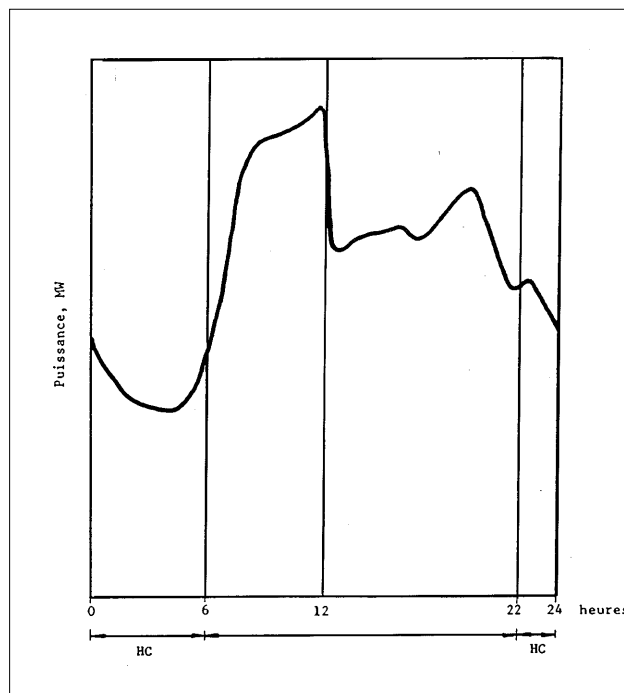


Figure 3.40: Courbe de charge d'un réseau électrique lors d'un jour ouvrable (consommation).

HC: Heures dites «creuses». HP: Heures dites «de pointes».

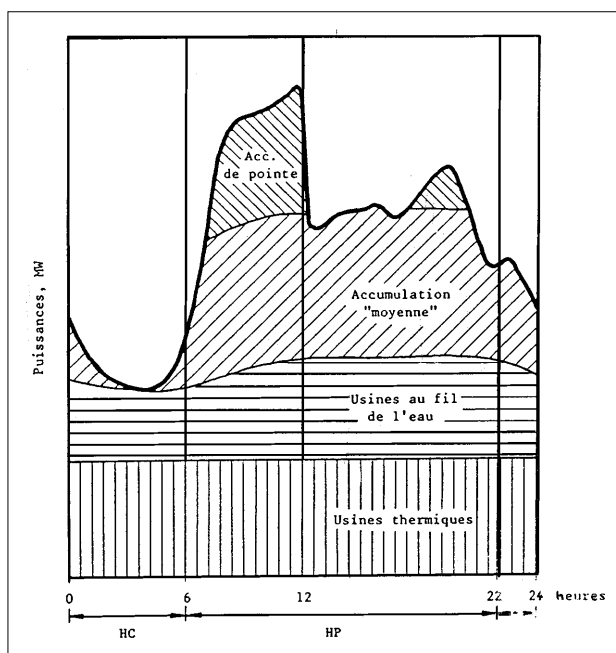


Figure 3.41: Couverture de la charge d'un réseau électrique d'un jour ouvrable par divers producteurs utilisés au mieux.

- emplacement et intensité des injecteurs (production) et soutirages (consommation) dans les différents points du réseau.

De ce fait, les lignes reliant A et B peuvent se charger de beaucoup plus ou beaucoup moins que 100 MW, les autres lignes du réseau participant également à l'échange.

Cette «indiscipline» des flux d'énergie par rapport aux contrats n'est pas un mal, bien au contraire. En effet, le régulateur fréquence-puissance du réseau A va s'assurer que le réseau est bel et bien exportateur de 100 MW, et le régulateur du réseau B s'assurera que ce dernier est importateur de 100 MW; le contrat est donc rempli. De plus, les lois

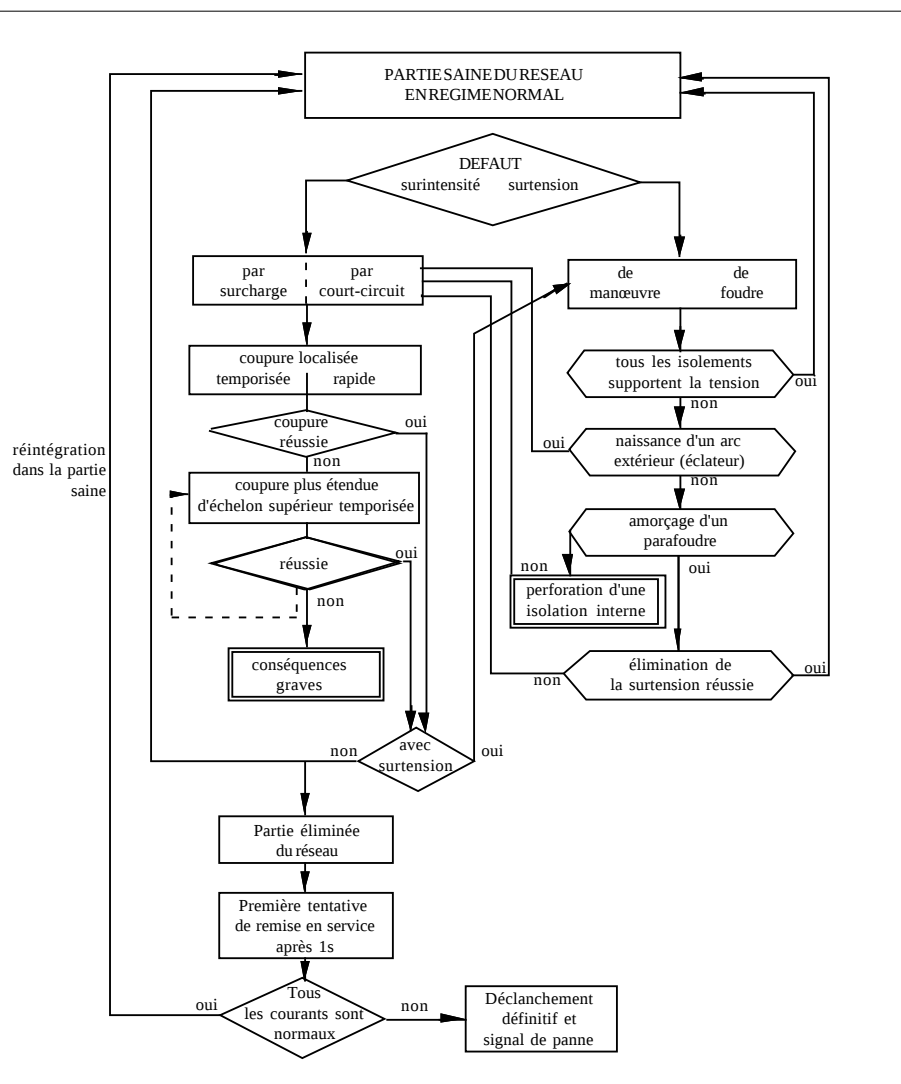


Figure 3.42: Organigramme de fonctionnement d'un système de protection de circuit électrique.

de l'électrotechnique montrent que le courant comme les flux des autres réseaux, se répartit dans le réseau de manière à provoquer les pertes les plus faibles possibles; en d'autres termes, la puissance cherche les chemins dont l'impédance est la plus faible, tout comme dans un réseau d'eau, l'eau cherche le trajet à moindre perte de charge.

Cette façon très «ouverte» de procéder, le réseau étant conçu comme une entité mise à disposition de tous les exploitants, présente donc les avantages suivants:

- liberté très grande des échanges, permettant en tout temps d'utiliser les moyen de production les plus appropriés,
- secours quasiment instantané assuré entre les diverses sociétés par le réglage fréquence-puissance,
- grande sécurité due au maillage du réseau,
- minimisation des pertes.

Stockage de l'électricité

Si l'électricité se laisse facilement transporter ou transformer en énergie utile, elle présente par contre le désavantage de ne pas pouvoir être stockée comme telle de façon économique et peu encombrante. On peut tout de même la convertir en énergie hydraulique par pompage, et la reconvertir ensuite en énergie électrique en turbinant l'eau pompée à un moment plus favorable (pompage-turbinage).

Pannes

A) Surcharge d'une ligne

L'exploitation du réseau peut cependant, parfois, présenter des difficultés. Si, par exemple, une ligne vient à être surchargée, il n'existe pas de moyen direct pour diminuer cette surcharge. Les mesures possibles sont de deux ordres. D'une part, on peut procéder à des débouclages de réseau, en créant des cheminements d'impédance plus élevée, forçant ainsi la puissance à transiter en plus grande quantité par d'autres lignes de réseau; d'autre part, certains types de transformateurs permettent le contrôle de la puissance active transitée, par ce qu'on appelle un réglage transversal. Toutefois, selon l'évolution des charges, de telle mesures peuvent devenir insuffisantes et il devient alors impératif de construire de nouvelles lignes dans les zones surchargées.

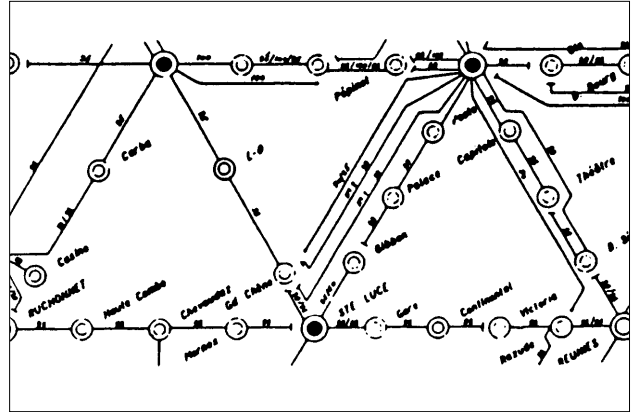


Figure 3.43: Schématique triangulaire.

B) Court-circuit

Il peut arriver que dans une installation de distribution d'énergie l'un des conducteurs sous tension se trouve accidentellement mis en contact avec un autre conducteur se trouvant à un potentiel différent ou avec le sol.

Citons deux appareils permettant de couper des courants de court-circuit :

- le coupe-circuit à fusible,
- le disjoncteur à haut pouvoir de coupure.

Le courant de court-circuit maximum qui risque de se produire en un endroit donné du réseau dépend uniquement des éléments placés en amont du défaut d'isolation, c'est-à-dire entre la source d'énergie et le défaut.

Les principaux éléments qui limitent les courants de court-circuit sont :

- les transformateurs, grâce aux réactances de fuite;
- les lignes longues, grâce à leur inductance.

Tarification

Principes de tarification de l'électricité

Toute la chaîne de production, de transport et de distribution doit être conçue pour satisfaire les pointes de la demande. On conçoit aisément que le coût de la fourniture d'un kWh soit très dépendant de la période (pointe ou creux de la demande) pendant laquelle il est appelé.

Pour satisfaire la demande d'électricité, il existe une grande variété de moyens de production avec des caractéristiques technico-économiques très différentes. Pensons aux ouvrages à accumulation pour lesquels les investissements sont très élevés mais le coût proportionnel pratiquement nul, et à l'autre extrémité aux turbines à gaz où le combustible peut être un poste très important du prix de revient.

La forme de la demande d'électricité (ou plus précisément de la courbe de puissances classées annuelles de la consommation) va déterminer la composition optimale de ce parc et avec une incidence majeure sur les coûts moyens de production. Le transport et la distribution nécessitent aussi des investissements très importants. C'est en agrégeant les demandes élémentaires que l'on détermine le dimensionnement du réseau. Le coût de distribu-

tion d'une demande supplémentaire sera conditionné par sa participation à la pointe du réseau de distribution (investissements supplémentaires ou pas).

Les tarifs ont un impact très important sur la demande, c'est-à-dire qu'une grande part des clients orientera sa consommation en fonction des prix de fournitures. Le distributeur peut donc en tirer profit pour agir sur la forme de courbe de charge et par conséquent sur le coût total de production et de distribution de l'électricité.

La tarification permet donc d'orienter au mieux la demande.

Pour ceci, il faut tenir compte des deux principes fondamentaux :

- Le premier, l'égalité de traitement, signifie que tous les clients ayant les mêmes caractéristiques d'utilisation payent le même prix, ou se voient offrir les mêmes opportunités tarifaires. Ce principe autorise de fortes différenciations tarifaires, selon l'importance ou la nature des services (fournitures en HT, MT ou BT).
- Le deuxième, l'efficacité économique, implique de répercuter sur chaque client les coûts que ce dernier occasionne dans le système électrique. En fonction de ce coût, explicité par le tarif, chacun des clients décide de façon libre et décentralisée s'il maintient sa demande, ou s'il la modifie. Ainsi, l'efficacité économique est assurée puisqu'alors aucune production de coût supérieur à la valeur qui lui est reconnue par les consommateurs n'est engagée.

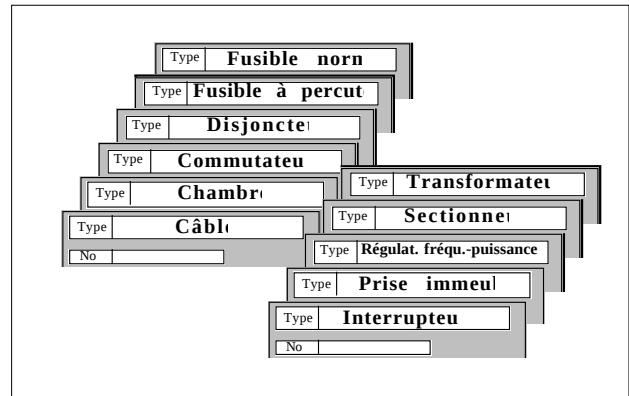


Figure 3.44: Organisation des données de composants d'un réseau électrique sous forme de fiches.

3.6 Le réseau PTT

Statut des PTT

La loi fédérale réglant la correspondance télégraphique et téléphonique (du 14 octobre 1922) a été adoptée par l'assemblée fédérale de la Confédération suisse en exécution de l'article 36 de la Constitution fédérale suite au message du Conseil fédéral du 6 juin 1921. Cette assemblée arrête dans les dispositions générales, entre autres, l'article premier qui fixe la régie des télégraphes et des téléphones toujours en vigueur à ce jour.

Il a la teneur suivante:

«L'Entreprise des postes, téléphones et télégraphes a le droit exclusif d'établir et d'exploiter des installations expéditrices et réceptrices ou des installations de n'importe quelle nature servant à la transmission électrique ou radioélectrique de signaux, d'images ou de sons.»

Tâches générales des directions des télécommunications

Il incombe aux directions des télécommunications (DT) d'assurer l'exploitation dans leur circonscription, en particulier d'ordonner les mesures d'organisation appropriées et de surveiller leur application, ainsi que de préparer et d'utiliser les moyens nécessaires dans le domaine du personnel, de la technique, des locaux et des transports, par une planification régulière des secteurs technique, d'exploitation et du personnel.

Elles veillent à une organisation économique de l'exploitation, à la construction et l'agrandissement en temps utile des bâtiments abritant les installations techniques et prennent les mesures adéquates en cas d'urgence et de catastrophe.

Elles servent en outre de centre d'information et de consultation, ainsi que de service de réclamation pour la clientèle des télécommunications de l'arrondissement.

Elles accomplissent ces tâches de leur propre compétence et conformément aux directives et instructions que leur donnent les services de la Direction générale en vertu du règlement sur l'organisation et les attributions.

*«Dans toute la Suisse, les postes et les télégraphes sont du domaine fédéral.
Le produit des postes et des télégraphes appartient à la caisse fédérale. Les tarifs seront fixés d'après les mêmes principes et aussi équitablement que possible dans toutes les parties de la Suisse. L'inviolabilité du secret des lettres et des télégrammes est garantie.»*

Art. 36 de la Constitution Fédérale.

«L'entreprise des PTT construit les câbles à sa charge, dans un délai rationnel, en disposant du passage gratuit chez l'abonné.»

Loi sur les Télégraphes et Téléphones (LTT).

«Les PTT ont le droit de disposer gratuitement du domaine public pour établir les lignes téléphoniques aériennes et souterraines, de même ont droit de faire passer des fils téléphoniques au-dessus des propriétés privées au cas où ils ne nuisent pas à l'usage du fond.»

Loi sur les Installations Electriques (LTE).

*«Avant l'établissement des lignes, les PTT devront s'entendre avec les autorités et particuliers intéressés (LIE).
De même, ils veilleront à la sauvegarde de la nature (Loi sur la Protection de la Nature)...
...et à la conservation des forêts (Loi sur les Forêts).»*

*Enlèvement des obstacles:
dans les nouvelles constructions, le requérant aura
soin de faire exécuter les travaux d'infrastructure...
La même règle s'appliquera aux travaux d'entretien et
à la réparation des dérangements.*

*Travaux de maçonnerie:
en cas de raccordement par ligne souterraine, tous les
travaux de maçonnerie et de façon de gaine effectués
jusqu'à et y compris l'armoire de commutation sont à
la charge du maître de l'ouvrage (frais de main-
d'œuvre, de matériel et d'aménagement).*

Utilisation du terrain du requérant (B103 – 121).*

*L'entreprise des PTT a le droit d'utiliser gratuitement
l'espace libre au-dessus des propriétés, pour les lignes
de raccordement. Mais si le propriétaire du terrain tra-
versé par la ligne de raccordement d'une tierce per-
sonne prend des dispositions qui nécessitent l'enlève-
ment définitif ou temporaire de cette ligne, les frais de
transformation sont à la charge de l'Entreprise des PTT
(d'après l'article 6 de la loi sur les Installations Elec-
triques).*

*Quand une ligne établie en vertu d'un arrangement
pour droit de passage doit être déplacée, les frais sont,
de façon générale, à la charge des PTT.
Cependant, les constructions de lignes entraînant un
coût d'établissement particulièrement élevé sont
réglées par les articles du B103 – 1251, qui prévoient
aussi et dans une équitable mesure une participation
de l'abonné aux frais de construction.*

Utilisation des terrains d'autrui (B103 – 122).*

**B103: Prescriptions particulières aux services d'administration
et d'exploitation.*

Les échanges avec les partenaires

La mensuration cadastrale

Les dix-sept DT de la Suisse comptent en tout 100 000 plans de situation sur lesquels sont reportés les installations de télécommunications. Les plans cadastraux sont repris de la mensuration cadastrale (géomètres) de la DT concernée. Régulièrement, des mises à jour sont effectuées, sur la base des mutations du géomètre.

Canton, communes, entreprises et privés

Les personnes morales ou physiques qui désirent construire ou transformer un bâtiment sont tenues de le faire savoir publiquement par l'intermédiaire du bulletin officiel cantonal. En principe, les DT suivent ces publications et, dans certains cas, écrivent à l'intéressé pour lui demander un plan de situation, afin de reporter ces informations sur les plans, en tant que projet. Certaines communes informent automatiquement les entreprises gestionnaires (PTT, SI, ...) de leurs mises à l'enquête.

Cependant, chacun est responsable des travaux qu'il entreprend et est donc tenu de se renseigner auprès de la DT afin de connaître les éventuels câbles ou canalisations que le sous-sol renferme. Il prendra contact avec la division des Réseaux de Lignes de sa circonscription et se fera remettre un extrait de plan de situation concerné à l'échelle 1:500 ou 1:1000. Dans le cas où une installation entraverait les travaux, les PTT la déplaceront à leurs frais. Par contre, tout dommage causé par l'entrepreneur à une installation téléphonique sera à son entière responsabilité, et les frais qui en découleront, tant au niveau de la réparation proprement dite qu'au niveau des pertes de conversation, seront à sa charge.

Planification des travaux

La DT et l'Etat

Sur la base du bulletin officiel, dans lequel l'Etat fait paraître la liste des travaux prévus dans le courant de l'année, la DT peut préparer, dans la mesure du possible, un programme commun puis entre en contact avec l'Etat pour planifier les travaux de génie civil que les nouvelles constructions ou les entretiens imposeront.

La DT et les communes

Dans l'organisation de la DT, c'est la division des Réseaux de Lignes qui s'occupe des installations

des lignes aériennes et souterraines. Ses ingénieurs sont en contact permanent avec les communes et les commissions de coordination et planifient avec eux les travaux nécessaires aux extensions de canalisations ou aux ouvertures de fouilles. Les remises en état, et plus spécialement les poses de tapis, doivent être coordonnées par les divers services concernés.

Gestion informatique des plans: GRAPHICO

Dès 1988, les premières DT de Suisse ont été équipées de moyens informatiques pour gérer leurs plans. La direction générale des PTT a développé le programme *GRAFICO* (*GRAFisches Interaktives Informationssystem mit COmputer – système infographique interactif géré par ordinateur*), basé sur la norme REMO (Réforme de la Mensuration Officielle).

Rationalisation, contraintes extérieures
 Deux groupes de besoins ont motivé l'introduction de *GRAFICO* (figure 3.45); ce sont:

- les exigences internes des PTT,
- et
- les contraintes extérieures.

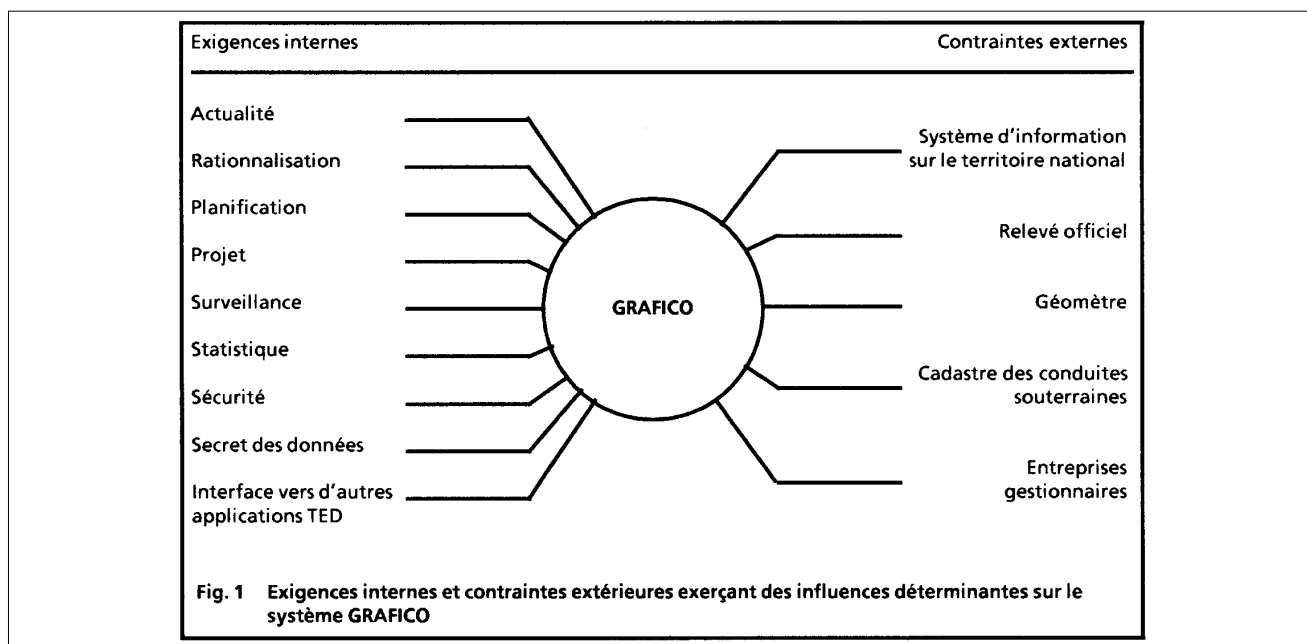


Figure 3.45: Exigences internes et contraintes extérieures exerçant des influences déterminantes sur le système *GRAFICO*.

Sur le plan interne, les PTT accordent la priorité aux projets de rationalisation. En effet, toute entreprise soucieuse de rester concurrentielle doit disposer de documents d'une qualité toujours meilleure à intervalles de plus en plus brefs. Les PTT se sont dès lors efforcés de développer des solutions optimales, capables d'assurer un échange d'informations sans lacunes entre les partenaires (Etat, communes, entrepreneurs, privés). Il s'agissait en particulier de veiller à ce que les méthodes de travail soient compatibles.

Interfaces

Seul un concept clair et sans lacune permet aux spécialistes de satisfaire aux nombreuses exigences en matière d'échange de données, de sorte que cette transaction puisse se dérouler intégralement et sans aucune perte. C'est à cet effet qu'a été définie l'interface de mensuration officielle (IMO).

Cette interface sera une norme pour l'échange d'informations; elle spécifie donc les caractéristiques imposées aux fournisseurs de logiciels et de matériel (figure 3.46).

Bien que la banque de données soit la partie la plus importante pour les PTT, c'est sans doute la partie graphique qui intéressera le plus les partenaires des DT. Le fond cadastral, aujourd'hui déjà, peut être repris de la mensuration officielle directement à partir d'un support informatique. Actuellement, les installations des PTT sont reportées sur le cadastre par digitalisation.

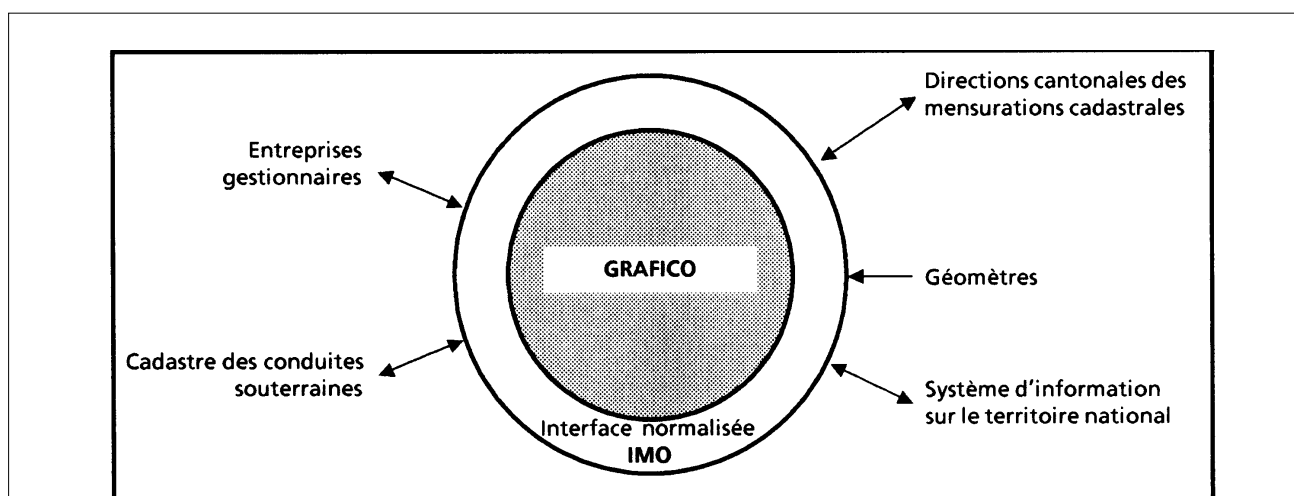


Figure 3.46: Echange de données avec des tiers ou reprise de données de tiers.

On entrevoit déjà cependant la possibilité de confier cette opération aux lecteurs optoélectroniques (scanner), pour ne laisser aux collaborateurs des services PTT que l'établissement des projets et les mises à jour des installations, les mutations au niveau cadastral pouvant être garanties par les géomètres, à l'avenir, via le réseau téléphonique. Avec ce système, les plans remis aujourd'hui aux partenaires des PTT sont toujours sur support papier, mais dans un prochain avenir, ils pourront l'être par le biais du câble ou des ondes hertziennes.

Banque de données

La banque de données revêt une importance primordiale pour le projet GRAFICO. Outre les données purement graphiques, il est nécessaire de gérer une quantité considérable de données alphanumériques. Les données graphiques englobent deux recueils de plans, les plans de situation et les plans schématiques, qui ne coïncident pas exactement du point de vue géographique. La combinaison de ces deux types de plans est assurée par les données alphanumériques.

Deux exigences sont primordiales, lorsqu'on utilise une banque de données, à savoir :

- la brièveté des temps de réponse,
- et
- la souplesse.

Du point de vue technique, il est impératif de prendre en considération :

- la sécurité,
- l'absence de redondance,
- la concentration.

A l'intérieur d'un réseau local, aucune limitation géographique ou de plan cadre n'entrave la gestion des données. Les données graphiques sont groupées par couches, aux fins d'un établissement automatique de plans sélectifs et généralisés. Les données alphanumériques sont affichées ou imprimées selon la méthode «Query-Language», qui permet d'établir des requêtes particulières.

Les combinaisons entre les données du plan schématique et celles du plan de situation sont fondées sur l'identification des éléments de l'installation. Dans GRAFICO, le tracé des conduites passant par tous les éléments de l'installation d'un raccordement d'abonné jusqu'au central doit être automatiquement indiqué sur le plan de situation et sur le plan schématique.

3.7 Le télé-réseau

Commencée vers les années 1960, la télédistribution a pris en Suisse un essor continu et, en 1991, ce ne sont pas moins de 1878 réseaux qui sont en fonction, représentant un peu plus d'un million huit cent mille abonnés.

On peut dire aujourd'hui que toutes les grandes villes ou même toutes les grandes agglomérations de plus de 2 à 3000 habitants sont câblées.

Dans le canton de Vaud en 1990 plus de 76% des ménages étaient raccordés au câble, mais 50% des communes seulement disposent d'un réseau de télévision câblé.

Les grandes agglomérations étant déjà pratiquement toutes câblées, c'est pour les petites communes qu'il est nécessaire de trouver des solutions économiques.

En effet, l'expérience nous montrent que si une prise en zone urbaine coûte entre 1000 et 1200 francs, voire beaucoup moins dans les zones à haute densité, il faut compter entre 3500 et 6000 francs pour les petites communes rurales.

Les différents types de réseaux

Si, dans leur début, les réseaux étaient prévus pour la transmission de 6 programmes dont la fréquence se limitait aux alentours de 230 MHz, en 1975, ils possédaient déjà une capacité de 20 programmes et une bande passante de l'ordre de 300 MHz.

Le standard de fréquence 860 MHz qui apparaît actuellement du fait de l'utilisation de la technologie optique permettra de transporter en direct la plage complète de fréquences pouvant être reçues par les téléviseurs.

Un standard qui a tendance à se dessiner pour les anciens réseaux qui ne pourront pas être convertis à 860 MHz sans des frais énormes, représentés par le changement de la quasi totalité des câbles, des amplificateurs, ainsi que de tous les éléments passifs du réseau, est la transmission d'une plage de fréquence limitée à 600 MHz.

De tels réseaux, s'ils sont bien conçus, peuvent transporter un maximum de 40 à 50 programmes TV et de radios en utilisant la plage de fréquences

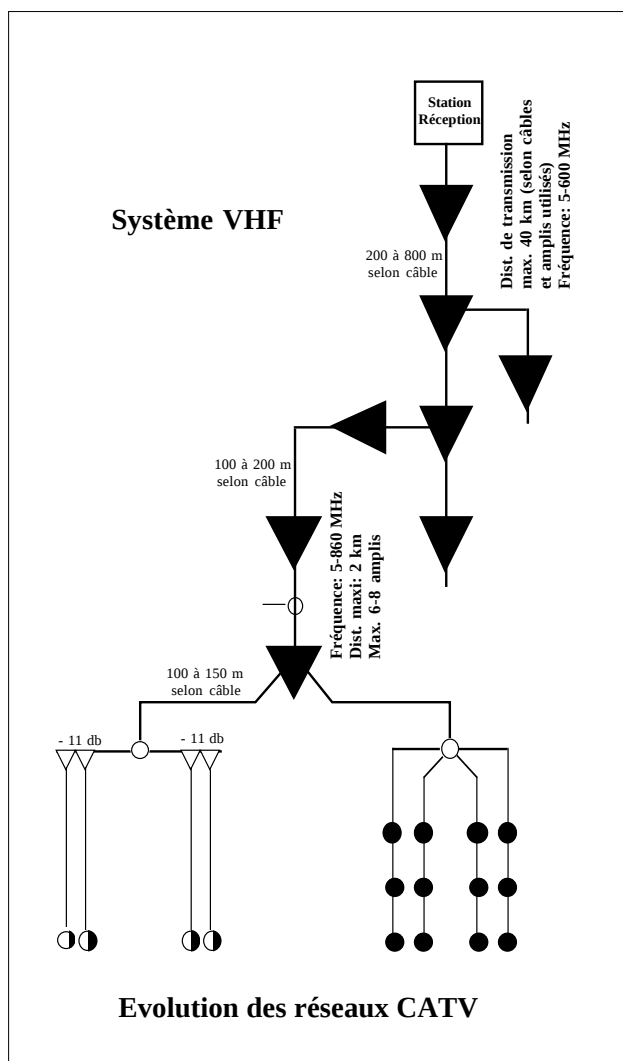


Figure 3.47: Le système VHF.

comprise entre 300 et 450 MHz, qu'à ce jour la plupart des téléviseurs anciens ne peuvent recevoir.

Les réseaux VHF

Les réseaux de télédistribution VHF, conçus il y a quelques années déjà, l'étaient principalement sur la technique des réseaux arborescents.

Ces réseaux étaient et sont toujours composés des éléments suivants :

- d'une station de réception ou station de tête,
- d'un réseau de transport ou réseau primaire,
- d'un réseau secondaire dérivé du réseau primaire,
- d'un réseau de distribution ou réseau tertiaire.

La station de tête

Il s'agit, depuis une station de tête située généralement à un endroit où la réception est bonne, de transporter les signaux le plus loin possible, sans détérioration remarquable de la qualité de l'image et du son. De cette station on capte et on traite les différents programmes reçus soit en direct, soit par satellites, soit par le réseau d'apport par faisceaux hertziens pour antennes collectives des PTT, appelé réseau LAC.

On y effectue les transcodages de standards nécessaires, comme par exemple du système SECAM français en PAL, qui est le système utilisé en Suisse ou, actuellement, du système D2-MAC, qui devrait devenir le précurseur de la télévision à haute définition, mais pour lequel il n'existe pratiquement pas de récepteur, et qui, de ce fait, est converti en PAL afin que chacun puisse au moins le recevoir.

Ce standard D2-MAC est, par contre, généralement transmis également en version originale afin que les téléspectateurs qui feront les frais d'un nouveau récepteur D2-MAC avec écran au format 16/9 puissent bénéficier des avantages du standard haute définition.

C'est également depuis la station de tête que l'on injecte les programmes locaux en télétexte ou en vidéo et le programme météo. On y traite également les programmes radio, qu'ils soient reçus par le réseau LAC PTT ou directement sur place; on pourra y injecter aussi des programmes nouveaux en radio digitale.

Suivant l'importance du réseau et le nombre d'abonnés qu'elle dessert, la station de tête dispose d'une plus ou moins bonne redondance, voire un

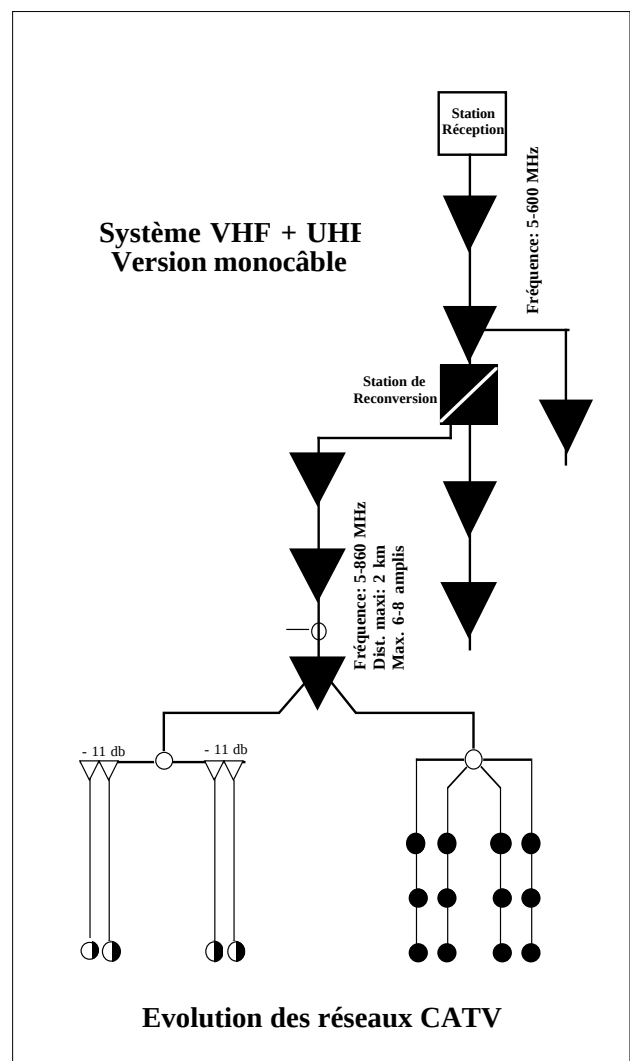


Figure 3.48: Le système VHF-UHF.

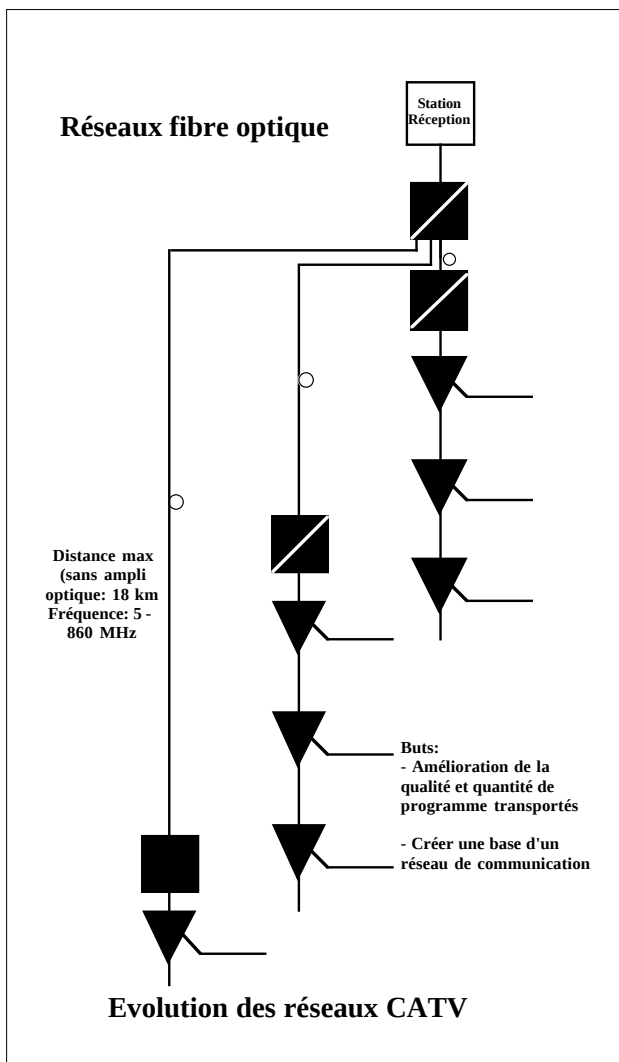


Figure 3.49: Le système fibre optique.

doublage complet des équipements de réception et, dans la mesure du possible, la réception d'un même programme par deux émetteurs différents.

Suivant son éloignement de la commune ou des communes à desservir, elle sera également autonome au niveau énergie ou, du moins, pour une durée suffisante à éviter toute interruption intempestive de la réception.

C'est à la station de tête qu'aboutissent et partent les systèmes de contrôle du réseau et d'alarme du service de piquet.

Le réseau primaire

De la station de tête, les signaux sont transportés dans ce que nous appelons le réseau de transport ou réseau primaire.

Ce réseau est généralement construit en câble coaxial dont la dimension dépend de la distance à parcourir et des pertes de transport envisagées.

Chaque fois qu'il est nécessaire, le niveau du signal est réamplifié par un amplificateur large bande, destiné à compenser les pertes de niveaux que les signaux ont subies dans le transport.

La «cascadabilité», c'est-à-dire le nombre d'amplificateurs que l'on peut mettre l'un derrière l'autre, dépend essentiellement et exclusivement de la qualité de ces derniers.

Les distorsions infligées aux signaux durant leur transport sont:

- le bruit généré par les amplificateurs;
- les problèmes d'inter-modulation fonctions du nombre de programmes, du nombre d'amplificateurs en cascade, des niveaux de travail des amplificateurs.

Sur le réseau primaire lui-même, il n'est en général pas fait de dérives, les amplificateurs du réseau primaire étant utilisés pour cela.

Le réseau secondaire

Du réseau primaire est dérivé le réseau secondaire, qui transporte les signaux dans un rayon d'environ 400 mètres autour de l'amplificateur primaire.

Ces amplificateurs comptent bien entendu également dans le calcul de la cascade du réseau.

Le réseau tertiaire

Sur le réseau secondaire, on trouve les amplificateurs du réseau de distribution, ou réseau tertiaire.

Ce réseau est celui qui achemine les signaux jusqu'à la prise de l'abonné.

En général, la participation du télédistributeur s'arrête à l'introduction du réseau de distribution à l'intérieur de l'immeuble. Le raccordement des installations d'abonnés sur ce réseau est du ressort du propriétaire de l'immeuble.

Les réseaux VHF + UHF

Les systèmes VHF + UHF sont construits sur une base très voisine du système VHF décrit précédemment, à la différence qu'à la sortie de chaque amplificateur primaire, desservant une zone de 1 à 2 kilomètres de rayon en campagne ou de 500 mètres à 1 kilomètre en ville, on place une station de reconversion. Son but est de laisser passer les signaux transmis sur les fréquences qui peuvent être reçues directement par les téléviseurs et de convertir sur les fréquences UHF supérieures les programmes transmis en canaux S ou canaux S hyper-bandes que la plupart des récepteurs ne peuvent recevoir.

Ceci permet la réalisation de réseaux de télédistribution de grandes dimensions, distribuant chez l'abonné, avec une qualité parfaite, un minimum de 60 programmes.

Ce type de réseau est d'autre part adaptable à un système évolutif utilisant la fibre optique en guise de réseau de transport.

Les réseaux optiques

Aujourd'hui, afin d'améliorer la qualité et d'augmenter le nombre de programmes, on tend à scinder les grandes lignes primaires en segments de trois à six amplificateurs et on alimente chacun de ces segments par une liaison optique depuis le point de fourniture des signaux.

La récente mise sur le marché d'amplificateurs optiques permet, d'une part, de transporter les signaux à des fréquences de 860 MHz sur des distances dépassant les 50 kilomètres, d'autre part, par des systèmes de couplages optiques, d'alimenter toute une série de récepteurs optiques par un seul et même émetteur.

- Le principal avantage de la fibre optique est sa très faible perte. Son atténuation est 100 fois

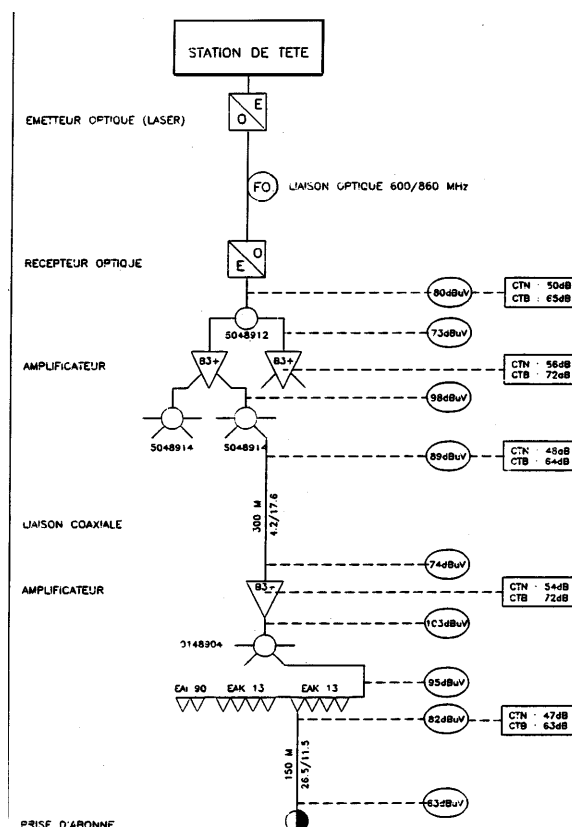


Figure 3.50: Réseau de communication large bande.

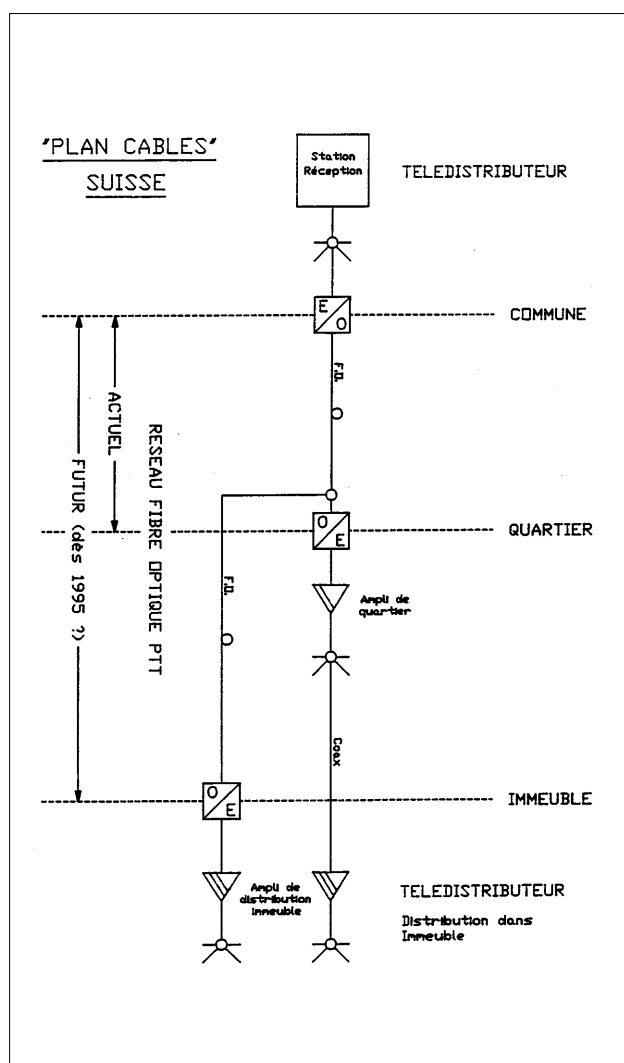


Figure 3.51: «Plan câble suisse».

inférieure à celle d'un câble coaxial de plus de 2 cm de diamètre. Les signaux transmis dans une plage de fréquence extrêmement large ne subissent que peu de distorsions.

- Un autre de ses grands avantages, qui la prédispose à des utilisations en milieux perturbés, est son insensibilité aux parasites.
- Enfin, lorsqu'on doit la tirer dans des tubes ou caniveaux déjà encombrés, elle ne présente qu'un faible encombrement.

Du côté des inconvénients, on relèvera :

- Le coût élevé des équipements terminaux limite encore son utilisation mais, du fait de l'accroissement de la demande, ce coût diminue très fortement de mois en mois.
- La fibre optique, en verre, est fragile. Elle se prête très mal à de faibles rayons de courbure et l'on doit veiller à ne pas exercer de fortes tractions lors de son tirage.
- Les raccords se font par soudure, nécessitant aujourd'hui encore un équipement quelque peu encombrant. On peut l'équiper de connecteurs, mais ces derniers représentant une perte importante ne peuvent pas être multipliés dans la liaison.
- Enfin – un point qui n'est pas négligeable pour la télédistribution – la fibre optique ne permet pas la téléalimentation électrique des équipements terminaux, qui doivent, eux, être alimentés sur place.

Les relations PTT-Télé-réseau

L'utilisation intensive de la fibre optique par les PTT dans le réseau interurbain, dans le réseau rural et prochainement dans le réseau urbain, ainsi que la mise à disposition par ces derniers d'une capacité de transport dans les câbles fibre optique, amènent à la réflexion suivante :

Aujourd'hui, il est déjà possible de louer des liaisons fibre optique pour transporter les signaux TV d'une commune à l'autre. Cela deviendra très bientôt possible également pour transporter des signaux à l'intérieur d'une commune, et ceci dans un premier temps pour les communes de grande dimension.

Ainsi l'extension du réseau fibre optique PTT jusqu'à l'abonné, qui devrait se concevoir vers les années 2010-2020, laisse penser que le jour n'est pas loin où il y aura une liaison fibre optique depuis la station de réception jusqu'à l'immeuble.

Dans cette hypothèse, les télédistributeurs ont avantage, dès maintenant, à tenir compte de cette évolution en configurant leur réseau de telle façon à ce qu'il puisse un jour également être utilisé, pourquoi pas, pour la communication vocale et digitale.

Il est en effet quasi certain que les programmes de télévision des années 2010 à 2020 arriveront chez l'abonné non plus par un câble coaxial, mais par la même fibre optique que le téléphone, le fax, les liaisons informatiques, etc.

Ainsi il est raisonnable de recommander d'ores et déjà la construction de réseaux compatibles dans leur forme et leur capacité de transmission, aptes dans le futur à être utilisés en tant que transport de la communication vocale et digitale.

La planification et la gestion du Téléréseau

Aujourd'hui, un réseau de télédistribution n'est plus un luxe. Il va même devenir une nécessité. Il faut pour cela mettre en œuvre de méthodes de construction simples et bon marché.

Au vu de l'importance du coût des travaux de génie civil, il est indispensable que tous les utilisateurs du sous-sol prennent conscience que la télédistribution fait partie du confort de nos habitants, et qu'il est nécessaire de planifier à l'avance une infrastructure de communication intelligente, résolument orientée vers l'avenir, lors de travaux pour d'autres infrastructures communales.

Les outils de la planification

On peut décomposer la construction d'un réseau de télédistribution en trois étapes.

- 1) *Le piquetage*, qui est la reconnaissance des traces possibles sur le terrain, accompagné d'une prise de contact préalable avec les propriétaires du fonds. C'est le travail le plus important, dont dépendra l'économie à la construction.
- 2) *L'ingénierie*, qui consiste à disposer le réseau en fonction des éléments du piquetage, des possibilités du matériel choisi et du choix du client en :
 - nombre de programmes maximum à transmettre,
 - plage de fréquence à transporter,
 - zones à couvrir.

Un réseau construit en technologie coaxiale entièrement enterré est constitué, en coût, de :

- 45% de travaux en génie civil,
- 25% de matériel,
- 30% de main d'œuvre et d'ingénierie.

Ce sera donc par une coordination et des échanges de points de vue avec tous les services concernés que l'on pourra poser les bases intelligentes de l'implantation d'un réseau de télévision par câble, ou réunir les conditions indispensables à la modernisation de réseaux existants.

L'importance du plan directeur

L'expérience a montré que la pose désordonnée de tubes, sans plan directeur, lors de travaux d'infrastructure communaux, était peu rentable, les tubes ainsi posés restant souvent inutilisés lors de la construction d'un réseau de télévision par câble dans la commune.

C'est dans cette phase que l'on réalisera les plans d'exécution ainsi que les documents de mise en soumission, si le projet total n'est pas confié à une entreprise générale.

Pour cette phase, le marché propose des systèmes informatiques de planification de type CAO (Conception Assistée par Ordinateur), prenant en compte les spécifications du matériel choisi et calculant en grandeur réelle les paramètres du réseau au fur et à mesure de son élaboration sur le cadastre numérisé ou simplement «scanné».

Les paramètres importants à calculer à chaque nœud du réseau sont en particulier le rapport signal sur bruit et les produits d'intermodulations du deuxième et du troisième ordre, ainsi que bien évidemment les niveaux disponibles en tout point du réseau. Le logiciel utilisé doit pouvoir effectuer ce calcul.

En ce qui concerne le report des conduites sur le cadastre, le problème est similaire à tous les autres réseaux des infrastructures souterraines (voir chapitre 2).

3) *Les documents techniques* qu'un réseau doit être à même de présenter sont :

- un plan de cadastre avec reports des conduites et des tubes,
- des plans techniques des réseaux :
 - de transport,
 - de distribution,
 - d'installations intérieures.

Il existe des systèmes informatiques qui permettent de faire apparaître sur le cadastre les schémas des équipements contenus dans les armoires de distribution et d'amplification, ainsi que d'autres indications sur le matériel installé. Cela peut être agréable pour des interventions rapides, mais est très souvent peu lisible.

Les plans techniques comportent, eux, une description du matériel utilisé ainsi que des données sur les niveaux de tension à tous les nœuds.

La gestion informatisée

En ce qui concerne les outils de gestion, le marché de l'informatique offre aujourd'hui un certain nombre de programmes de gestion des abonnés, qui incluent également, pour certains d'entre eux, des indications permettant de faciliter la recherche de défauts.

L'introduction des distributions adressables devrait inciter l'exploitant à rechercher des solutions informatiques qui puissent fournir par la suite une

passerelle avec le programme de gestion de ce matériel adressable. On retrouve ici un problème commun à tous les systèmes de gestion d'infrastructures urbaines : la liaison entre banque de données administratives et banque de données techniques.

Câbles ou satellites

Câble ou réception individuelle, telle est la question que beaucoup se posent aujourd'hui. Certains voient dans les satellites la solution à tous les problèmes de communication. Il est vrai que l'Europe et notre pays sont spécialement bien couverts par les émissions de satellites. Une centaine de programmes de télévision différents, codés ou non codés, peuvent être reçus en 1992 par une antenne de satellite individuelle.

Si l'on veut profiter de l'offre des programmes satellites, il est donc nécessaire, dès qu'il y a plus d'un récepteur raccordé sur l'installation, d'avoir plusieurs antennes, de dimensions variables mais au minimum 90 cm, pour assurer une bonne réception, d'où les problèmes esthétiques que ne manquerait pas de poser une telle prolifération d'assiettes en aluminium sur les toits et dans les jardins.

Si, pour les maisons foraines et isolées le satellite est une solution idéale, il est peu probable que, dans un avenir proche, la réception individuelle par satellite devienne un concurrent direct du câble.

Bien au contraire, la tendance actuelle au cryptage des émissions satellite afin de les monnayer, fera converger vers le câble tous les auditeurs et télé-spectateurs qui désireront s'ouvrir sur le monde.

Quel avenir pour le câble ?

L'avenir réservé aux réseaux câblés dépend de la manière dont on rénovera les réseaux anciens et dont on construira les nouveaux réseaux.

Dès aujourd'hui, on peut entrevoir de nouvelles possibilités pour le câble :

- il donne depuis des années déjà, la possibilité de transporter des informations numériques,
- il peut donc aider au relevé des compteurs,
- il peut transporter des signaux de commande,

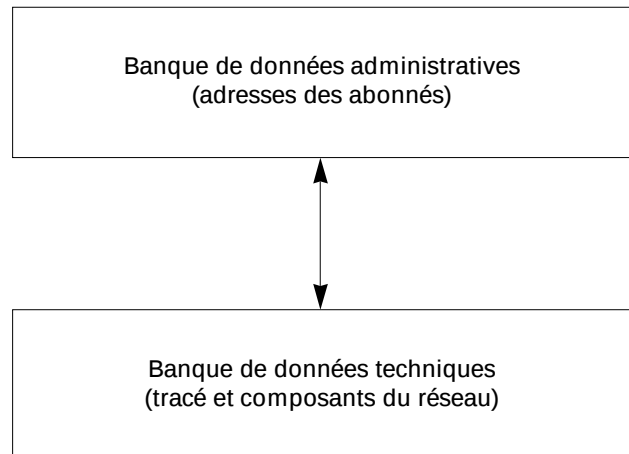


Figure 3.52: En exploitation, dans le cas du télé-réseau comme dans le cas de tous les autres réseaux, une passerelle entre les bases de données doit être assurée pour en faciliter la gestion.

- permettant le transport dans les deux sens, il permet l'interactivité et toutes les cohortes de services qui lui sont liées (télécontrôle, télémessure, etc.).

Il est essentiel que l'on soit conscient, dans les communes, que la télévision fait aujourd'hui partie de l'infrastructure indispensable à la vie d'une communauté et que l'on n'ait pas peur d'envisager des solutions ouvertes sur l'avenir.

4. Gestion des réseaux

4.1	Aménagement du territoire	119
4.1.1	Définition et cadre législatif	119
4.1.2	Objectifs et scénarii	119
4.1.3	Plan d'affectation	121
4.1.4	Equipements	124
4.1.5	Le plan directeur énergétique dans l'aménagement du territoire	127
4.1.6	Conclusion	130

4.2	Plan directeur énergétique	131
4.2.1	Demande d'énergie aujourd'hui et demain	132
4.2.2	Offre d'énergie et solutions possibles	135
4.2.3	Options du plan directeur énergétique	138
4.2.4	Conclusion	138

4.3	Gestion par objectifs	139
4.3.1	Etapas dans la réalisation d'un objectif	139
4.3.2	Coordination des travaux	140
4.3.3	Réalisation des travaux	141
4.3.4	Mise à jour des documents et cadastrage	142

4.4	Dossiers techniques et schématique des réseaux	144
4.4.1	Constitution des dossiers techniques	144
4.4.2	Schématique des réseaux	145

4.5	Projets et extensions	147
4.5.1	Raccordement d'un nouveau bâtiment lors de la construction	147
4.5.2	Raccordement d'un bâtiment déjà existant	148
4.5.3	Rénovation, changement de conduite	148
4.5.4	Extension d'un réseau	150
4.5.5	Travail en collaboration avec la Police municipale et le Canton	150

4.6	Exemple d'application	151
	Projet de rénovation d'un réseau d'eau de boisson : démarche et méthode d'analyse	

4. Gestion des réseaux

4.1 Aménagement du territoire

4.1.1 Définition et cadre législatif

L'aménagement du territoire est entré officiellement dans la législation suisse le 14 septembre 1969 avec la votation de l'article constitutionnel 22 quater.

L'aménagement du territoire avait commencé bien avant cette date. On peut par exemple citer :

- la loi fédérale sur les forêts (1902), loi qui visait à sauvegarder l'aire forestière et qui joue encore aujourd'hui un rôle très important dans l'aménagement du territoire;
- l'assainissement de la plaine du Rhône, au début du siècle, travaux qui ont profondément modifié le visage du Valais, etc.

Par suite d'un concours de circonstances politiques, la première mesure d'aménagement du territoire, entrée en vigueur huit ans avant la LAT, a été la loi sur l'épuration des eaux du 8.10.71 qui restreignait les possibilités de bâtir aux seules zones raccordées aux réseaux d'égout. Cet aménagement par la tuyauterie reste encore aujourd'hui très présent dans les mémoires.

L'aménagement du territoire a cependant des objectifs plus ambitieux : «réaliser une occupation du territoire propre à garantir un développement harmonieux de l'ensemble du pays» en tenant compte des données naturelles et des besoins de la population et de l'économie (art.1 LAT). Il entend :

- protéger les bases naturelles de la vie;
- développer un milieu favorable à l'habitat et au travail;
- favoriser la vie sociale, économique et culturelle;
- promouvoir une décentralisation judicieuse de l'urbanisation et de l'économie;
- garantir les sources d'approvisionnement et la défense du pays.

4.1.2 Objectifs et scénarii

Dans une économie libérale, l'aménagement du territoire ne peut être conçu comme une planification rigide puisque la plus grande partie des initiatives

Base constitutionnelle art. 22 quater

La Confédération édicte par la voie législative des principes applicables aux plans d'aménagement que les cantons seront appelés à établir en vue d'assurer une utilisation judicieuse du sol et une occupation rationnelle du territoire.

Elle encourage et coordonne les efforts des cantons et collabore avec eux.

Elle tient compte, dans l'accomplissement de ses tâches, des besoins de l'aménagement national, régional et local du territoire.

Bases légales

LAT 1979

Loi fédérale sur l'aménagement du territoire

OAT 1989

Ordonnance sur l'aménagement du territoire

LCAT

Lois cantonales d'application

LIM 1979

Loi fédérale sur les investissements en région de montagne

Figure 4.1: Bases légales et constitutionnelles régissant l'aménagement du territoire.

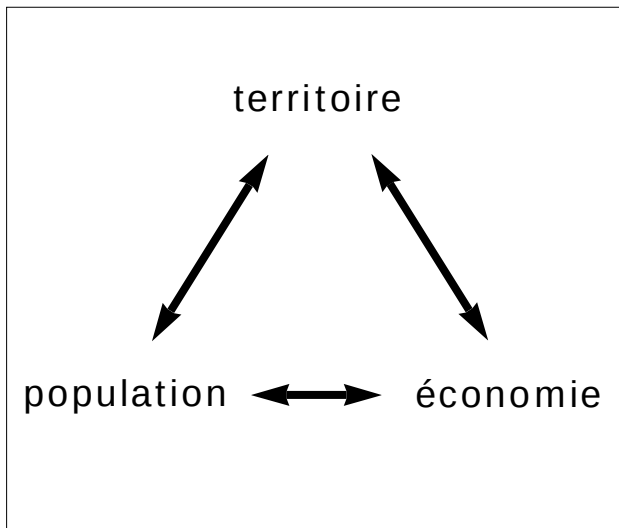


Figure 4.2: Interactions fondamentales déterminant l'aménagement du territoire.

Le principe de l'aménagement du territoire consiste en une direction par objectifs au moyen de mesures incitatives.

est laissée à la libre entreprise. Le principe consiste en une direction par objectifs au moyen de mesures incitatives.

La démarche est conduite selon le schéma suivant :

1. *Catalogue des problèmes* : la première étape consiste à définir l'état de départ et les problèmes qui y sont liés. Cette analyse de situation doit évidemment tenir compte du processus historique qui l'a développée.
2. *Objectifs* : une fois les problèmes posés, on peut proposer des objectifs qui peuvent être quantitatifs ou qualitatifs. Durant les années 1970, dans le sillage des économistes, il était courant de fixer un objectif de croissance, notamment démographique. Il serait tout aussi valable de proposer un objectif de croissance zéro ou même de décroissance, celle-ci pouvant se combiner avec un objectif d'augmentation de la qualité de vie.
3. *Scénarios* : pour la recherche de solution, il y a lieu d'établir différents scénarios ou variantes permettant de cerner les diverses possibilités envisageables.
4. *Evaluation* : les différents scénarios seront suffisamment développés pour pouvoir les comparer. Il est important de bien inventorier toutes les conséquences (impacts) que peuvent engendrer les solutions proposées pour voir si l'objectif de départ peut être atteint dans des conditions acceptables.
5. *Itération* : à tout moment de la démarche, s'il apparaît que les problèmes sont mal posés ou de façon incomplète, que les objectifs sont fixés de façon erronée, que les scénarios sont incomplets ou que les évaluations sont défavorables, il importe de reprendre la démarche au niveau antérieur et de réviser ou de compléter les données du problème.
6. *Décision* : le processus doit préparer l'homme politique à opérer un choix en connaissant les conséquences de l'option choisie. Au besoin il peut compléter les données du problème.
7. *Programme et moyens* : pour concrétiser l'option choisie, il y a lieu de définir un programme des diverses étapes, actions et moyens à mettre en œuvre. Ce programme peut prévoir des interventions directes des pouvoirs publics (affectation du

territoire, construction de bâtiments, de routes, d'infrastructures ...) mais également des mesures indirectes incitatives (subventions, facilités ...) ou coercitives (règlements, taxes, impôts ...).

8. *Contrôle et corrections*: la concrétisation de l'aménagement doit être comparée régulièrement avec le processus imaginé, non seulement au niveau du programme de réalisation, mais également au niveau des scénarios et des objectifs. Lorsqu'un écart se produit, il y a lieu de réévaluer le problème et le cas échéant d'apporter les corrections nécessaires au programme (accélérer, ralentir), aux mesures pour infléchir l'évolution et au besoin de redéfinir le problème.

La démarche d'aménagement ne consiste donc pas à deviner l'avenir mais à analyser les futurs souhaitables et à arrêter le programme pour y parvenir.

Cette démarche est menée parallèlement:

- au niveau cantonal dans les plans directeurs cantonaux;
- au niveau régional dans les plans d'aménagement régionaux ou dans les études LIM ;
- au niveau communal dans les plans d'aménagement locaux.

Elle peut également s'appliquer à des programmes restreints: secteurs énergétiques, trafic, etc.

L'utilisation de l'informatique dans ces études n'est pas encore très répandue. Il est cependant évident que les solutions de recalcul automatique offriront de grandes possibilités pour le traitement des données de base, la mise au point de scénarios, l'évaluation, la mise au point et la gestion des budgets de mise en œuvre.

4.1.3 Plan d'affectation

Sur le plan suisse, les communes doivent définir un plan d'affectation pour l'ensemble de leur territoire (voir LAT art.14 et ss). Ce plan contient:

1. Zone à bâtir: art 15 LAT.
2. Zones agricoles: art. 16 LAT.
3. Zones à protéger: art. 17 LAT.
4. Autres zones et territoires prévues par les législations cantonales: art. 18 LAT.

Zones à bâtir art.15 LAT

Les zones à bâtir comprennent les terrains propres à la construction qui:

- a. sont déjà largement bâtis,
- ou
- b. seront probablement nécessaires à la construction dans les quinze ans à venir et seront équipés dans ce laps de temps.

Figure 4.3: Cadre juridique définissant les zones à bâtir.



Figure 4.4: Aperçu de l'état de l'équipement d'un territoire: zones à bâtir du plan d'affectation.



Figure 4.5: Aperçu de l'état de l'équipement d'un territoire: terrains disponibles pour bâtir.

VEROSSAZ: zones disponibles 30 novembre 1991			
zones	total	disponible	
VV	39469	1723	4%
R3	42637	26152	61%
R2	281413	189991	68%
R1	60933	47085	77%
A	7791	4347	56%
Forêt	2960	0	0%
Talus	11519	0	0%
ZIG	17095	2973	17%
hZIG	35585	0	0%
total habitat	424453	264951	62%
total travail	7791	4347	56%
total zones		périmètre	
zones à bâtir	463818	503841	8%

Figure 4.6: Aperçu de l'état de l'équipement: inventaire des zones disponibles.

5. Zones reportées à titre indicatif, importantes pour l'aménagement mais qui dépendent d'autres législations et procédures:

- zones de forêts,
- zones de danger,
- zones de protection des eaux.

Zone à bâtir

La LAT distingue strictement la zone à bâtir des autres zones, où les constructions ne sont autorisées qu'à titre exceptionnel. Elle prévoit de:

- n'y affecter que les terrains propres à la construction;
- limiter sa surface aux besoins prévisibles de la population (15 ans);
- l'équiper en infrastructures;
- organiser les constructions.

Affectations

La population a besoin de constructions pour habiter, pour travailler, pour se ravitailler et pour se récréer. Ces diverses affectations sont parfois incompatibles, notamment en ce qui concerne les activités, ou nécessitent des infrastructures spéciales, d'où la nécessité de distinguer des zones d'affectation différentes. On distingue ainsi:

- zones d'habitation collectives ou individuelles;
- zones artisanales et industrielles;
- zones de centre et de commerces;
- zones d'équipement et de bâtiments publics;
- zones de résidences secondaires;
- zones mixtes, etc.

Le règlement de construction permet de préciser le caractère des bâtiments autorisés dans chaque zone (hauteur, gabarit, densité, esthétique). Il permet de régler les problèmes de voisinage, d'hygiène et de police du feu en prescrivant les distances aux limites ou entre les bâtiments.

Capacité

La capacité joue un rôle important pour le dimensionnement de la zone affectée à la construction et pour le calcul des infrastructures. En augmentant la densité, on pourrait théoriquement réduire l'emprise des zones à bâtir. L'expérience montre cependant que de trop fortes densités conduisent à des lourds investissements en infrastructures (parking à étages), au report de services à l'extérieur du quartier et à des formes d'habitat qui ne correspondent plus au cadre de vie souhaité. On aboutit donc à des compromis en fonction du caractère désiré.

La capacité est appréciée sur les bases suivantes:

- densité réglementaire selon règlement ou appréciation;
- taux de saturation (ds): différence entre les possibilités théoriques de bâtir et l'utilisation réelle des terrains;
- surface de plancher nécessaire pour habiter: 20 à 50m²;
- surface nécessaire pour travailler: 30 à 200m².

Exemples:

- zones villas:
densité 0,25; saturation 50%; 40m²/hab → 30 hab/ha
- zones immeubles:
densité 0,7; saturation 70%; 30m²/hab → 160 hab/ha.

Structuration

Un règlement de construction ne permet pas d'organiser les constructions. Pour développer une agglomération structurée, il est nécessaire d'utiliser des moyens complémentaires, tels que plans d'alignement, plans de structuration, plans de quartier, etc. qui précisent les modalités d'implantation et au besoin l'architecture des constructions.

Un remembrement du parcellaire en fonction des possibilités de bâtir est souvent souhaitable, ainsi qu'un plan adapté des infrastructures.

Sources d'information

La meilleure base d'analyse pour les constructions est actuellement le plans cadastral assemblé pour obtenir une vue d'ensemble (échelle 1/2000). En plus d'une situation à jour, il est intéressant de disposer de situations antérieures pour pouvoir analyser la manière dont l'agglomération s'est développée.

Un inventaire des bâtiments sur le terrain peut donner des informations importantes sur les matériaux, l'affectation, la hauteur, l'intérêt architectural, etc.

Les logements font l'objet d'une statistique fédérale qui précise les types des bâtiments, la grandeur, la densité d'occupation, l'âge, l'équipement des logements.

Equipement art.19 LAT

1. Un terrain est réputé équipé, lorsqu'il est desservi d'une manière adaptée à l'utilisation prévue par des voies d'accès et par des conduites, auxquelles il est possible de se raccorder sans frais disproportionnés pour l'alimentation en eau et en énergie, ainsi que pour l'évacuation des eaux usées.
2. Les zones à bâtir sont équipées en temps utile par la collectivité intéressée ...

Participation art.19 LAT

2. ... Le droit cantonal règle la participation financière des propriétaires fonciers.
3. Le droit cantonal peut prescrire que les propriétaires fonciers équipent eux mêmes leurs terrains selon les plans approuvés par l'autorité compétente.

Figure 4.7: Equipement et participation: cadre juridique.



Figure 4.8: Aperçu de l'état de l'équipement: secteurs non équipés.

Autorisation de construire art.22 LAT

1. *Aucune construction ou installation ne peut être créée ou transformée sans autorisation de l'autorité compétente.*
2. *L'autorisation est délivrée:*
 - a. *si elle est conforme à l'affectation de la zone;*
 - b. *si le terrain est équipé.*

Figure 4.9: Constructions: cadre juridique.

Aperçu de l'état de l'équipement art.21 OAT

1. *Pour remplir les tâches que le droit fédéral et cantonal leur impose en matière d'équipement, les collectivités publiques établissent un aperçu de l'état de l'équipement.*
2. *L'aperçu présente les parties de la zone à bâtir propres à la construction, compte tenu de l'aménagement et de l'équipement effectués, ou qui pourront vraisemblablement l'être dans les cinq ans, si les travaux effectués se poursuivent conformément au programme établi.*
3. *Les collectivités publiques suivent le développement de la construction, déterminent les réserves d'utilisation dans les territoires déjà largement bâtis et tiennent l'aperçu à jour.*
4. *L'aperçu peut être consulté par chacun.*

Figure 4.10: Aperçu de l'état de l'équipement: cadre juridique.

4.1.4 Equipements

Equipement des terrains

Un terrain est réputé équipé lorsqu'il est desservi d'une manière adaptée à l'utilisation prévue, art.19 LAT:

- Voie d'accès: elle doit être garantie à satisfaction de droit (au moins une servitude de passage) et suffisante pour le type de construction prévu (y compris camions de la voirie, ambulances, ravitaillement, accès handicapés, etc.); utilisable en toute saison (pente).
- Adduction d'eau: l'eau doit être de qualité, en quantité suffisante (réserves suffisantes, pression, réserve incendie). Au besoin, des réseaux différenciés peuvent être envisagés (eau ménagère, eau d'arrosage, etc.).
- Evacuation des eaux usées: depuis la loi fédérale sur la protection des eaux (1971), le raccordement à l'égout public est exigé. Les systèmes par gravité sont vivement conseillés. Les systèmes séparatifs tendent à se développer.
- Alimentation en énergie: la fourniture d'électricité, de gaz, de chauffage à distance peut être différenciée. Une priorité est à donner aux solutions économisant l'énergie et exemptes de nuisances.
- Communications: les téléseaux (câble TV, fibre optique) ne font pas encore partie de l'équipement prioritaire. Avec le développement de l'informatique, ils risquent de jouer un rôle important dans l'urbanisation de demain.

La densité des réseaux d'équipement à prévoir peut être variable. La loi prescrit qu'il doit être «possible de se raccorder sans frais disproportionnés». Les réseaux publics trop lâches donnent naissance à des raccordements privés importants, souvent irrationnels.

Appel à participation

Les collectivités publiques ont mission d'équiper les terrains qu'elles affectent à la construction, mais elles ont la possibilité de faire participer les propriétaires qui bénéficient de ces services aux coûts de construction et frais d'entretien selon les processus suivants:

- Appel à contribution au moment de la construction des réseaux de desserte. Les modalités sont fixées dans les lois cantonales. Les taux de participation varient en fonction de la destination de l'équipement: desserte seule ou transit (exemple taux maximum en Valais: 75%). Ce système

mérite une attention particulière parce qu'il laisse l'initiative du développement à la commune, il est encaissé au moment de la construction (facilité de financement) et il touche également les propriétés non construites. Ainsi il peut inciter le propriétaire à rentabiliser l'équipement qu'il a payé en utilisant son terrain pour construire (lutte contre la thésaurisation des terrains à bâtir).

- Taxe de raccordement lorsqu'on raccorde une nouvelle construction, pour financer les équipements de base.
- Taxe d'utilisation perçue régulièrement auprès de l'utilisateur, pour les frais d'exploitation.

Ces participations sont complémentaires et doivent s'appliquer à une partie déterminée du financement.

Le rythme de réalisation des travaux est également conditionné par les possibilités du budget communal, une autorisation de bâtir n'étant en principe délivrée que si le terrain est équipé (art.22 LAT). Le propriétaire qui désire construire immédiatement dans certaines zones non encore équipées peut être appelé à financer totalement les parties du réseau qui sont nécessaires à l'équipement de son terrain.

Aperçu de l'état de l'équipement

Selon l'OAT art.21, les communes ont l'obligation d'établir un «aperçu de l'état de l'équipement». Cet aperçu doit présenter pour l'ensemble des zones à bâtir :

- les terrains déjà largement bâtis;
- les terrains propres à la construction, c'est-à-dire ceux pour lesquels les mesures d'aménagement (remembrement, plan détaillé, etc.) ainsi que les réseaux d'infrastructures (eau, égouts, routes, énergie) ont été réalisés;
- les terrains qui seront propres à la construction dans les cinq ans en fonction du programme communal de développement des réseaux d'équipement;
- les terrains qui ne seront pas équipés dans ce laps de temps.

Ce document peut être consulté par chacun, il doit servir :

à la population et aux personnes qui désirent construire,

- comme source de renseignement sur l'état de l'équipement d'un terrain et par voie de conséquence sur les problèmes et frais liés à un projet de construction sur un terrain pas encore équipé,

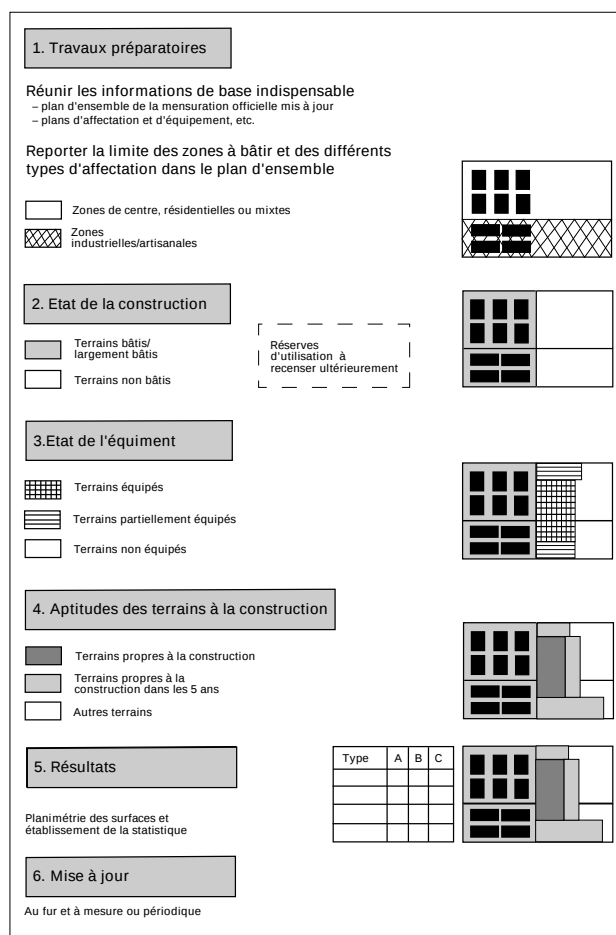


Figure 4.11: Aperçu de l'état de l'équipement: marche à suivre.

Source: Aide à l'exécution, OFAT, Berne.

- comme source d'information sur les terrains propres à la construction ou qui pourront l'être dans un proche avenir;

aux communes,

- pour coordonner leurs tâches en matière d'équipement (obligation d'équiper, programme de financement),
- pour améliorer l'information sur l'état des terrains à bâtir et sur le programme des investissements publics en infrastructure,
- pour adapter en temps utile les plans directeurs et plans d'affectation;

aux cantons,

- pour surveiller l'accomplissement des tâches d'équipement,
- pour examiner les plans d'aménagement locaux,
- pour observer le développement des constructions dans les différentes régions,
- pour orienter le développement futur de l'urbanisation et des transports;

à la Confédération,

- pour une vue d'ensemble du développement spatial,
- comme information pour l'examen des plans directeurs cantonaux.

Recours au traitement informatique

L'utilisation de l'informatique permet bien de répondre à ces objectifs. Une démarche efficace dans la situation actuelle pour réaliser un aperçu de l'état de l'équipement est la suivante (réalisée à l'aide d'un logiciel du marché):

- scannérisation des plans cadastraux de base;
- introduction visuelle (ou par coordonnées si l'information existe) des réseaux d'infrastructure, si ceux-ci ne sont pas déjà informatisés;
- évaluation schématique automatique des zones d'influence des réseaux, puis évaluation manuelle des secteurs non équipés;
- proposition de projets de réseaux complémentaires;
- inventaire des terrains non bâtis;
- établissement de liaison entre les terrains non bâtis et les projets complémentaires;
- extraction des longueurs de projets et estimation sommaire des coûts;
- extraction des surfaces dans un tableur pour l'établissement de tableaux statistiques.

Les plans peuvent être consultés à l'écran ou imprimés en couleur.

L'utilisation de l'informatique offre les avantages suivants:

- vue d'ensemble des réseaux, stockage groupé des informations, mise à jour permanente. Les réseaux peuvent être restitués à divers échelles et sur divers supports (cartes, plans, photos, etc.);
- possibilité pour les autorités de tester plusieurs programmes de travaux en voyant immédiatement les conséquences de leurs choix sur le niveau d'équipement des terrains;
- possibilité de tester les variantes de financement (appel à participation);
- possibilité d'interroger les terrains sur les réseaux d'équipement manquant.

Dans un avenir proche pour certaines communes, la démarche informatique de l'aménagiste pourra se combiner avec les informations en provenance du cadastre et des gestionnaires de réseau (données de tracé et éventuellement données structurelles spécifiques caractérisant un réseau et utiles pour l'aménagiste). L'aménagiste jouera alors le même rôle qu'un service technique au sens des échanges d'informations définis dans les figures 2.66 et 2.67 (chapitre 2).

4.1.5 Le plan directeur énergétique dans l'aménagement du territoire

Le problème des réseaux de distribution de l'énergie est peu planifié car les systèmes utilisés, principalement le mazout et l'électricité, sont très souples. Les seules retombées indirectes sur l'aménagement du territoire sont:

- l'emprise des lignes H.T.,
- l'assèchement des torrents,
- la mort des forêts pour autant que celle-ci soit liée à la consommation d'énergie.

Le plan directeur énergétique de Martigny présente un cas intéressant de réflexion sur l'interactivité aménagement du territoire / plan directeur d'infrastructures.

Contribution de l'aménagement du territoire au plan directeur énergétique

Pour coordonner le plan directeur énergétique avec les autres domaines de l'aménagement et principalement avec le plan des zones à bâtir, l'aménageur



Figure 4.12: Aperçu de l'état de l'équipement: réseau routier.

définit des scénarios d'évolution de la ville qui s'inscrivent dans une perspective de 15 ans selon la LAT, soit un objectif an 2000 (E 2000).

Celui-ci tient compte de:

– *la population résidente:*

A titre d'exemple pour Martigny les caractéristiques étant:

- 14 000 hab. en 1986,
- croissance lente, 1 à 5% par an,
- augmentation naturelle nulle,
- immigration étrangère freinée,
- mouvements de transferts régionaux,

l'hypothèse de travail retenue sera:

E 2000 = 17 500 hab soit une augmentation de 25% par rapport à l'année de référence 1986.

– *du domaine bâti existant:*

Celui-ci est caractérisé par une grande inertie:

- renouvellement technique 20 à 30 ans,
- changement de nature 50 à 100 ans.

– *du plan de zone et règlement de construction:*

Celui-ci fixe par zone la densité maximum de construction. Il permet d'apprécier la capacité de développement maximum de chaque quartier: le point de saturation.

– *du principe de la libre entreprise:*

Celui-ci exclut toute orientation forcée du développement par les pouvoirs publics: non interventionnisme. La concurrence conduit normalement à un développement réparti.

Les deux premières données réduisent les possibilités de variation dans les scénarios à 30% seulement de la situation actuelle.

Par exemple dans le cas de Martigny, la possibilité de disposer sur ordinateur d'informations concernant:

- le cadastre et le plan de zone (parcelles, surfaces, zone, ...),
- le contrôle des habitants et des abonnés au S.I. (hab., poste de travail, ...) ainsi que la possibilité de mettre en relation ces deux éléments a permis de quantifier très facilement les divers scénarios et pour le spécialiste de déterminer les besoins en énergie par quartier (voir chapitre 5).

Incidence du plan énergétique sur l'aménagement du territoire

Dans ce qui précède nous avons admis que les données d'aménagement, le plan de zone en l'occurrence, étaient fixes. Dans un deuxième temps, *il serait possible dans une démarche itérative de faire varier le règlement pour favoriser certains réseaux énergétiques*. En effet, une solution comme le chauffage à distance présente des avantages pour l'aménagement du territoire qui justifieraient qu'elle bénéficie d'une priorité :

- protection de l'environnement contre la pollution atmosphérique grâce à un meilleur rendement, des meilleures possibilités de contrôle et d'entretien;
- économie d'énergie;
- souplesse d'adaptation à l'évolution du marché de l'énergie.

Les mesures qui devraient faciliter l'implantation et le développement de telles solutions sont :

- le regroupement des agglomérations (décentralisation concentrée);
- la structuration des bâtiments le long des axes de dessertes;
- la densification des constructions;
- l'obligation de se raccorder à un réseau (comme les égouts).

Il est évident que ces mesures entravent certaines libertés et pour convaincre l'autorité politique de les adopter, il est indispensable de pouvoir en démontrer les avantages avec des données objectives que les contrôles de gestion en cours devraient apporter.

Aperçu de l'état des équipements

30 mar.92

COMMUNE DE MASSONGEX

LISTE DES PROJETS

total dans les 5 ans			étape A 1 763 421.– après 5 ans			étape B 904 021		total 2 667 442.–
no	secteur	réseau	long.surf.	coût unit.	prix	étape	privé	commune
AO	Massongex, zi llettes	électricité			150 000.–	A	75 %	37 500.–
B	Massongex, cimetière	Voirie	222 1 4.5	150.–	150 181.–	A	0 %	150 181
BJ	Massongex, Longeraie	EAU	689 1 1	100.–	68 878.–	A	50 %	34 439.–
BQ	Massongex, zone industrielle	zone à aménager	74 761	3.–	224 282.–	A	50 %	112 141.–
D	Massingex, zone industrielle	zone à aménager	84 286	3.–	252 857.–	A	50 %	126 429.–
F	Massongex, village parking	Voirie	128 1 23	100.–	294 170.–	A	0 %	294 170.–
G	Massongex, village sud	zone à aménager	1686	5.–	8430.–	A	75 %	2108.–
G	Massongex, village sud (ZIG)	zone à aménager	3211	5.–	16 057.–	A	0 %	16 057.–
H	Massongex, zi llettes	Eaus usées	251 1 1	1000.–	251 100.–	A	50 %	125 550.–
I	Massongex, zi llettes	Eaux claires	251 1 1	300.–	75 330.–	A	50 %	37 665.–

Figure 4.13: Exemple de liste de projets informatisés établie pour une commune.

4.1.6 Conclusions

L'exemple de Martigny (plan directeur énergétique de 1986) a permis les constatations suivantes :

- le processus de planification utilisé pour le plan directeur énergétique est applicable aux autres réseaux d'infrastructure;
- la planification des ces réseaux doit être établie sur des bases communes (unité de méthode);
- la gestion de ces réseaux doit permettre un contrôle permanent de la concordance de l'évolution réelle de ville par rapport aux hypothèses de travail afin le cas échéant de corriger rapidement les erreurs de pronostics (avantage de la solution informatique).

L'aménagement du territoire est basé sur une approche empirique et théorique des problèmes. Il souffre d'un grave manque d'informations objectives sur les problèmes à résoudre. Ce manque d'information est dû :

- au grand nombre de domaines touchés,
- à la difficulté de recueillir des informations sur le terrain,
- aux budgets limités à disposition,
- à l'impossibilité de maintenir à jour toutes les données recueillies.

Ce manque de données se fait cruellement sentir lorsqu'il s'agit :

- de faire des choix objectifs et de définir des priorités,
- de persuader les hommes politiques de faire un bon choix.

Or, l'expérience montre que ces données existent dans les administrations, qu'elles sont tenues à jour (cadastre, contrôle des habitants, service des abonnés des SI, etc.), qu'elles sont souvent déjà introduites sur ordinateur. *Le problème est simplement de les connaître, d'y accéder et de pouvoir les recouper avec d'autres informations* (exploitation des sources existantes).

Le développement de systèmes de contrôles informatisés conduit à la récolte de nouvelles données sur le rendement des installations ou leur degré de vétusté, sur la qualité du domaines bâti, la valeur de son isolation et même le microclimat. Cette deuxième génération de données devrait permettre de poursuivre la démarche itérative et de réviser les objectifs d'aménagements pour les adapter encore mieux aux besoins des habitants et pour optimiser le rendement des réseaux d'infrastructure.

4.2 Plan directeur énergétique : méthodes de réalisation

A l'instar du plan directeur des égouts, le plan directeur énergétique fixe les orientations de développement des infrastructures énergétiques.

Toutefois, alors que le raccordement à l'égout est impératif, l'alimentation en énergie de réseau est facultative et limitée à des zones à forte densité. Le caractère facultatif de ces équipements peut en réduire la rentabilité et conduit à deux attitudes opposées selon les options politiques.

Certains réseaux pratiquent l'obligation de raccordement, comme le gaz dans plusieurs cantons, et d'autres recherchent la compétitivité pour convaincre les usagers de se raccorder sans obligation, ou plus prosaïquement proposent des taxes de raccordement suffisamment basses pour que l'investissement du promoteur en soit réduit.

De manière générale, l'intérêt du plan directeur énergétique a été renforcé à la suite du choc pétrolier de 1973 et du second choc de 1985. Pour limiter la dépendance du mazout, provenant essentiellement du Moyen Orient, il s'est agi de distribuer du gaz en provenance du nord de l'Europe et de l'électricité que l'on prévoyait nucléaire.

A la fin des années 80, c'est la crainte d'une détérioration de l'environnement qui encourage les communes à constituer des réseaux de gaz de chauffage à partir des usines d'incinération des ordures, ou à partir de chaufferies au bois pour valoriser les rémanents forestiers qui, non récoltés, favorisent la croissance du bostryche. Enfin, l'opposition à la construction de centrales nucléaires conduit à envisager des unités chaleur force au gaz ou parfois au biogaz, dont la chaleur alimente les bâtiments les plus proches et dont l'électricité est injectée dans le réseau.

La construction de réseau implique d'importants investissements lents à rentabiliser et qui conduisent le plus souvent à de longues discussions politiques. Il importe donc que le plan directeur énergétique fixe clairement les objectifs, les moyens pour les réaliser et les échéances des principaux projets.

Encore peu répandu par manque de méthodes, le plan directeur énergétique devrait être à l'avenir un

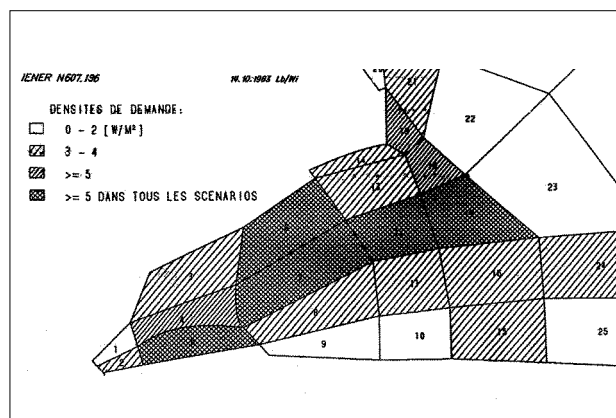


Figure 4.14: Exemple de plan directeur énergétique: carte de demande d'énergie Martigny.

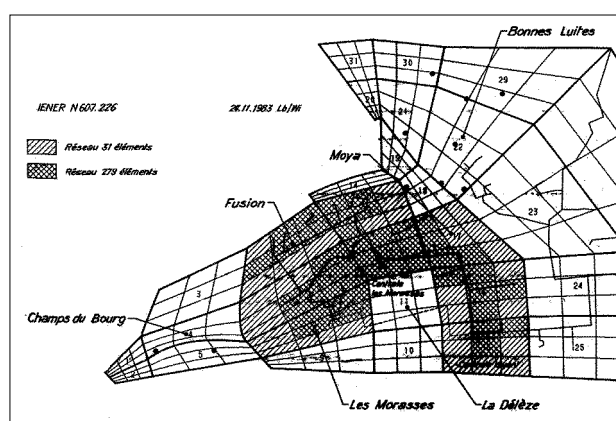


Figure 4.15: Exemple de plan directeur énergétique: zones énergétiques CAD Martigny.

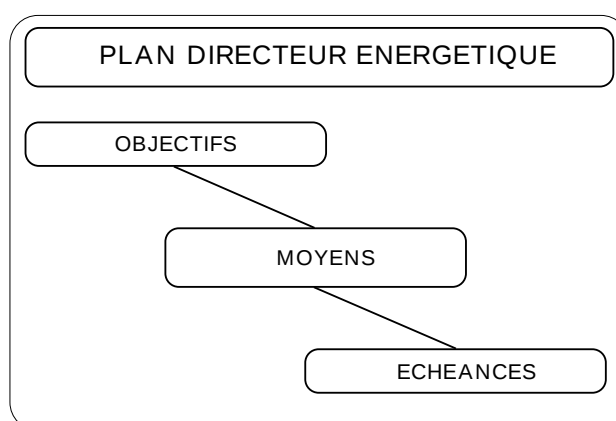


Figure 4.16: La préparation d'un plan directeur énergétique.

1 W	=	8765 Wh/an = 31,55 MJ/an
1 kW	~	1 tonne de mazout par an (avec un rendement moyen d'installation de 72 %)
1 kW	~	1 tonne d'essence par an (~10 000 km/an de voiture individuelle)

Figure 4.17: Unités et équivalences: l'énergie est une puissance utilisée pendant un certain temps. Ainsi une énergie par an (consommation/an dans le langage courant) est équivalente à une puissance moyenne.

Chauffage du logement	1 kW/personne
Chauffage du lieu de travail	1 kW/personne ~2,4 kW/emploi
Transport	1 kW/personne
Industrie et ménages	1 kW/personne

Figure 4.18: Subdivision schématique de la consommation suisse par personne en 1990.

Mazout	env.	9 GW
Essence	env.	9 GW
Electricité hydraulique	env.	3 GW
Electricité nucléaire	env.	2 GW
Gaz et divers	env.	3 GW

Figure 4.19: Subdivision schématique de la consommation globale suisse en 1990.

Chauffage	
bâtiment des années 60	1 kW/pers.
bâtiment récent, bien isolé	0,5 kW/pers.
Eau chaude sanitaire	0,2 kW/pers.
Electricité des ménages	env. 0,2 kW/pers.
Variation selon l'agent	
bâtiment au chauffage urbain	
ou chauffage électrique	0,5 kW/pers.
mazout	0,8 kW/pers.
gaz sans condensation	1 kW/pers.

Figure 4.20: Subdivision approximative d'un bâtiment selon l'agent et l'âge.

des éléments importants d'une politique locale ou régionale.

Le chapitre expose une méthode pour définir un plan directeur énergétique.

4.2.1 Demande d'énergie aujourd'hui et demain

Le processus d'établissement d'un plan directeur commence par la définition de l'état initial ou le recensement des demandes d'énergie.

Etat initial

Pour un processus manuel, il est possible de découper l'agglomération en quartier ou en secteurs, et de recenser les logements, les emplois et les consommateurs atypiques dans chacun d'eux. Toutefois, ces données sont difficiles à tenir à jour et il est pratiquement plus simple d'identifier les bâtiments de la commune. Pour une ville de 15 000 habitants, on compte usuellement 3500 à 5000 bâtiments dont la liste est disponible sur tous les systèmes administratifs ou recensements.

La demande énergétique de chaque bâtiment peut être tirée des relevés pour les agents de réseau, ou déduite du nombre de personnes logées et d'emplois.

A l'échelle d'un plan directeur, il serait difficile, et finalement sans intérêt de relever les volumes chauffés alors que la population et le nombre d'emplois sont connus et qu'il est facile de les localiser géographiquement.

L'approche à l'échelle de la ville est facilitée par l'utilisation d'unités simples pour décrire la consommation moyenne annuelle. Il s'agira d'acquies en outre des ordres de grandeur de consommation pour éviter les erreurs d'unité si fréquentes.

Pour une première approche du parc de bâtiments en 1990, il est possible de retenir les valeurs suivantes:

	Consommation	Puissance installée
Chauffage	0,8 kW/pers	2 à 3 kW/pers
Eau chaude	0,2 kW/pers	
Electricité	0,2 kW/pers	1,1 kW/pers

Les emplois, dans le tertiaire, peuvent être transformés en équivalent-habitant, en admettant 1,2 à 1,5 équivalent-habitant par emploi.

Tous les consommateurs qui s'écartent des chiffres indiqués ci-contre doivent être traités séparément comme consommateurs identifiés. L'expérience montre que quelques gros consommateurs industriels et commerciaux représentent une part importante de la consommation.

Evolution de la demande d'énergie
Le plan de zone définit les parcelles constructibles pour le logement ou les emplois. Selon le coefficient d'utilisation de chaque zone, il est possible de déterminer les surfaces de plancher à saturation.

En utilisation normale, il est possible d'admettre :

50 m²/habitant 100 m²/emploi.

Ces données fournissent la capacité des zones et, partant, la demande d'énergie à saturation.

Sur cette base, trois états doivent être envisagés :

E0 état initial
E1 état intermédiaire
E2 saturation.

Plusieurs communes disposent de zones constructibles très vastes et correspondant à un développement démesuré. Il s'agit alors de définir des états intermédiaires E1 réalistes. Les états intermédiaires sont des objectifs dont le délai de réalisation peut varier selon l'évolution économique globale.

Il est en outre possible de construire plusieurs scénarios de développement démographique.

A titre d'exemple, citons :

- développement des zones périphériques,
- revitalisation du centre,
- ségrégation fonctionnelle,
- intégration fonctionnelle.

Ces différents scénarios permettent de construire des scénarios de demande d'énergie dans les états intermédiaires et à saturation.

Notons qu'à long terme, plusieurs paramètres peuvent évoluer selon les développements économiques ou sous la pression de l'environnement. Il

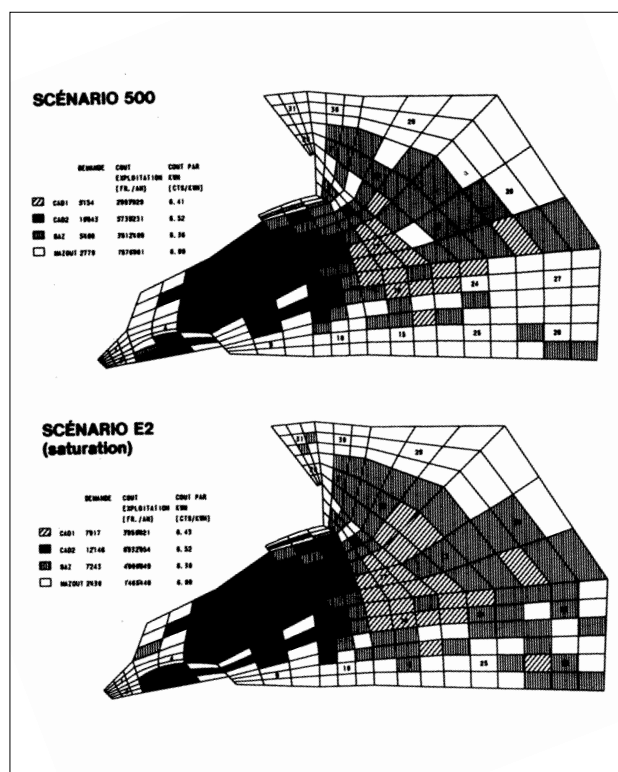


Figure 4.21: Scénarios Martigny.

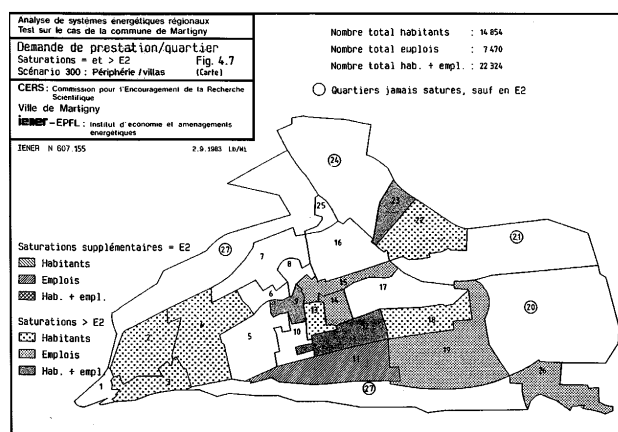


Figure 4.22: Densité à saturation (Martigny).



Figure 4.23: Zones de sources (Lutry).

s'agira donc d'établir des fourchettes pour les valeurs de base:

- Consommation par personne $\pm 25\%$
- Surface par habitant $+ 30\%$
- Surface par emploi $\pm 20\%$

Les particularités de chaque agent énergétique doivent être soigneusement évaluées.

- Les pertes d'un réseau de gaz sont faibles sur un réseau neuf, et le coût des conduites est plus faible (300 à 600 SFR/m). Le réseau de gaz peut ainsi desservir une couronne autour du centre dense.
- Le chauffage électrique, actuellement limité par la difficulté d'augmenter la production et par la concentration des demandes en pointe hivernale, devrait être limité aux villas disséminées dans les zones de sources et dans les vieux bâtiments des bourgs où la construction de radiateurs à eau peut être prohibitive.
- Le chauffage au mazout a un coût indépendant de la localisation et ne demande pas d'infrastructure commune.
- Le chauffage au bois se pratique de manière décentralisée en zone rurale, ou dans des chaufferies où les émissions doivent être contrôlées.
- Les ordures ménagères constituent un combustible renouvelable brûlé avec un bon contrôle des fumées en attendant des méthodes de gazéification. Le bois et les ordures doivent restituer leur CO_2 pour se reminéraliser et, par conséquent, ce combustible n'augmente pas la teneur naturelle en CO_2 . De plus le CO_2 émis peut être dissout par l'eau de lavage des fumées. Il n'est alors plus relâché dans l'atmosphère.

L'ensemble des solutions doit être comparé selon les paramètres suivants:

- Performances et coûts
 - Pertes le long de la chaîne
 - Investissements
 - Coûts d'exploitation
- Emissions dans l'environnement
 - Imbrûlés
 - SOx , NOx
 - CO_2
 - Déchets radioactifs
- Disponibilité
 - Nombre et nature des sources ou producteurs
 - Solutions de repli en cas de crise
 - Convertibilité vers d'autres systèmes

4.2.2 Offre d'énergie et solutions possibles

La demande d'énergie peut être satisfaite par des agents décentralisés tels que le mazout, ou par des agents de réseau.

Localisation de l'offre d'énergie

L'offre d'énergie peut être décrite par les infrastructures suivantes:

- réseau électrique avec capacité de transformation,
- réseau de gaz,
- réseau de chauffage urbain,
- forêt communale ou autre.

Le recensement de l'état initial comprend le relevé des réseaux des sections et capacités des conduites, des modes de raccordement ou de transformation. Ce recensement prend en compte les conventions d'achat et garanties d'approvisionnement.

Solutions possibles

A partir de l'état initial, il s'agit d'évaluer les options énergétiques possibles et qui devront être adaptées

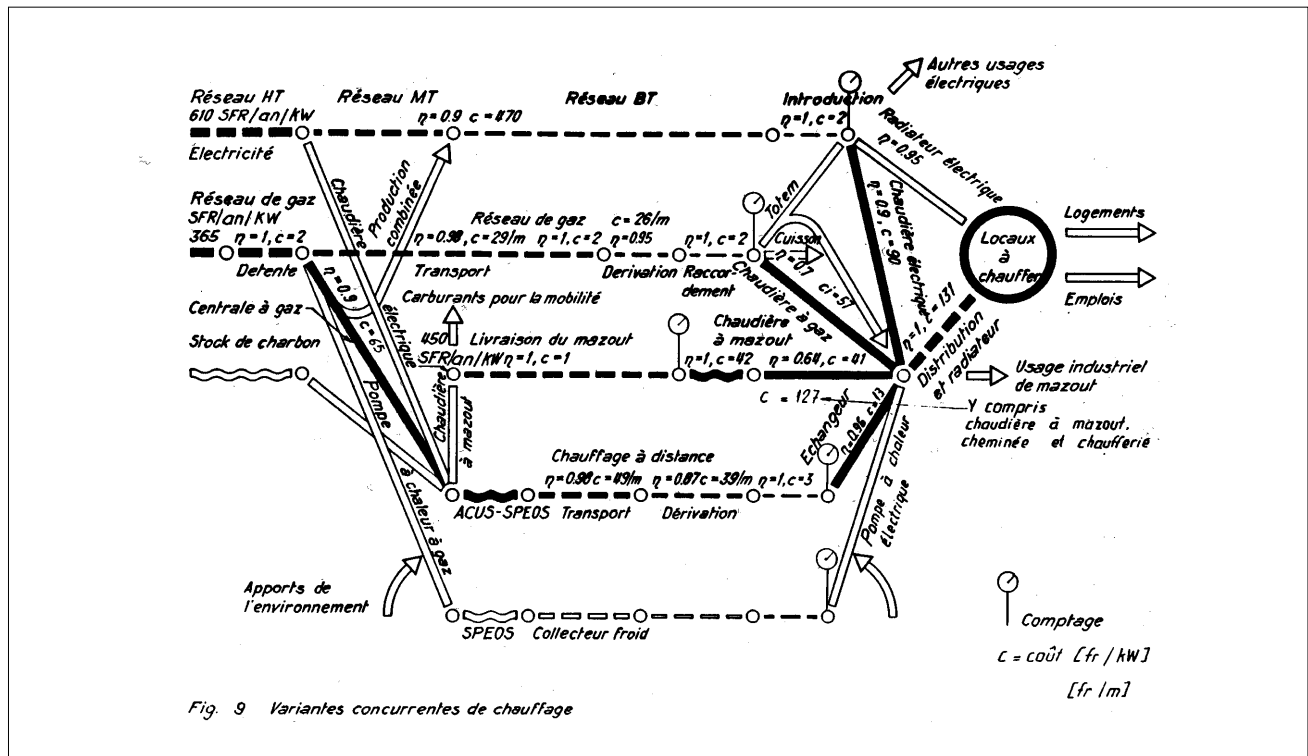


Figure 4.24: Diagramme d'évaluation de performance de variantes concurrentes de chauffage.

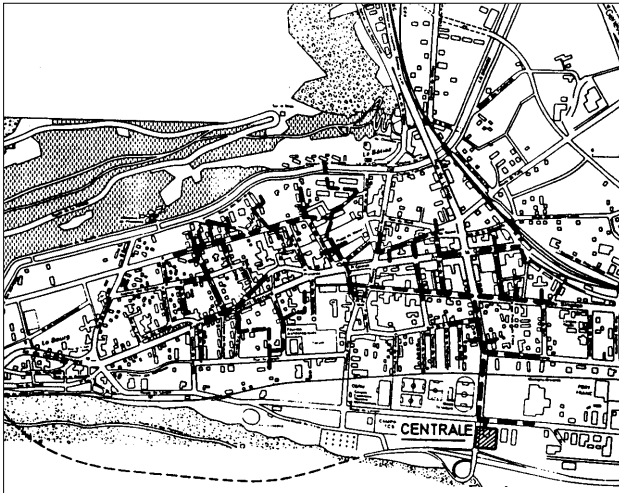


Figure 4.25: Réseaux Martigny.

à la situation. Parmi les options principales actuelles, citons les suivantes:

- Réseau de gaz naturel.
- Chauffage urbain :
 - au gaz,
 - au bois,
 - à partir d'une centrale de chaleur force.
- Zones d'encouragement des sondes thermiques dans le sol ou dans la nappe.
- Zones d'interdiction ou d'encouragement des capteurs solaires.
- Zones d'interdiction des citernes ou de protection des sources.

Les propriétés de chacune des solutions doivent être adaptées à la situation, en tenant compte de leurs caractéristiques propres, par exemple pour un réacteur CAD:

- les pertes du chauffage à distance sont indépendantes des puissances transportées et les coûts des conduites sont élevés (500 à 1000 SFR/m), ce qui limite la desserte à des zones à très forte densité,



Figure 4.26: Mise en évidence des zones propices à la construction d'un réseau de gaz (cercles proportionnels à la densité de la demande, centrés sur chaque bâtiment).

- l'abaissement des températures du réseau et la création d'un réseau d'eau sanitaire permet d'étendre la zone desservie de manière économique.

Scénarios énergétiques

Ces données permettent de construire des scénarios énergétiques soit de manière manuelle, soit en utilisant des modèles de propagation qui associent à chaque scénario de demande, un scénario d'offre optimal.

Chacun de ces scénarios correspond à un ou plusieurs projets ou objectifs, par exemple :

- extension d'un réseau de gaz,
- construction d'un chauffage urbain,
- projet solaire.

Une solution simple pour l'étude des possibilités de réalisation économique de mise en place d'un réseau consiste à évaluer le coût acceptable de la distribution par personne.

Une étude récente montre qu'il est possible d'investir 1 mètre de conduite de chauffage par habitant, ou 2 mètres de conduite de gaz, dans les conditions économiques de 1990. Sur cette base, il est possible de dessiner sur chaque bâtiment des cercles d'un rayon égal en mètre au nombre d'habitants, pour localiser les zones de cercles contigus dans lesquelles la construction d'un réseau serait économiquement rentable.

		Achat énergie	Transformation	Transport	Taxe	Vente Energie	Pertes	Chaufferie introduction	Entretien	Total	Corps Chauffe et distribution
Mazout		4	–	–	(+1) ^{1/}	4	3	3	2	12	6
Electricité		7	2	3	1	13	1	2	–	16	7
Gaz		3.5	–	1.5	–	5	4	4	1	14	6
Chaleur force	Chaleur	3	2	2	–	7	1	2	–	10	6
au gaz	Electricité	3	6	3	1	13					
Absorbeurs solaire 1 MW		–	10	–	(-3) ^{2/}	7					

1/ Taxe sur les carburants à venir.

2/ Encouragement des énergies renouvelables.

Figure 4.27: Structure indicative des coûts de chauffage selon l'agent énergétique (valeurs en cts/kWh).

4.2.3 Options du plan directeur énergétique

Les scénarios énergétiques fournissent des solutions techniques possibles et il s'agira d'identifier les lignes de force du plan directeur, en accord avec les services concernés et la population. Parmi les options typiques d'un plan directeur énergétique, relevons :

- zones d'encouragement du raccordement aux réseaux de gaz ou de chauffage existant,
- zones d'exclusion de la distribution de l'un ou l'autre des agents,
- projet de construction d'un réseau,
- programme d'encouragement du solaire et zones d'exclusion,
- zones d'encouragement ou d'interdiction des pompes à chaleur dans le sol ou dans la nappe.

Les options du plan directeur énergétique doivent être décrites sous forme d'objectifs, avec des priorités et un échéancier.

4.2.4 Conclusions

La méthode proposée pour établir un plan directeur énergétique, soit :

- analyse de la demande (état initial, état futurs),
 - étude de l'offre et des solutions possibles,
 - élaboration de scénarios et analyse par critères,
- permet aux responsables communaux de maîtriser objectivement une politique de l'énergie s'intégrant dans le plan d'aménagement du territoire.

4.3 Gestion par objectifs

Les services techniques sont chargés de la construction, du développement et de l'entretien des infrastructures urbaines. L'analyse des modes de fonctionnement montre que les responsables de services doivent préparer un budget pour les tâches répétitives, et proposer un programme d'investissement pour les dépenses importantes ou irrégulières.

Les crédits reçus, il s'agira de réaliser les objectifs à l'aide des moyens en personnel et matériel disponibles. En gestion privée, la comptabilité analytique permet de mieux cerner les coûts et de mieux préparer les offres suivantes.

Dans un service communal, il est de même possible de rattacher l'ensemble des tâches à des objectifs de l'un des types suivants :

- réparation,
- entretien préventif, renouvellement des réseaux,
- extension des réseaux.

Les objectifs d'extension des réseaux sont notamment en relation directe avec l'équipement des zones à bâtir. Ici, chaque étape de travaux correspond à un objectif d'équipement ou de valorisation d'un secteur du plan de zone.

L'introduction de l'informatique facilite la mise en œuvre d'un concept de gestion par objectifs en permettant d'intégrer les documents techniques et les plans sous la bannière d'un seul objectif clairement identifié.

4.3.1 Etapes dans la réalisation d'un objectif

Pour chaque objectif retenu, il s'agira de franchir un certain nombre d'étapes, dont :

- projet d'ensemble en accord avec le plan directeur,
- évaluation préliminaire des coûts,
- mise au budget,
- projet de détail des travaux à réaliser,
- mise en soumission,
- demande de crédit ou ouverture d'un compte,
- adjudication et construction,
- relevé des travaux et cadastrage,
- mise en service et contrôles,

Les tâches de gestion

- *Tenue à jour des informations.*
- *Surveillance, maintenance, entretien.*
- *Projets et extensions.*
- *Contrôle de consommation.*

- paiement et comptabilisation,
- suivi et entretien.

Le concept de gestion par objectifs procédant d'une démarche semblable au langage objets utilisé dans l'informatique actuelle, le découpage par éléments finis (zones homogènes liées entre elles) est un puissant guide à l'informatisation des processus.

Pour tout projet ou objectif, le service ouvre un dossier d'objectif, comme un bureau ouvre un dossier d'affaire. Cette ouverture peut être signalée aux autres services, avec un schéma d'ensemble ou d'intention.

Puis, chaque étape conduira à préciser progressivement le projet, ses composants et le coût de ses composants pour le plan d'investissement, puis pour le budget annuel.

4.3.2 Coordination des travaux

Dans la mesure où les intentions des services concernés sont formalisées sous forme d'objectifs tels que zones à équiper, conduites ou tracés détaillés, il sera possible de les diffuser simplement d'un service à l'autre.

Le service ayant prévu une extension dans un secteur pourra profiter de travaux prévus dans un objectif du responsable des routes par exemple.

Même si la diversité des services privés (introduction), communaux (eau, égouts, voirie), cantonaux (routes), fédéraux (autoroute, PTT) rendent difficile la concertation pour réduire le temps d'ouverture des routes, une diffusion des objectifs permettra de limiter les désagréments pour l'utilisateur.

De manière générale, il est rare que des investissements prévisionnels, ou réalisés à l'avance, ne conduisent à une réduction des coûts des travaux. De même, du fait des règles de distance entre tuyaux, des travaux de recherche ont montré que la simultanéité des travaux coûte finalement aussi, sinon plus cher que des travaux successifs avec des fouilles distinctes. Par contre, le niveau de service de l'infrastructure se trouve, lui, considérablement réduit. Les coûts indirects et le mécontentement des usagers peuvent, dans ce cas, devenir inacceptables.

De plus, l'on observe que l'utilisateur et les services concernés acceptent de plus en plus mal des

réparations partielles du tapis routier, et la plupart des fouilles conduisent à une réfection complète de la voirie. Dans ces cas, il suffirait de facturer la réfection d'ensemble aux services qui l'ont causée pour stimuler la collaboration entre les services concernés.

4.3.3 Réalisation des travaux

Alors que les logiciels spécialisés séparent souvent les phases du processus de réalisation d'un objectif, les progiciels de base, tels que les tableurs, permettent de suivre l'objectif en créant progressivement le dossier de réalisation. Les éléments du projet peuvent être progressivement précisés selon les objets des soumissions normalisées, ou selon les objets définis dans le logiciel infographique utilisé.

Figure 4.28: Cahier des charges pour la gestion des infrastructures communales.



Figure 4.29: Zone de travaux CAD définie comme un objectif (Martigny).

Le tableau des éléments avec les quantités et les prix unitaires permet d'établir un devis; les prix unitaires retirés, la disquette peut être transmise aux soumissionnaires qui rendront leurs propres prix unitaires sous une forme qui facilite l'évaluation de variantes ou qui permet un affinement du projet.

Les travaux réalisés, il est possible de procéder au relevé des constructions par des distances aux autres objets voisins, un relevé du géomètre ou, dans un futur proche, de déterminer les coordonnées par rapport au passage des satellites (GPS, Global Positioning System : cf. chapitre 2).

Le relevé photo, ou caméra image par image, ou encore caméra numérique fournit des documents, pendant les travaux, qui pourront être associés au système d'information existant ou futur.

La dernière phase du relevé conduit au contrôle des coûts et à la facturation sur les comptes des budgets communaux ou des services concernés.

4.3.4 Mise à jour des documents et cadastrage

Les objectifs réalisés, les données correspondantes doivent être enregistrées dans le patrimoine communal et même, si l'on veut être puriste, inscrites au bilan de la commune. Le fait de regrouper l'ensemble des données, formulaires ou accords des services et relevé final dans le dossier d'objectifs permet de constituer un dossier de mutation du réseau.

Si l'on part d'une mutation initiale, qui est une saisie de l'état de l'infrastructure à l'état initial dit «E0», tout état ultérieur sera connu par l'effet successif des mutations.

Pour une commune petite et moyenne, le nombre d'objectifs réalisés dans une année va d'une dizaine à quelques centaines par an, et il suffira de faire circuler ce dossier de mutation pour que l'ensemble des fichiers soit mis à jour.

Au sens d'une stricte gestion par objet, l'ensemble du processus y compris la mise à jour du cadastre, peut alors être affecté à l'objectif et par conséquent facturé au bénéficiaire.

Selon ce concept, la gestion des données n'est plus une tâche rébarbative et coûteuse que l'on fait lorsque l'on a rien d'autre à faire, et dont les dossiers s'accumulent bien souvent au bureau technique, mais une étape de clôture d'un processus intégré.

Objectif		No 910812135226		Auteur Mh	
		Mutant		Gérant ?	
				Resp. ?	
Nom Etude Comba-Cervet.		Danger ? NON		Dir.SEG Freudw.	
Type Raccordement		Prof. 0.90		Apports Grandj.	
Matériau Acier		Larg. Fr/m3		Et.&Proj. Gn.	
Section 50 mm L. fonct. 131040.00		Fr ?		Exploit. Jaszew.	
L. dével. EAU				Labo.	
Fluide				Administ.	
Compte 01.66555				Av.projet	
Rem. Hist. Durée: 3 mois				Devis	
Pts_		Pos Appartenance		Soumis.	
Début 910923182508 ?		Etude Comba		Réalizat.	
Milieu 911002155314 ?				Facturé	
Fin 911002160922 ?				Cadastré	
2 ↓ Délais		1 ↓ Etapes		Type, No, Ksi, x, y, z (dériveration)	
1 911002162308		1 A,910812135931,0,240,...			
2 911002162453					

Date	No 910923182508	FR	Auteur Mh
	Mutant		Gérant ? So
			Resp. ?

No point 01	No parcelle	
Type point Projet		
Qualité		
Origine BSI		
Chantier Comba-Cervet		

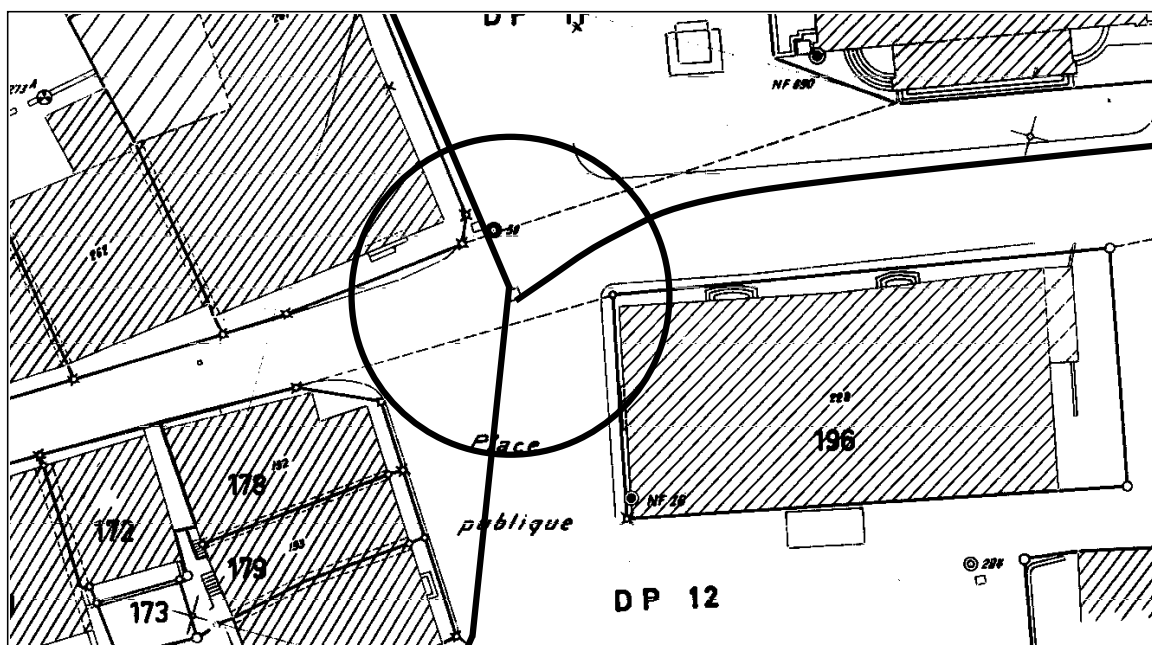
X 45843840	Y 240	Z
q. P	q. H	Prof.

Schématique		
XO	YO	ZO

Rem. Hist.	 
-----------------------------	--

Pot. initial Pot. fixé  Qlim Qlh Pot. calculé Débit	Date 01.03.91	Appartenance Etude Comba  
--	----------------------	--

Mettre en réserve

Etapes		No	910812135931		Auteur	Mh
			Mutant		Gérant ?	
					Resp. ?	

Type	Devis initial		Planning			
Nom	Etude Comba-Cervet.				Propriété.	
Fournis.	Entrep.				Archit.	
Modèle	M-GG				Sanitaire	
No série	1254Y	Inventaire			Chauffag.	
Nature		Ø nom.			Etat5	
libre		Ø 2			Etat6	
					Etat7	
					Etat8	
					Etat9	
					Etat10	
					Etat11	
					Etat12	
					Appartenance	

No Pt		Type Pt	
X	45917563.01	Y	240
z			
q. P		q. H	
Prof.			
XO		YO	
ZO			

Rem.		
Hist.		

Date de pose		No Chantier

Dates inspection	Observations





Bâtiment		No	910812140820			Auteur	
			Mutant			Gérant ?	
						Resp. ?	
No ECA	01 866534		No Parcelle				
Adresse	Place publique 2					Etat1	
CP	2000	Ville	Chateau-d'oex		Etat2		
Prop.		?	No Chantier	9105	Etat3		
Année Construction	1957		Nbe étages	4	Etat4		
Affectation						Etat5	
						Etat6	
						Etat7	
						Etat8	
						Etat9	
						Etat10	
						Etat11	
						Etat12	
X	576338.90	Y	146977.38	Z			
X0		Y0		Z0			
Zone		?					
Rem.							
Hist.							
Coupsures...		(max. 8 coupsures)			saisie		
EAU 576329.02, 146982.16, -32767, -32767, -32767, -32767, type ?							

Figure 4.30: Exemple de réalisation informatisée d'un dossier d'objectifs avec les fiches et le plan concerné.

4.4. Dossiers techniques et schématiques des réseaux

4.4.1 Constitution des dossiers techniques

Ces dossiers doivent fournir les renseignements nécessaires dans le cadre de la préparation et des interventions.

Les informations doivent être soigneusement triées et particulièrement adaptées aux besoins des techniciens et agents de maintenance.

Trop d'informations nuisent à l'efficacité du dossier. Une insuffisance d'informations rend le dossier inutilisable. Le dossier technique s'appuie sur les documents fournis par le constructeur ou le fournisseur. Ces documents comprennent les éléments suivants:

Fiche signalétique

- Constructeur (nom, adresse).
- Type, n° de série.
- Date de fabrication.

Installations

- Informations nécessaires à la manutention et l'installation (plans).
- Poids.
- Encombrement.
- Capacités maximales (vitesse, charge, production, etc.).

Achats

- Conditions de réception.
- Conditions de garantie.
- Spécifications techniques.

Figure 4.31:
Exemple de fiche signalétique
d'élément de réseau.

Organes		Données descriptives		Nom	
				Vanne de Zone	
Type	ABH - 24567 - PN16	Appartenance	Réseau SUD_OUEST		
Fabricant	PromoVanne	Modèle			
N° de série	67 234H	Matériau	Acier		
Diamètre nominal	DN 150	No inventaire	1987 - 127		
Diamètre extérieur					
Y	146979.98	X	578315.13	Z	672.3
				No Point	102/I
				Profondeur	1.52
...					
Interventions					
Date	Nature		Observations		
5.7.1985	Changement des joints				
Date de pose					
12.10.1973					

Plans

- d'ensemble, nomenclature;
- de détails.
- Chaîne cinématique.
- Schémas (électriques, électroniques, de régulation, etc.).

Notices

- de graissage,
- de réglages avec indications des limites d'usure,
- de nettoyage,
- de maintenance,
- de sécurité,
- de mise en fonctionnement et d'arrêt.

Pièces de rechange

- Références.
- Quantités.
- Indications particulières de remplacement.

Dans la mesure du possible, le dossier technique sera lié avec l'information concernant le tracé du réseau. Certains logiciels d'infographie permettent de relier le tracé des conduites à toute fiche connexe. De cette manière, il est aisé de retrouver un élément d'information complémentaire lorsque l'on consulte un plan à l'écran.

4.4.2 Schématique des réseaux

Le plan schématique doit répondre aux besoins des exploitants de réseaux.

En général, il n'a pas de référence topographique, mais doit satisfaire aux règles suivantes :

- permettre l'étude des projets des nouvelles installations et des modifications,
- servir d'auxiliaire en cas de dérangement,
- représenter le fonctionnement du réseau et ses corrélations,
- par quelques points définis, avoir une correspondance avec le plan de réseau et le plan du cadastre des conduites.

Le tracé schématique n'a pas la même importance selon le type de réseau :

- dans le cas du réseau électrique et du télé réseau il est impératif, pour des questions de lisibilité;
- pour les autres réseaux, il est beaucoup moins nécessaire et tend à être abandonné avec l'avènement de l'infographie permettant de sélectionner

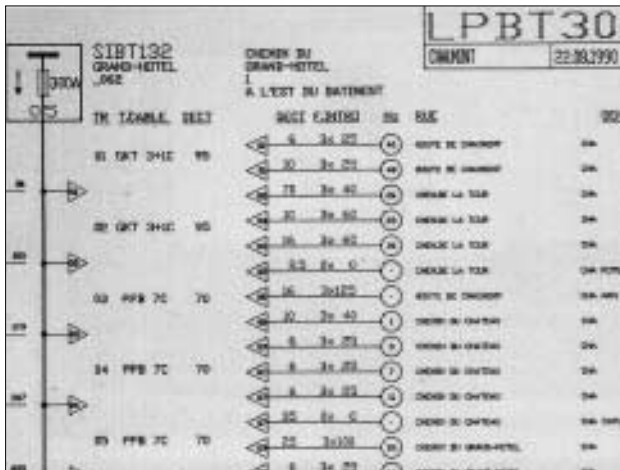


Figure 4.32: Exemple d'un plan schématique d'un réseau.

l'information à visualiser ou à imprimer sur les plans.

Le contenu du plan schématique doit fournir des renseignements sur la fonction, le genre et le contenu de la conduite et peut fournir des indications sur le fluide transporté, le profil, les dimensions, le matériau, l'état d'exploitation et l'identification de la conduite ainsi que des données sur les dispositifs de protection et sur l'année de pose. Le plan schématique peut également représenter des couplages, des commutations et des circuits de commande.

Certains logiciels infographiques facilitent la tâche du gestionnaire de réseaux, dans la mesure où ils sont capables de gérer, à partir des mêmes bases de données, le tracé topographique réel et le tracé schématique. On évite ainsi une double saisie de la topologie des éléments, c'est-à-dire de la connexion entre tous les composants. Seul le référentiel des coordonnées et les points de passage des axes sont à redéfinir.

4.5 Projets et extensions

Ce chapitre examine les différentes phases à réaliser lors de projets de nouvelles conduites ou d'extensions du réseau.

4.5.1 Raccordement d'un nouveau bâtiment lors de la construction

Les étapes à réaliser par le service technique sont les suivantes :

- Les services sont contactés par l'architecte qui aimerait équiper la nouvelle construction avec un ou plusieurs des agents suivants : eau, assainissement, gaz, électricité, CAD, PTT, télé-réseau. Il se renseigne sur les possibilités de raccordement :
 - est-ce qu'un réseau passe à proximité ?
 - est-ce que le réseau est dimensionné pour permettre le raccordement ?
- L'architecte donne tous renseignements nécessaires pour le dimensionnement et le tracé des conduites :
 - l'implantation du bâtiment sur la parcelle,
 - le nombre d'appartements,
 - le nombre de compteurs,
 - le nombre de téléphones,
 - la puissance voulue = puissance installée,
 - si connu, le tracé prévu pour les autres alimentations du bâtiment, eau, électricité, téléphone, etc.
- Le service dimensionne les équipements nécessaires pour le raccordement et une extension éventuelle du réseau (uniquement si nécessaire et souhaitée) afin d'établir un devis précis.
- Pour la part génie civil, un appel d'offres sera éventuellement émis afin de compléter le devis.
- Après acceptation du devis, un bon de commande sera exigé par le service concerné, dûment signé par l'architecte.
- Une fois tous ces éléments réunis, une séance de travail sera organisée avec tous les services concernés afin de planifier les travaux.
- Les travaux :
 - génie civil,
 - pose des conduites ou câbles,
 - date de mise en service,
 seront ensuite exécutés.

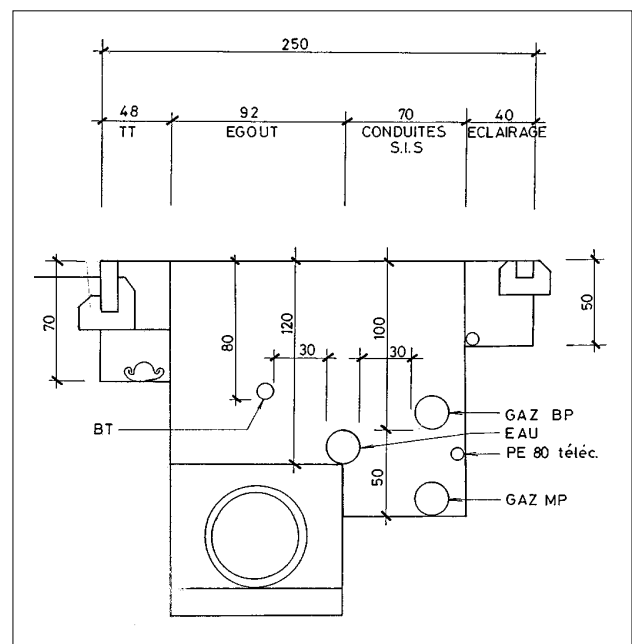


Figure 4.33 : Profil type des conduites sous une route : un encombrement qui nécessite une coordination entre services.

- Le relevé des conduites sera ensuite effectué, soit par un géomètre, soit par le service technique. Ces relevés se font toujours en positionnant la conduite par rapport à des objets sûrs en surface (ces travaux ne sont pas exigés, faute de bases légales).
- Enfin une mise à jour des différents plans sera réalisée par le bureau technique.

4.5.2 Raccordement d'un bâtiment déjà existant

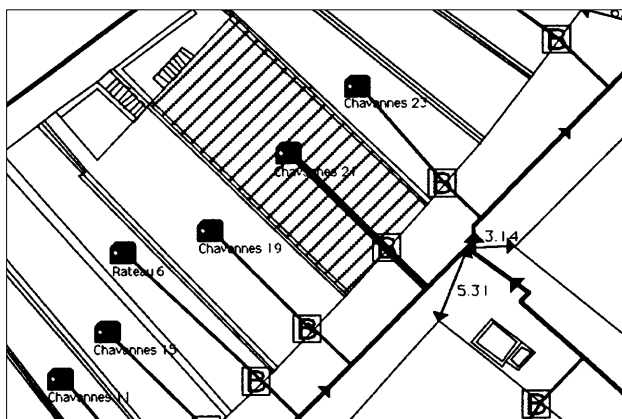


Figure 4.34: Raccordement d'un bâtiment.

La démarche est identique à celle pour raccorder un bâtiment en construction. Deux différences existent pourtant. La première concerne le mandataire, qui peut être aussi bien le propriétaire ou un architecte. La deuxième est que le concours des autres services n'est pas nécessaire dans la mesure où ils ne sont pas concernés. Le tracé de la conduite de raccordement ne suivra pas forcément les conduites des autres réseaux, il sera déterminé indépendamment de la localisation des autres réseaux; il faut réduire les coûts, donc aller le plus souvent au plus court.

4.5.3 Rénovation, changement de conduite

Les principales causes qui amènent à une rénovation d'une conduite sont :

- Détection de fuites sur le réseau.
- Redimensionnement d'une conduite suite à un accroissement de la demande.
- Déplacement de conduites suite à des travaux en surface, par exemple élargissement d'une route, nouvelle voie ferrée, etc.
- Augmentation de pression (exemple, passage de basse pression BP en basse pression améliorée BPA, pour le gaz).
- Remplacement des conduites (par exemple pour le gaz, changement de matériau, une conduite en acier ou polyéthylène venant remplacer une conduite en fonte).

Les étapes du projet et de la réalisation se décomposent comme suit :

- Un objectif (au sens du chapitre 4.3) est défini pour le projet, et un dossier technique devant rassembler tous les documents liés à l'objectif est ouvert.
- Le tronçon qui doit être changé est repéré.

- Consultation des autres services pour obtenir les plans de réseaux afin de connaître le tracé des autres réseaux.
- Une fois que tous les plans sont à disposition, on définit un emplacement pour la ou les nouvelle(s) conduite(s).
- Planification des travaux : à titre d'exemple, dans le cas d'un réseau de gaz deux solutions existent pour réparer, suite à une fuite de gaz ne présentant pas un caractère d'extrême urgence:
 - A. On isolera le tronçon défectueux après avoir installé une conduite provisoire à même le sol pendant la durée des travaux pour le remplacement de la conduite fuyarde. Cette solution, qui est couramment pratiquée, a le désavantage d'être très onéreuse car elle implique la pose de deux conduites dont l'une ne restera pas en place.
 - B. On laissera en service la conduite fuyarde à remplacer et on construira une nouvelle conduite sur un tracé différent. La mise hors service de la conduite fuyarde se fera tout à la fin des travaux par le raccordement au réseau des deux extrémités de la nouvelle conduite. On évitera ainsi la pose d'une conduite provisoire à même le sol et on réduira d'autant les frais. De plus, si la place disponible est suffisante, on pourra laisser la conduite défectueuse en place. Cette solution est uniquement envisageable si la fuite n'est pas trop importante et si la place disponible est suffisante.
- Sur la base du choix effectué, on établit un devis pour la tuyauterie et on lance un appel d'offres pour les travaux de génie civil (dans le cas de travaux importants).
- Une fois les travaux décidés, une séance avec les autres services pour la planification des travaux est convoquée sur place.
- Les travaux sont exécutés, soit la pose de la nouvelle conduite selon le plan élaboré (pas toujours car les surprises en sous-sol sont nombreuses !).
- Un relevé de la conduite est effectué, soit par un géomètre, soit par la technique des points lancés. Ces relevés se font toujours en positionnant la conduite par rapport à des objets connus en surface.
- La mise à jour des différents plans par le bureau technique est réalisée. Le dessin technique lié à l'objectif de rénovation est complété.

4.5.4 Extension d'un réseau

L'extension d'un réseau se fait généralement pour équiper un terrain, une construction nouvelle, une route, un lotissement, etc., non encore équipé par un ou plusieurs réseau(x). Dans ce cas, la collaboration avec les autres services est plus importante car il faut planifier les travaux et dimensionner les réseaux de manière à pouvoir répondre à la future demande. Ces extensions de réseaux se font soit pour suivre un plan directeur, si un tel plan existe, soit pour prévenir une future demande qui peut être déterminée par le plan de zones.

4.5.5 Travail en collaboration avec la Police municipale et le Canton

La collaboration avec la Police municipale est obligatoire pour la planification des travaux, ainsi que pour déterminer les étapes. Il faut prévoir un délai de 1 à 2 mois, après mise à l'enquête, pour pouvoir fermer une route afin d'effectuer les travaux. Il est indispensable d'aviser la Police afin qu'elle s'assure que la sécurité soit maximale; tout immeuble doit rester accessible pour les pompiers et les ambulances, ainsi que pour le ramassage des poubelles. De plus, il faut connaître le calendrier des manifestations, par exemple on ne peut pas fermer une route pour un mois si le tour de Suisse cycliste doit y passer ou si un cortège est prévu, etc.

4.6 Exemple d'application : Projet de rénovation d'un réseau d'eau de boisson : démarche et méthode d'analyse

Objectif

Une telle étude peut être motivée par plusieurs facteurs tels que :

- réseau de distribution et équipements d'adduction d'eau existant depuis plusieurs décennies,
- mauvais rendements du réseau,
- extension et densification des zones construites,
- augmentation de la population et du nombre de gros consommateurs d'eau,
- rationalisation de l'exploitation du réseau,
- travaux de rénovation pour une autre infrastructure entraînant des fouilles dont pourrait profiter le réseau d'eau,
- etc.

L'objectif d'un projet de ce type est d'obtenir :

- un diagnostic précis de l'état des équipements de distribution et d'adduction d'eau du réseau existant,
- une localisation des zones sous-équipées au niveau de la distribution,
- une localisation des conduites ou des réservoirs dont la capacité est insuffisante ou l'état vétuste,
- la vérification des prestations de pression dynamique minimale et de volume soutirable suffisant dans toutes les zones de construction,
- la conformité du réseau du point de vue des règlements cantonaux de prévention et de défense contre les incendies, volume stocké et débit soutirable aux bornes incendies notamment,
- une analyse financière des investissements occasionnés par la rénovation.

Contraintes à respecter

Un certain nombre de grandeurs doivent être déterminées pour fixer la ligne directrice du projet :

- La rénovation doit rendre celui-ci compatible avec l'augmentation de population et de consommation projetée pour une durée correspondant à l'amortissement des investissements.
- L'augmentation de population projetée doit être en accord avec le plan de zone de la commune et ne saurait donc dépasser le plafond fixé par la saturation des infrastructures totales (figure 4.35).

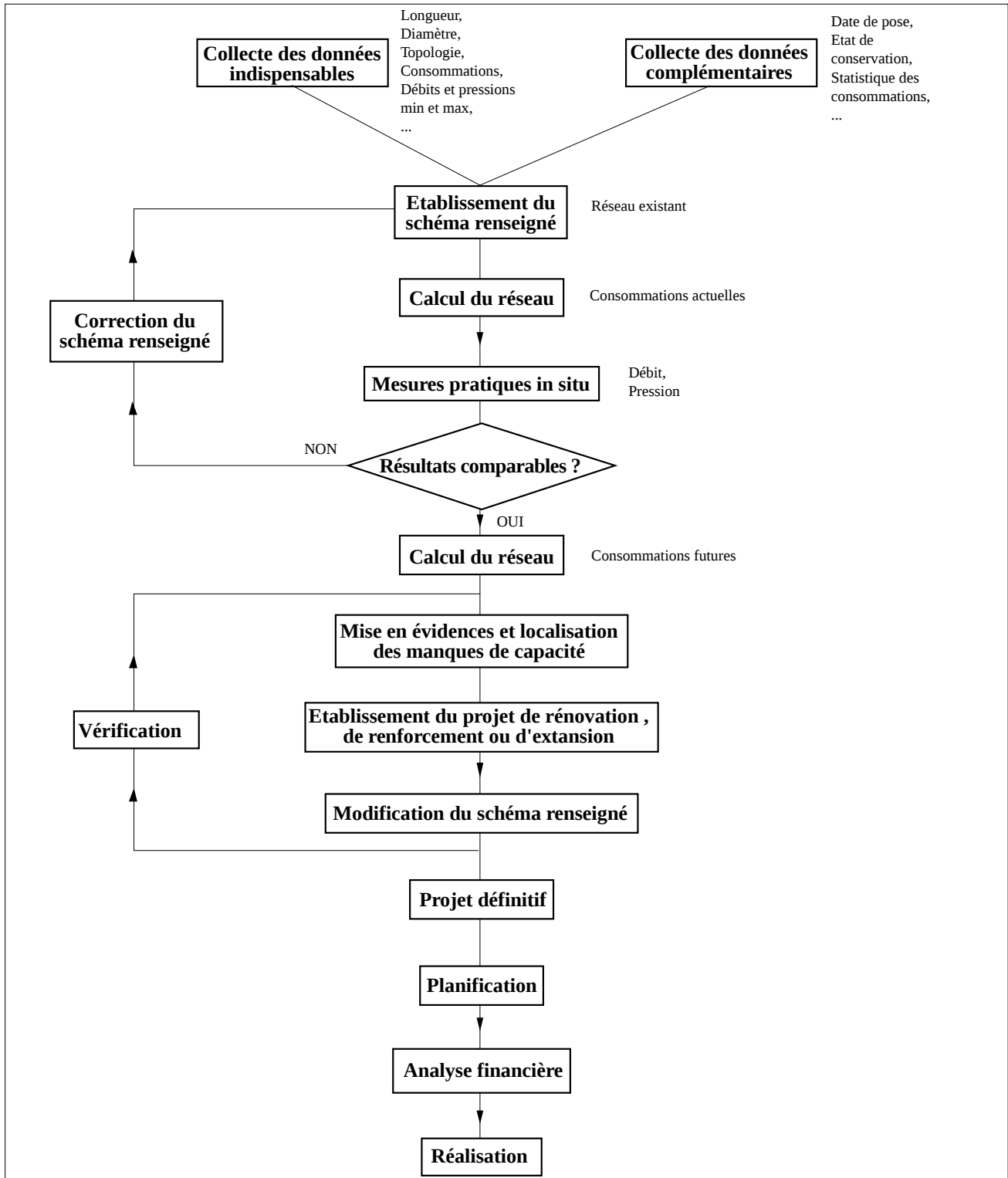


Figure 4.35: Schéma de la démarche proposée.

- Selon la topographie de la commune, il peut être indispensable d'établir un concept de distribution en définissant des zones de pression compatibles avec l'emplacement des réservoirs, des ressources en eau et du réseau de distribution existant. Il est important lors de ce découpage de ne pas multiplier inutilement le nombre d'étages de pression qui compliquerait l'exploitation du réseau.

Démarche du projet

Le projet de rénovation va se dérouler selon plusieurs phases (figure 4.36) :

- Collecte des données indispensables à la suite du projet qui conduira à l'établissement (ou la mise à jour) d'un schéma renseigné du réseau. Ce schéma renseigné permettra pour chaque tronçon de conduite de connaître son diamètre, sa longueur, la cote du terrain, ... , l'âge du tronçon et la consommation totale le long de celui-ci.
- Collecte de données complémentaires consistant par exemple à des prélèvements ou à des reconnaissances ponctuelles permettant de connaître l'état de conservation de certains tronçons de conduite ou de certains réservoirs.
- Calcul du réseau existant avec les valeurs de consommation actuelles amenant au calage de l'outil de calcul par des comparaisons entre résultats théoriques et relevés pratiques en plusieurs points.
- Calcul du réseau existant avec les valeurs de consommation futures amenant à la mise en évidence des tronçons de capacité insuffisante et des zones où la pression est insuffisante.
- Sur la base de ces résultats, du schéma renseigné et du plan de zones : établissement du projet de rénovation et au besoin de remplacement ou d'extension du réseau existant.
- Vérification du projet ou de l'étape du projet conduisant au besoin à un certain nombre de modifications.
- Analyse financière du projet définitif.
- Réalisation.

Données indispensables

Les données indispensables sont celles qui permettent de construire le schéma renseigné du réseau d'adduction et de distribution d'eau.

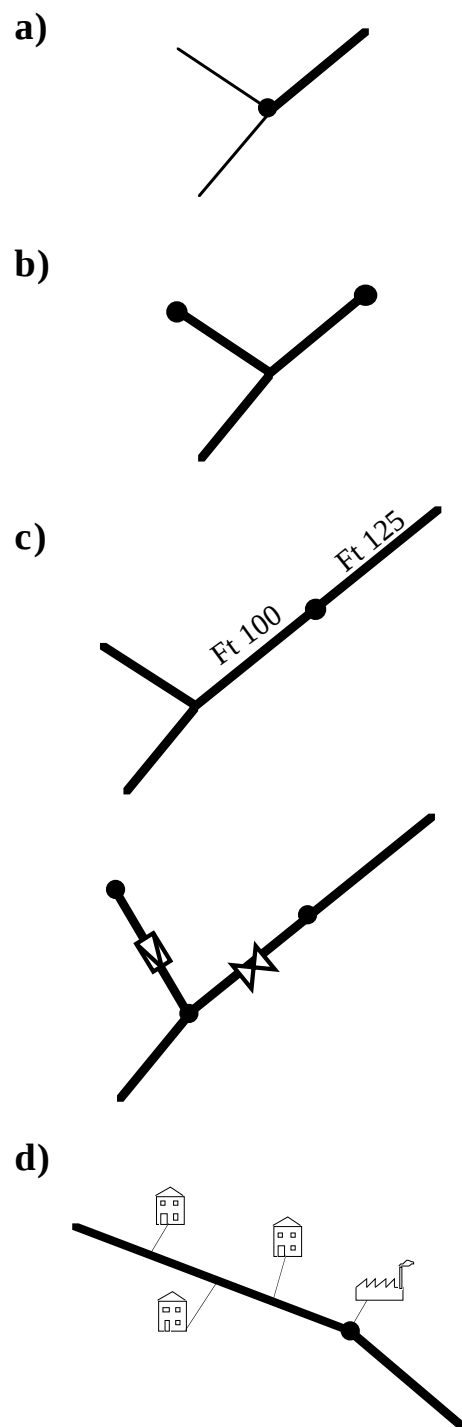


Figure 4.36: Découpage du réseau en tronçons homogènes.

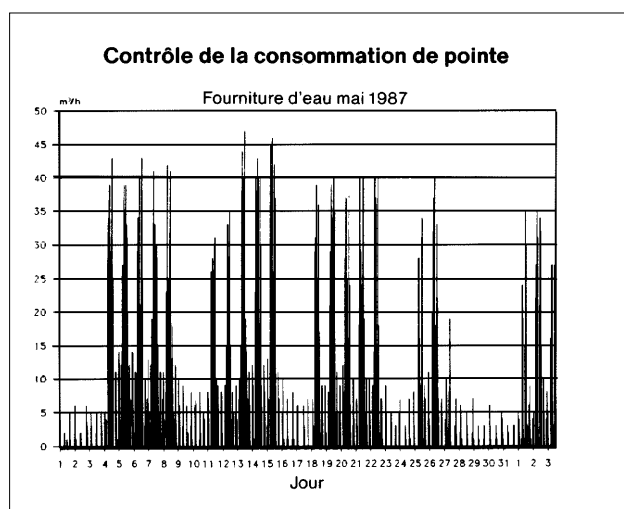
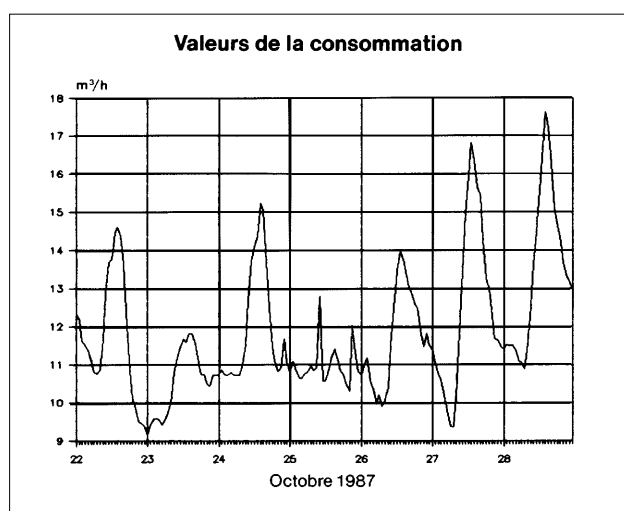


Figure 4.37: Profils de la demande.

La première étape consiste en un «découpage» du réseau en tronçons de conduites. Chaque tronçon est délimité par ses nœuds d'extrémité. C'est la localisation de ces nœuds selon des critères précis qui détermine ce «découpage». Les critères principaux pour la création d'un nœud sont par exemple:

- a) point commun à plusieurs conduites;
- b) antenne de réseau;
- c) changement de section le long d'une conduite ou emplacement d'un organe tel qu'une vanne de sectionnement, un réducteur de pression, ... ;
- d) dérivation alimentant un gros consommateur identifié.

Réseau d'adduction

- débit moyen et débit d'étiage des sources,
- capacité des réservoirs en eau de boisson et en réserve d'incendie,
- emplacement et diamètre des éventuelles prises d'eau sur des réseaux étrangers à la commune.

Réseau de distribution

- indication de la nature du tronçon (transport ou distribution),
- longueur de chaque tronçon,
- diamètre,
- nature,
- cote du terrain,
- consommation de pointe des gros consommateurs identifiés,
- consommation le long de chaque tronçon.

Pour ce dernier point deux méthodes principales peuvent être envisagées. Le choix de la méthode dépend principalement des données à disposition concernant les usagers raccordés à ce tronçon. En effet pour connaître la consommation de pointe le long de chaque tronçon, il faut savoir quels usagers y sont raccordés et leur consommation de pointe. La consommation de pointe est obtenue par un relevé détaillé de la consommation d'un ou d'un groupe d'usagers au cours de journées types (profils de la demande) (figure 4.37).

Un tel travail au niveau d'une commune complète est évidemment trop compliqué. Une méthode simplifiée basée sur des statistiques d'un grand nombre de personnes est habituellement utilisée. Les statistiques de consommation d'eau de boisson donnent pour une commune de taille moyenne les valeurs ci-contre.

A titre indicatif, lors de la saison de forte sécheresse de 1989, ce débit de pointe a atteint 1000 litres/jour/personne. La consommation d'eau de boisson d'un ménage atteint 200 litres/jour/personne.

Méthode détaillée

La méthode détaillée nécessite les opérations suivantes:

- relevés de consommateurs se trouvant sur chaque tronçon,
- calcul de la consommation de pointe de ces consommateurs,
- report de la consommation totale du tronçon sur les nœuds d'extrémités par moitié ou mieux de manière inversement proportionnelle à la distance séparant le consommateur des nœuds d'extrémité (figure 4.38),
- cumul de la consommation en chaque nœud.

On remarque que pour utiliser cette méthode détaillée, il faut réunir une quantité d'information considérable qui sans recours à l'informatique est difficilement gérable. De plus, lorsque l'étude vise à mettre en évidence les transformations qui seront nécessaires suite à la densification de la commune, on ne connaît que l'augmentation possible du nombre de personnes dans une zone et non leur localisation sur un tronçon. C'est pourquoi une méthode simplifiée est utilisée habituellement, la méthode détaillée s'appliquant généralement aux calculs de réseaux existants.

Méthode simplifiée

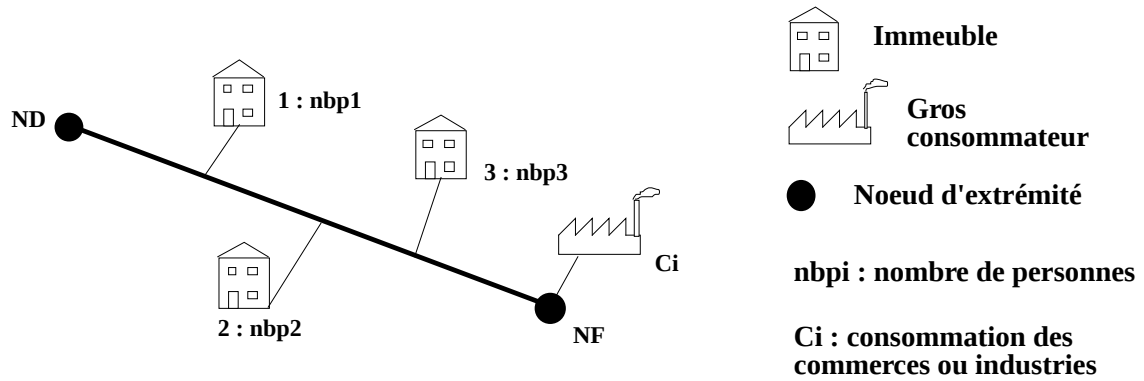
La méthode simplifiée nécessite de disposer d'un plan de zone de la commune et du tracé du réseau sur celui-ci. Les hypothèses de base de la méthode sont les suivantes:

- On admet pour une zone donnée que la consommation est homogène.
- On admet que la densité de consommation par mètre de conduite est uniforme.

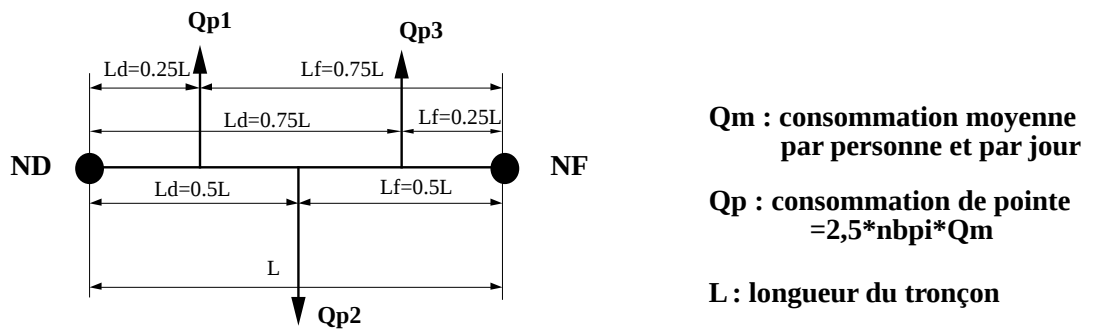
Pour connaître la consommation le long d'un tronçon, il suffit donc d'effectuer les opérations suivantes (figure 4.39):

- Pour chaque zone
 - calcul de la surface [m^2],
 - calcul de la densité de population [pers/ m^2],
 - sur la base de la consommation de pointe par personne, calcul de la consommation totale dans la zone [m^3 /jour],

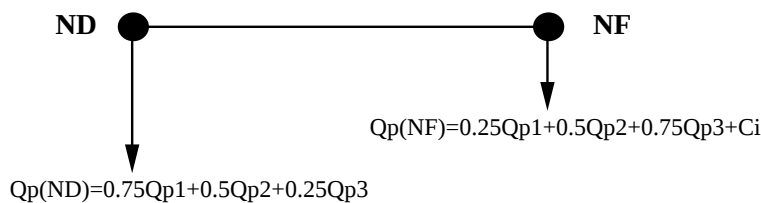
(A) Relevé des consommateurs situés le long du tronçon



(B) Calcul de la consommation de pointe et localisation des dérivation



(C) Répartition des consommations de pointe sur les noeuds

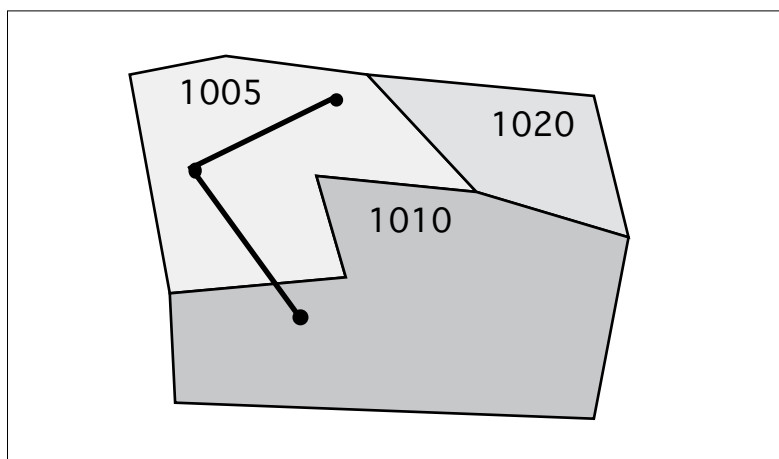


$$Qp(ND) = \sum (1 - L_d/L) Q_{pi} + C_i$$

$$Qp(NF) = \sum (1 - L_f/L) Q_{pi} + C_i$$

(D) Cumul en chaque noeud des consommations de pointe des tronçons communs

Figure 4.38: Méthode détaillée de calcul des consommations de pointe.



No tronçon	Nœud début	Nœud fin	Diamètre	Longueur	No Zone	% dans la zone	Consommation du segment	Consommation du tronçon
			(mm)	(m)		(%)	(m3/jour)	(m3/jour)
127	12	15	200	250	1005	100	1904	1904
128	15	19	150	180	1005	80	1096	1996
				180	1010	20	900	

No Zone	Surface zone	Densité population	Consommation domestique totale	Consommation industrielle au nœud	Numéro du nœud	Longueur totale des conduites dans la zone	Densité de consommation domestique
	(m2)	(hab/m2)	(m3/jour)	(m3/jour)		(m)	(m3/jour/m)
1005	20000	0.2	3000	1000	15	394	7.61
1010	12000	0.1	900			36	25.00

No nœud	Consommation des tronçons	Consommateurs industriels	Consommation totale
	/m3/jour)	(m3/jour)	(m3/jour)
12	952	0	952
15	1950	1000	2950
19	998	0	998

Figure 4.39: Méthode simplifiée de calcul des consommations de pointe.

- calcul de la longueur totale de conduites dans la zone [m],
- calcul de la densité de consommation par mètre de conduite [m³/jour/m].
- Pour chaque tronçon
 - connaissant sa longueur, la zone à laquelle il appartient (en partie ou totalement) et la densité de consommation de la zone, calcul de la consommation le long du tronçon,
 - report de la consommation sur les nœuds d'extrémité par moitié.
- Pour chaque nœud
 - cumul des consommations.

Les consommations importantes industrielles ou commerciales doivent être reportées indépendamment sur les nœuds auxquels elles sont rattachées. On remarque rapidement que les consommations en chaque nœud peuvent facilement être calculées de manière automatique et que les augmentations de densité de population ou de consommation sont introduites de manière immédiate.

Données complémentaires mais souhaitables

Ces données concernent principalement l'historique du réseau d'eau, à savoir :

- date de la pose des conduites et des équipements,
- dates de construction des réservoirs,
- reconnaissances ponctuelles, analyses de l'état de conservation de certaines conduites (corrosion ou incrustations),
- historique des consommations d'eau des années précédentes.

Analyse du réseau existant
(consommations actuelles)

A ce stade de l'étude nous disposons donc du schéma renseigné du réseau existant ainsi que de la consommation en tous les nœuds, ce qui constitue les données indispensables pour le calcul des débits, des pertes de charge et du sens de parcours de tous les tronçons ainsi que les pressions en tous les nœuds.

A l'heure actuelle ce calcul se fait par l'intermédiaire de programmes informatiques, surtout pour les réseaux maillés qui présentent une indétermination sur les grandeurs et les signes (sens de parcours) des débits et des pertes de charge de chaque tronçon. Une des méthodes la plus connue et la plus utilisée est celle imaginée en 1936 par le professeur Hardy-Cross, qui par approximations successives

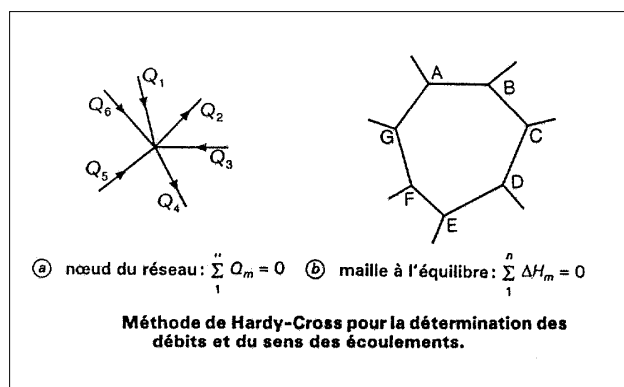


Figure 4.40: Méthode Hardy-Cross.

permet d'obtenir ces résultats de manière sûre et rapide (figure 4.40). Nous n'exposerons pas ici cette méthode, décrite dans de nombreux ouvrages.

Première étape du calcul de réseau

Le but de cette première étape de calcul du réseau existant est de calibrer les données du calcul par comparaison avec des relevés pratiques. Ces relevés pratiques consistent en une mesure de pression et de débit en plusieurs points du réseau et à relever les débits des adductions d'eau dans le réservoir pendant une période significative.

Le calibrage du modèle est nettement simplifié si l'on dispose des données complémentaires, notamment celles concernant l'âge des conduites. En effet, les incrustations dans les conduites augmentent la rugosité des parois, donc les coefficients de perte de charge liants le débit à la pression.

Certaines lois de perte de charge permettent d'introduire ce phénomène sous la forme d'un coefficient correcteur, par exemple celle des physiciens américains Williams et Hazen (figure 4.41).

Le résultat de ce premier calcul peut déboucher sur deux constatations :

- Les débits et pressions sont comparables à ceux mesurés. Le modèle décrit donc bien le réseau d'eau de boisson existant.
- Les débits et pressions sont très différents de ceux mesurés. Une aberration existe au niveau du schéma renseigné. Celle-ci peut être par exemple :
 - une erreur grossière dans le schéma du réseau,
 - un mauvais diamètre,
 - une mauvaise altitude,
 - etc.

La méthode de calcul étant fiable, ce type d'erreur peut généralement être rapidement localisé en étudiant les vitesses d'écoulement, les valeurs de perte de charge linéique et les pressions aux nœuds dont les valeurs dépassent celles usuelles pour un réseau d'eau de boisson.

Le modèle calibré du réseau existant permet donc déjà de localiser les tronçons surchargés ou les nœuds où la pression est insuffisante ou trop importante dans certaines zones, si le réseau existant est déjà surchargé.

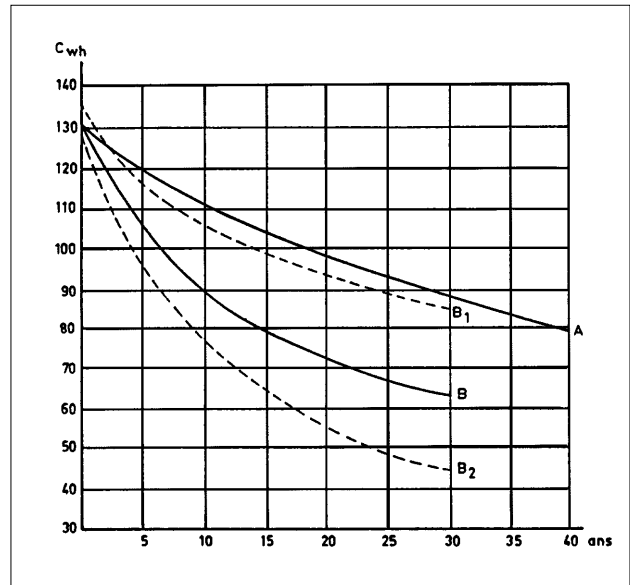


Figure 4.41: Influence de l'âge sur le coefficient C_{wh} de la formule de Williams et Hazen.

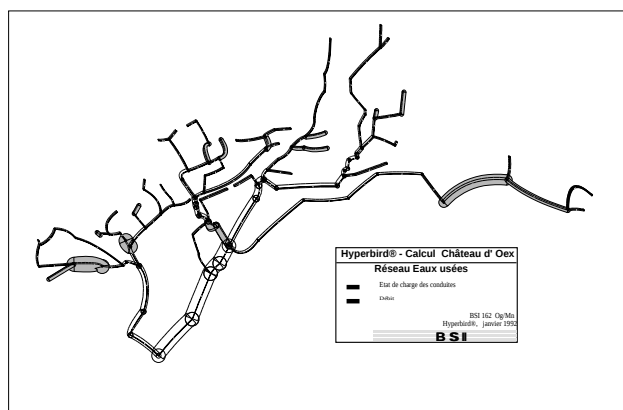


Fig. 4.42: Utilisation d'un module de calcul pour déterminer l'état de charge d'un réseau d'eaux usées. Le calcul est effectué à partir de la base de données cadastrale décrivant le réseau.

Analyse du réseau existant et projet de modification (consommations futures)

Cette analyse va permettre de localiser les tronçons qui ne permettront plus de faire face aux consommations futures et de déterminer si les réservoirs existants permettront encore d'absorber les pointes de consommation. En introduisant les valeurs de consommation future de pointe dans le modèle du réseau, on obtient la nouvelle répartition des débits dans tous les tronçons, les nouvelles valeurs de perte de charge et de vitesse ainsi que les pressions en tous les nœuds du réseau.

L'analyse va débiter par le suivi des conduites de transport servant à établir une liaison préférentielle entre les réservoirs et les consommateurs. Ces conduites de diamètre important, donc à faible perte de charge linéique, permettent de maintenir une pression suffisante et un débit important en un point éloigné du réservoir. La perte de charge linéique admissible dépend donc de la distance et de la dénivellation entre le réservoir et le point le plus éloigné du réseau de transport:

- localisation des tronçons de transport à modifier,
- calcul du nouveau diamètre sur la base de la perte de charge linéique maximum admissible ou d'une vitesse limite,
- modification du schéma renseigné du futur réseau.

On effectue à nouveau un calcul du réseau sur la base de ces nouvelles données et des consommations de pointe:

- vérification de l'influence des changements de diamètre du futur réseau de transport.

L'analyse du réseau de distribution se fait en deux étapes:

- 1° Dans les zones de faible densité de population, le diamètre est généralement imposé par la police du feu (ECA Vaud impose un diamètre de 125 mm):
 - conformité aux exigences des règlements cantonaux de défense contre l'incendie,
 - travaux à court terme d'augmentation du diamètre des conduites qui ne répondent pas à ce règlement dans les zones concernées.
- 2° Sur la base du résultat du calcul, mise en évidence des tronçons de diamètre supérieur à 100 mm qui sont surchargés ou des nœuds où la pression dynamique est insuffisante:
 - localisation des tronçons et augmentation des diamètres (travaux à moyen terme),

- mise en évidence des zones sous-équipées,
- création des extensions du réseau dans les zones sous-équipées (travaux à moyen terme),
- modification du schéma renseigné du futur réseau.

Un dernier calcul du schéma renseigné, toujours avec les consommations de pointe, permet de vérifier les modifications effectuées. Si celles-ci sont satisfaisantes on dispose alors des débits de pointe aux différents points d'entrée du réseau :

- vérification de la capacité des réservoirs,
- calcul des augmentations de capacité ou localisation de nouveaux réservoirs possibles sur la base de la consommation de pointe, de l'emplacement des points d'adduction (sources, prises d'eau, ...).

Après cette analyse détaillée, on dispose donc de tous les éléments nécessaires à l'établissement du projet de rénovation. Une analyse financière du projet permettra ensuite de déterminer si les ventes d'eau suffiront, compte tenu des ressources de la commune en eau et des tarifs d'achat et de vente de l'eau de boisson.

Conclusion

Une étude de ce type nécessite une grande quantité d'informations tant au niveau de la population et de sa consommation que du réseau de distribution et d'adduction d'eau de boisson.

A cette occasion il est intéressant de démarrer une informatisation de ces données, par exemple en créant des fiches informatiques pour les éléments suivants :

- Une fiche par bâtiment, avec le nombre de personnes s'y trouvant et sa localisation.
- Une fiche par tronçon du réseau avec des indications concernant ses nœuds d'extrémité, la longueur, le diamètre, la date de pose et les bâtiments raccordés le long du tronçon ainsi que les organes tels que vannes, réducteurs de pression, etc.
- Une fiche par nœud du réseau avec ses coordonnées, son altitude, etc.

L'ensemble de ces fiches constitue ainsi le schéma renseigné du réseau qui peut même être superposé à des plans cadastraux par exemple ou lié au modèle de calcul.

Un tel outil représente une aide idéale pour le gestionnaire du réseau et peut être vite amorti par le fait qu'il évite de poser des conduites de diamètre exagéré.

5. L'informatique comme outil d'aide à la gestion

5.1	Etapes de la gestion intégrée des réseaux	165
5.1.1	Gestion intégrée: principes	165
5.1.2	L'établissement du plan directeur énergétique	166
5.1.3	La tenue à jour du cadastre et des informations des réseaux	168
5.1.4	La conduite en temps réel d'un réseau	170
5.1.5	Les freins	179

5.2	Traitement de données en fiches	181
5.2.1	Introduction	181
5.2.2	Organisation des données en fiches	181
5.2.3	Types de fichiers	182

5.3	DAO, CAO et GAO	184
-----	-----------------	-----

5.4	Systèmes informatiques	187
5.4.1	Comment choisir?	187
5.4.2	Points importants lors du choix	187
5.4.3	Exemples de logiciels du marché (1991)	190

5. L'informatique comme outil d'aide à la gestion

5.1 Etapes vers la gestion intégrée des réseaux

5.1.1 Principes généraux

L'informatisation des réseaux nécessite une description des composants puis une description des tâches à effectuer sur ces réseaux (objectifs, voir chapitre 4) et finalement une bonne compréhension des rôles des partenaires. Mettre en place un système informatique, c'est forcément découvrir des méthodes perfectibles et remettre en cause des choix sur les composants, les méthodes et les normes appliquées.

Par ailleurs, si l'informatisation des réseaux peut faciliter les tâches de mise à jour des plans, elle offre des possibilités nouvelles dans la conduite en temps réel des réseaux, pour améliorer la qualité et la performance de la prestation fournie à l'utilisateur.

La gestion informatisée des réseaux doit tendre à réconcilier les tâches de planification, de construction ou d'entretien et les tâches de conduite en temps réel, ce que l'on désignera par «gestion intégrée».

Dans ce sens, la gestion n'a plus pour objectif de fournir des plans de réseau mais de fournir des prestations à l'utilisateur de manière sûre, économique et respectueuse de l'environnement.

Sur le plan des composants, l'infrastructure urbaine comprend des procédés de transformation, des procédés de stockage, des procédés de distribution d'informations, de matières et de personnes.

Ce «découpage» s'applique aux principaux réseaux urbains :

- électricité,
- gaz,
- chauffage à distance,
- eau de boisson et eau usée,
- route et cheminement,
- PTT, télé réseau, réseaux locaux.

Derrière toutes les facilités offertes aujourd'hui à la population se cache une suite de procédés qui se résument ainsi :

production – transport – utilisation

Ces trois étapes sont *indissociables*.

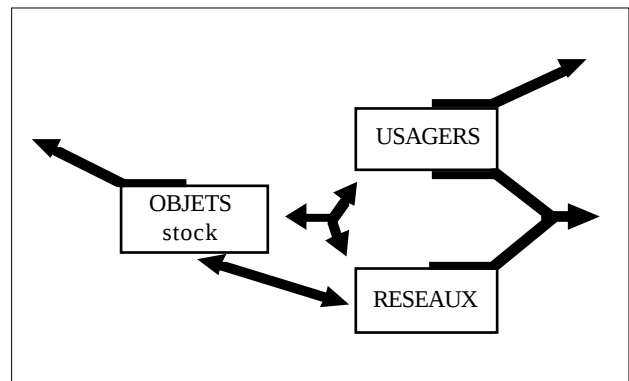


Figure 5.1: Les trois fichiers de base pour la gestion d'un réseau.

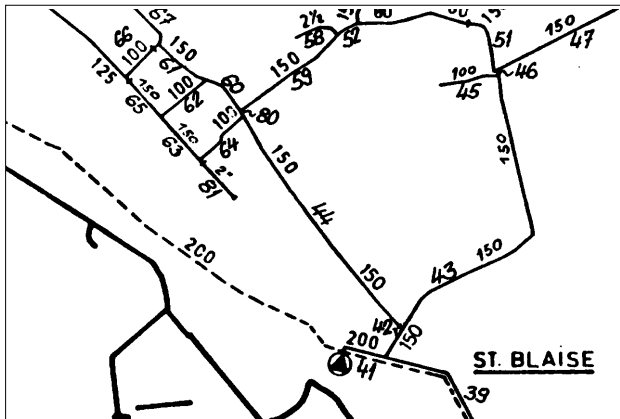


Figure 5.2: Le «fichier des réseaux» permet d'établir tout plan de réseau à toute échelle. En liaison avec le «fichier des usagers», il peut permettre la conduite en temps réel du réseau.

La gestion du réseau touche principalement l'étape «transport».

Trois questions fondamentales, inhérentes au transport des agents dans un réseau se posent:

- Quand et où faut-il construire un réseau ?
- Comment assurer la tenue à jour des informations définissant un réseau ?
- Comment maîtriser les agents qui circulent dans un réseau ?

Un système informatique permettant une gestion intégrée devra répondre à ces trois questions avec les étapes suivantes :

- Planification des constructions et de l'entretien : à l'aide d'un «Fichier des objectifs».
- La tenue à jour du cadastre et des informations des réseaux : à l'aide d'un «Fichier des réseaux».
- La conduite en temps réel d'un réseau : à l'aide d'un «Fichier des usagers».

5.1.2 Planification des constructions et de l'entretien: le fichier des objectifs

La constitution d'un réseau public permet, par la concertation entre producteurs et usagers, de réduire la longueur de conduite que nous aurions en liant chaque usager à une source ou à un pompage. Ainsi, et de manière fondamentale, tout nouveau raccordement bénéficie d'investissements antérieurs et par conséquent, par le paiement de sa contribution, réduit la charge du réseau pour les autres usagers. La construction et le développement harmonieux d'un réseau dépendent ainsi de la combinaison de trois aspects:

- constitution de réserves de capacité pour de nouveaux abonnés lors de la construction,
- organisation du développement pour minimiser le coût de chaque raccordement, le tarif étant fixé initialement,
- création de redondances ou de bouclages pour augmenter la sécurité.

L'établissement de plans directeurs permet d'organiser le développement des réseaux et facilite la collaboration avec les autres services. Il permet en outre de fixer le rythme de construction et de rénovation des réseaux, notamment lors de changement de technologies comme le passage au gaz naturel, le changement de type de tuyau ou, dans le cas du gaz, le recours à la basse pression améliorée.

	Service technique	Service d'exploitation	Service commercial	Dispatching	Bureau marketing	Service des abonnements	Laboratoire	Autres services publics
Fichier des usagers								
Fichier des réseaux								
Fichier des objets								
Fichier des stocks								
Logiciel dessins et schémas								
Logiciel facturation travaux								
Logiciel facturation consommation								
Logiciel simulation								
Télémesure								
Automate								

Figure 5.3: Grille d'analyse des besoins au sein d'un service, permettant de définir les échanges d'information nécessaires.

Le système informatique devra alors faciliter l'évaluation technique et économique des plans directeurs et prendre en compte la rentabilité, les pertes et les émissions éventuelles dans l'environnement.

Si les avantages et les inconvénients d'une planification technique élaborée sont bien connus, les rétroactions du marché sur le développement du réseau sont moins bien connues.

Or, si la qualité d'un réseau d'égout n'a que peu d'influence sur la construction et les quantités à transporter, dans le cas du réseau routier l'amélioration de la qualité de la route induit une augmentation du trafic. De même un chauffage urbain mal entretenu est sujet à des pertes et donc des coûts élevés qui dissuadent les utilisateurs potentiels.

Même en matière de réseau d'eau, certaines communes ont laissé leur réseau se dégrader. Elles n'ont maintenant plus les ressources suffisantes pour l'entretenir ou le rénover, tandis que les communes qui, elles, l'ont développé, conservent les structures et les moyens financiers leur permettant de le développer encore et de l'étendre sur les communes voisines.

A cette complexité économique de la vie des réseaux s'ajoute la complexité technique; pour les réseaux maillés ou pour les systèmes comportant des producteurs multiples tels que des sources ou des stations de pompage, la détermination des capacités et des réserves est plus complexe et prend en compte les lois des écoulements constituant le modèle physique du réseau et les modes d'opération ou de gestion en temps réel (voir chapitre 4.6 à titre d'exemple).

Aux travaux de construction ou de développement s'ajoutent les travaux d'entretien :

- entretien curatif,
- entretien préventif.

L'entretien curatif comprend des réparations et des travaux non planifiés. L'entretien préventif est la part de ces travaux qui peut être planifiée et par conséquent coordonnée avec les autres services, en accord avec les concepts de gestion par objectifs.

Les travaux de construction, extension et entretien peuvent être décomposés en objectifs ou objets permettant l'établissement d'un dossier technique informatisé suivi depuis la conception avec demande de crédit, réalisation et archivage (figure 4.30, § 4.3).

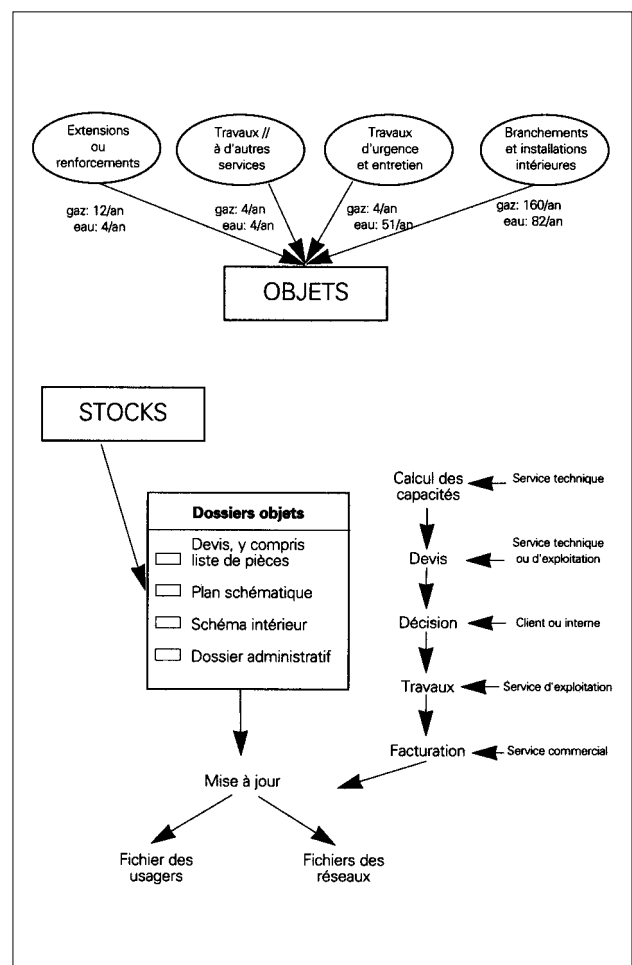


Figure 5.4: Dossier d'objet ou d'objectif: circulation et usage.

Une décomposition trop fine des objectifs complique le suivi alors qu'une décomposition trop globale supprime la mobilité d'adaptation face aux demandes de raccordements ou aux disponibilités financières.

Dans le cas du réseau de gaz de Neuchâtel, les interventions sont décomposées en 200 à 400 dossiers par an.

Dans la théorie, chaque dossier prêt sur le plan technique contient des données sur ses coûts et sur les avantages pour les usagers et le réseau; il devrait aussi comprendre les interactions avec les autres réseaux. Les paramètres donnent la priorité interne de cet objectif et les réalisations d'autres services peuvent modifier ces priorités.

Et finalement les objectifs sont réalisés par ordre de priorité en fonction des contraintes impératives ou des disponibilités financières

5.1.3 La tenue à jour du cadastre et des informations des réseaux: le fichier des réseaux

Les réseaux une fois construits doivent être tenus à jour.

Ces données constituent le *fichier des réseaux* qui existe actuellement dans chaque entreprise de distribution ou service technique sous forme de plans papiers cadastraux. Cette technique d'archivage possède plusieurs désavantages:

- Si la description géographique des composants des réseaux (squelette) peut être ainsi bien faite, la description de l'état de certains composants ou connexions (vannes ouvertes ou fermées, conduites en ou hors service), compte tenu du caractère évolutif de cet état, est extrêmement difficile à saisir par ce moyen. On doit alors souvent recourir à la «mémoire collective» du service pour reconstituer l'état des connexions. On conçoit qu'un tel mode d'action ne facilite pas la gestion en temps réel du réseau, étape ultime d'une gestion intégrée.
- Les surfaces de papiers sont souvent importantes par rapport aux besoins réels (format inadapté, recouvrement, ...).
- Les échelles des plans de réseaux qui varient très souvent d'un service public à l'autre, de même qu'un légendage très dense, rendent difficile la superposition des plans.

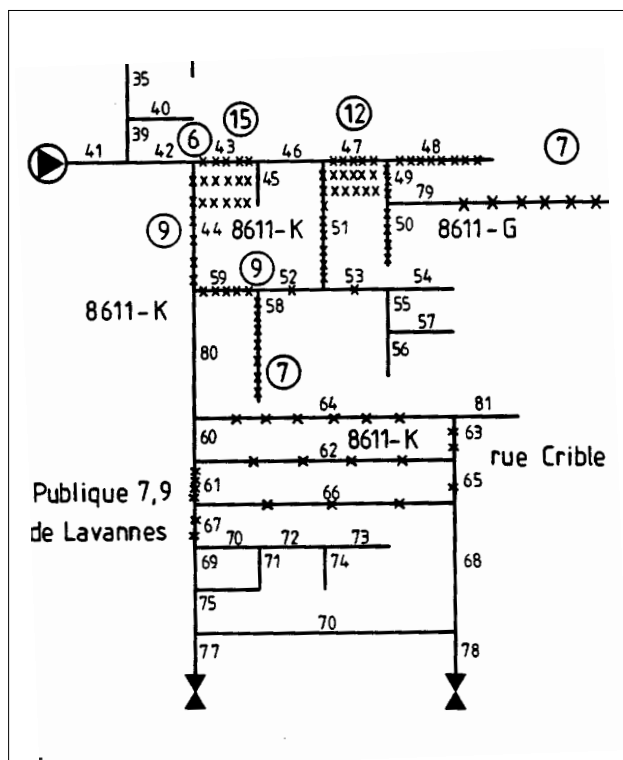


Figure 5.5: Plan schématique papier d'un réseau: la tenue à jour nécessite deux interventions, l'une sur le plan topographique, l'autre sur le plan schématique.

- Enfin la pratique montre que la lourdeur des procédures de mise à jour des plans papiers entraîne très souvent un décalage entre les plans et l'état réel des réseaux.

Cet état de fait conduit à envisager des techniques plus performantes pour la description des réseaux.

La saisie informatique devrait permettre à terme une planification plus rationnelle des réseaux concurrents de distribution d'eau et d'énergie, *pour autant que l'on dispose de données fiables et mises à jour.*

L'interface entre le schéma du réseau mis à jour par le service (figure 5.5) et le tracé géographique réel des conduites (figure 5.2) à construire ou à gérer peut être réalisée de manière simplifiée grâce à un cadastre digital ou par la lecture au scanner d'ortho-photo aérienne stockée comme image pictorielle.

Finalement, chaque réseau doit être protégé lors de chantiers et de travaux urbains et les coûts de recherche de câbles peuvent être très élevés. Le cadastre, qui réduit ces coûts s'il est de qualité, est aussi nécessaire pour la construction et l'entretien de chacun de ces réseaux. Dès lors chaque partenaire urbain a ainsi intérêt à diffuser ses données propres et à pouvoir accéder à l'ensemble des données depuis sa place de travail et bientôt depuis le chantier par terminaux ou PC portables.

La mise à jour du cadastre des réseaux urbains est par nécessité plus rapide que celle du cadastre officiel. Ainsi, beaucoup de services industriels ont leurs propres équipes de relevé et de mise à jour, parfois empirique, des plans.

Les conduites électriques, par exemple, sont souvent repérées par rapport à des objets existants dans le terrain (angle de maison, portail d'entrée, muret, etc.). Mais malheureusement, les services électriques ne gèrent pas ces objets qui sont susceptibles de disparaître sans que cet état de fait soit porté à leur connaissance.

Etant donné la densité croissante des structures de réseaux en milieu urbain, la représentation et la mise à jour des réseaux sur les plans cadastraux deviennent ardues. Certains plans sont tellement denses en lignes, coupes, cotes et en symboles divers, que leur mise à jour oblige les dessinateurs à un véritable travail d'artiste, que pour le moment aucun logiciel n'égale.

Pour dépasser la simple machine à dessiner, il est nécessaire, dès l'origine de l'informatisation et si le logiciel le permet, d'élaborer une banque de données ou des banques de données pour la gestion intégrée des informations.

A l'idéal, cette banque de données est totalement couplée à la représentation cadastrale.

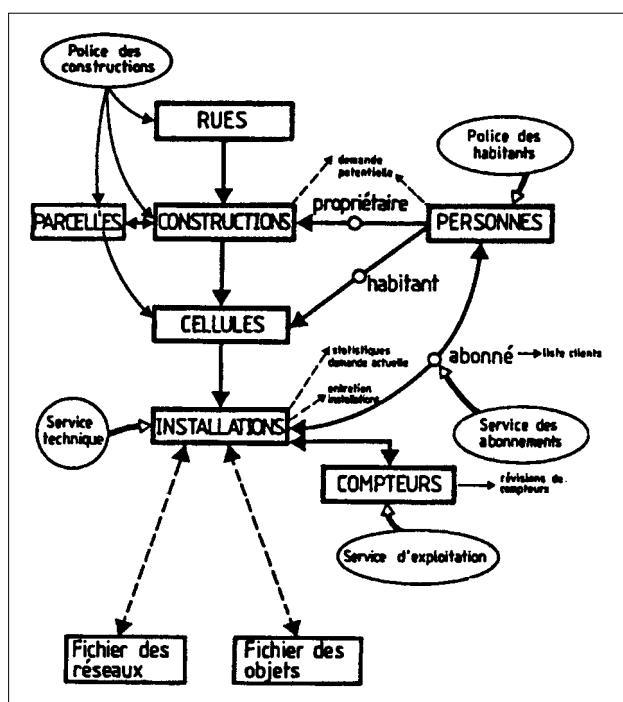


Figure 5.6: Structuration des informations en base de données des usagers à Neuchâtel.

L'outil informatique ainsi que l'augmentation considérable des capacités de stockage de l'information à des prix abordables obligent les services à une réflexion et une analyse complète de la représentation et de la gestion futures de leurs réseaux. L'outil informatique ne doit pas forcément garder en mémoire le cadastre ou la schématique tels qu'ils sont représentés actuellement, car nous n'aurions alors, dans bien des cas, fait qu'informatiser les problèmes actuels. Il doit par contre permettre d'épurer les représentations cadastrales actuelles. Il doit faciliter l'accès à l'information non pas en surchargeant le graphisme par une multitude de lignes, de symboles ou de couleurs, mais par une succession de fenêtres graphiques et alphanumériques permettant de faire apparaître en tout temps l'information désirée à l'endroit propice.

Il doit en outre permettre un échange d'information entre différents services communaux, cantonaux ou autres pour faciliter et garantir une mise à jour constante des données. Il doit conserver les caractéristiques d'une quantité d'éléments entrant dans la composition d'un réseau (par exemple : section et type de câble, section et type de canalisation, etc.) ceci pour permettre par exemple des calculs de simulation de charge, d'optimisation de couplage, ou calculs de chute de tension pour les réseaux électriques.

La gestion intégrée poursuit les objectifs suivants :

- partage des informations entre services (plans et textes);
- mise à disposition partielle des données aux projeteurs et mandataires (architectes, ingénieurs, entrepreneurs), aux usagers et au public;
- intégration des phases de projet de construction et de gestion en temps réel.

5.1.4 La conduite en temps réel d'un réseau: le fichier des usagers

Le contrôle informatique en temps réel via la facturation et même la télémesure permet de mieux connaître la demande et par conséquent de fournir des données précieuses pour la planification de la construction et de l'entretien. Nous parlerons alors de *gestion des flux*.

Ce contrôle permet d'augmenter la fiabilité de la prestation fournie, de minimiser les pertes de distribution et d'optimiser l'usage des ressources et des installations de transformation et stockage. Pour

réduire les pointes de demande, il est usuel de couper les chauffages électriques ou les lave-linges électriques quelques heures par jour. L'électronique décentralisée permet d'obtenir les même effets, mais de manière plus souple pour le gestionnaire et plus nuancée pour l'utilisateur; il s'agit alors d'une gestion centrée sur l'utilisateur ou *gestion optimale*.

La comparaison de l'état mesuré d'un réseau à l'état simulé par un modèle de calcul permet en outre de mieux connaître les flux dans le réseau et par conséquent les réserves de capacité ou les insuffisances locales. Par ailleurs, le bouclage des réseaux permet

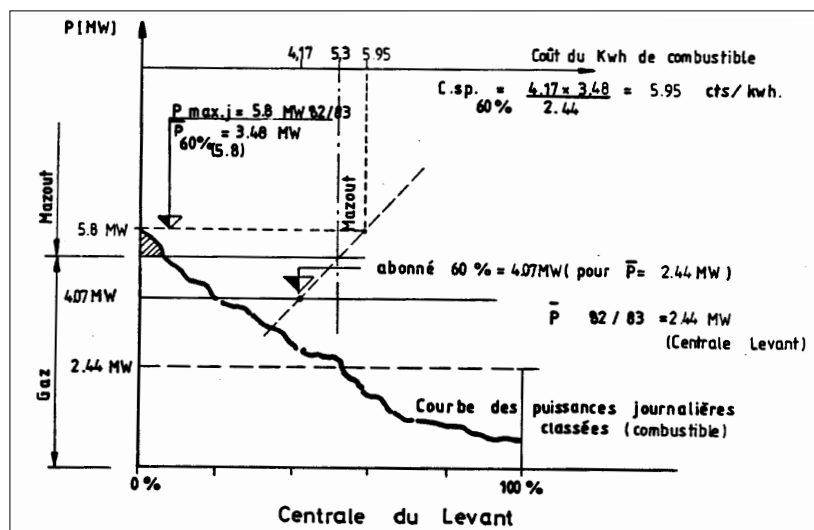
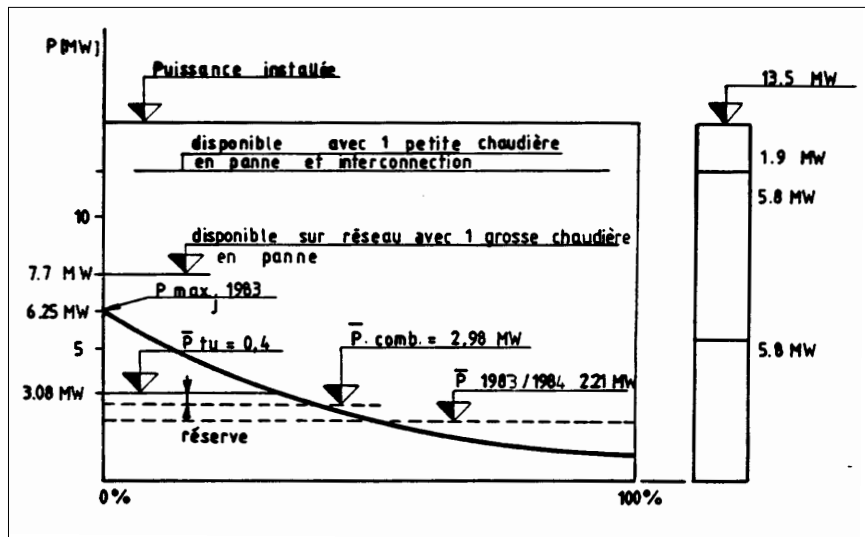


Figure 5.7: Relation entre la puissance de base et la puissance journalière de pointe.

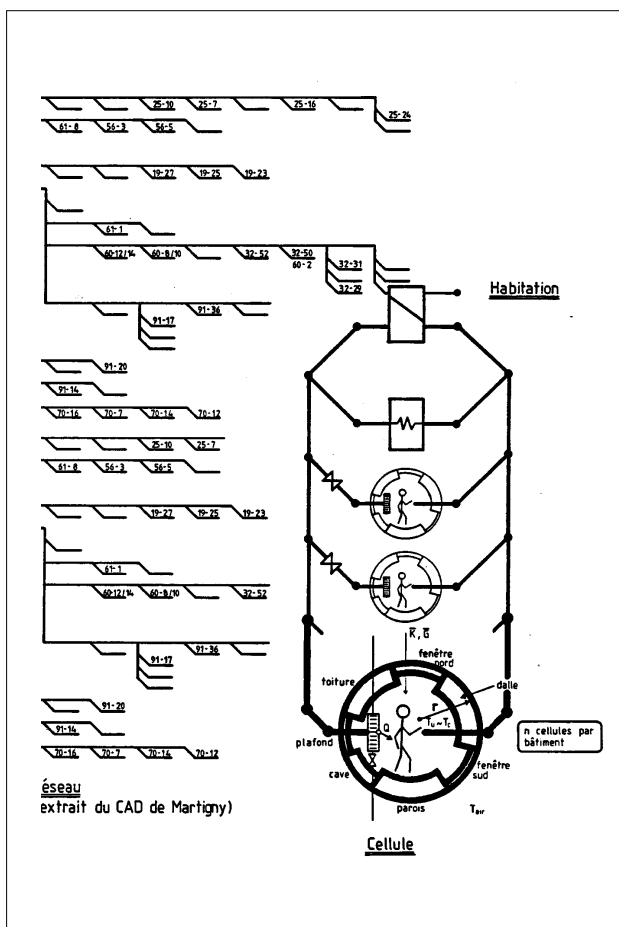


Figure 5.8: Gestion du réseau de chauffage à distance centrée sur l'utilisateur.

de retarder les extensions planifiées des infrastructures, augmentant ainsi la rentabilité de l'existant sans risque excessif de perturbation. Un résultat comparable peut être obtenu grâce à la *gestion prévisionnelle* des niveaux de température ou de pression dans un réseau.

Gestion des flux

La gestion intégrée des réseaux requiert donc la constitution du *fichier des usagers*.

Ce fichier existe, au moins sous forme embryonnaire, dans l'ensemble des services distributeurs d'électricité, d'eau et de gaz: c'est le *fichier des compteurs*, qui permet leur gestion et celui des abonnés, utilisé pour la facturation des consommations. Celui-ci a été parmi les premiers fichiers à être traité à l'aide d'outils informatiques.

Mais le fichier des usagers, dans une forme étendue, doit permettre la définition géographique de la demande actuelle et potentielle. A l'appui de cette extension nécessaire, la figure 5.6. présente un concept de fichier d'usagers tel que défini à Neuchâtel en 1988.

La base de données des usagers est construite autour d'une colonne vertébrale constituée d'un ensemble de rue, construction et cellules (appartements, magasins). Cette colonne est commune à l'ensemble des services communaux (PTT, police, urbanisme). Au niveau des services industriels, les installations d'usager sont rattachées à la cellule dans laquelle elles se trouvent. Un fichier des personnes, tenu à jour par la police des habitants, est lié aux différents éléments de la colonne vertébrale par des liens de propriété, d'habitat ou d'abonnement.

La mise en œuvre de cette banque de données centralisée se révèle d'un usage assez lourd. Ceci tient aux limitations d'accès (protection de la sphère privée) et au fait que la base est gérée par un grand nombre de services divers dont les priorités diffèrent. Une décentralisation des informations au niveau des services paraît préférable pour des communes de taille inférieure.

Le fichier des usagers, celui des objets ou objectifs et celui des réseaux constituent la base de l'informatisation des réseaux (figure 5.1).

Cette structure d'informations peut être complétée par des programmes de traitement:

- La facturation des consommations et l'établissement de statistiques basés sur le fichier des usagers.
- Les calculs de capacité (simulation de flux physiques) et la gestion en temps réel, qui intègre les données relatives aux usagers et aux réseaux.
- Le dessin et la mise à jour des plans de réseaux, sur la base des modifications induites par les objets.

Tant les fichiers de données que les programmes de calcul sont communs à plusieurs entités constituant un service de distribution (figure 5.3). Il est donc nécessaire de leur donner une structure qui les rendent accessibles aisément. Ceci peut présenter des difficultés, dans la mesure où, dans les structures existant actuellement, la fragmentation des données s'accompagne souvent d'habitudes de travail propres à chaque entité.

Gestion optimale

Pour éviter une ingérence des services publics chez l'utilisateur, ceux-ci sont en général tenus de mettre à disposition en permanence une réserve de débit, pression ou température permettant de faire face à toute demande potentielle. Le principe est corrigé par l'introduction de tarifs différenciés, de contacts d'interruptibilité ou de télédélestage du chauffage notamment. Cette réserve de puissance induit des pertes de pompage, des déversements d'eau ou le non-usage des capacités de stockage du réseau de gaz par exemple. Or dans le cas de réseaux de distribution, une part très importante des coûts est liée à l'amortissement des investissements, indépendamment de l'usage fait. Toute action qui permet de décharger le réseau lors des pointes contribuera ainsi à réduire le coût global (figure 5.7).

Dans ce sens, pour éviter de fournir des prestations qui ne sont ni requises ni perçues, *il importe de déterminer au niveau de l'utilisateur le moteur de la demande*. En matière d'eau, les usagers auront besoin selon le cas de débits, de pressions ou de qualités spécifiques. Assurer à chacun le plus grand commun multiple pourrait coûter trop cher. En matière de gaz, le fait de vendre un niveau de confort et non une quantité d'énergie permet de mieux bénéficier des progrès techniques. Par exemple l'analyse continue des consommations permet au distributeur de détecter des anomalies de régulation ou d'optimiser la mise en marche du chauffage à la mi-saison. Le fait d'inclure ce service dans le prix de vente du kWh permet de réduire la consommation d'énergie et les émissions dans l'environnement

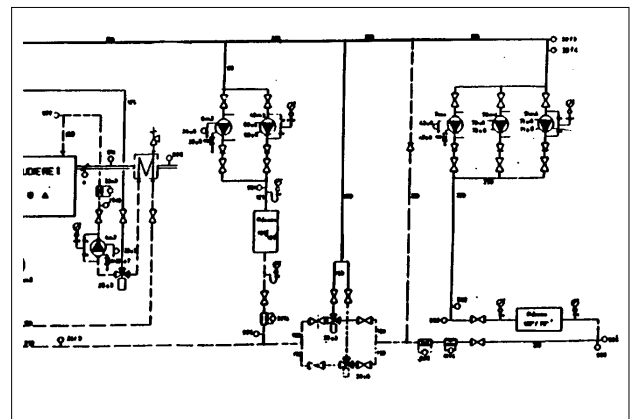


Figure 5.9: Schématique traditionnelle d'un réseau CAD.

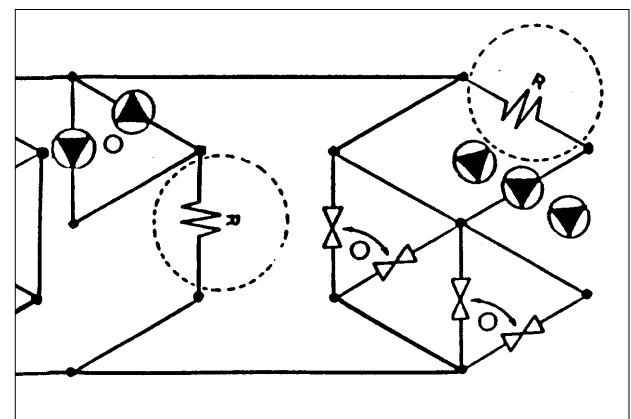


Figure 5.10: Schématique du réseau CAD de la figure 5.9 adaptée au calcul hydraulique et théorique du réseau permettant une gestion prévisionnelle à l'aide de modèle de demande.

sans qu'il en coûte à l'utilisateur, qui maintiendra le montant de sa facture mais avec une réduction du nombre de kWh. Notons que le programme de la Confédération «Energie 2000» prévoit pour le chauffage cette substitution de l'énergie par l'information en autorisant le propriétaire à reporter les frais de gestion optimale sur le locataire. La voie est ainsi ouverte à une extension de ces concepts aux autres réseaux.

Actuellement, plusieurs entreprises mettent sur le marché des systèmes de régulation du chauffage où chaque usager peut requérir un niveau de température adapté à son activité dans la journée et cela pièce par pièce.

La figure 5.8 représente un schéma de chauffage à distance qui peut décrire chaque cellule des bâtiments, permettant ainsi de suivre le cheminement de l'énergie, de la production jusqu'à l'utilisateur, qui joue le rôle qu'il aurait dû toujours jouer : le rôle central.

Gestion optimale et prévisionnelle

La plupart des réseaux disposent de plusieurs sources d'approvisionnement; les sources et les pompes pour l'eau, l'achat, le stockage ou la production pour le gaz. Lorsque le gaz est associé à des utilisateurs interruptibles, à du chauffage à distance ou est relayé par du mazout lors des pointes de demande ou lors de modifications tarifaires, le niveau de variété du système augmente. Et plus le niveau du système est élevé, plus grandes sont les possibilités d'optimisation.

Chaque producteur a des caractéristiques spécifiques de coûts liés aux tarifs, à la structure des frais d'exploitation ou aux délais de mise en marche. Ainsi l'ordre dans lequel les diverses ressources sont mises en jeu aura un effet sensible sur les coûts globaux, et l'ensemble des composants doit être connu dans l'optique d'une gestion dynamique.

La figure 5.9 illustre le cas de La Chaux-de-Fonds (CRIDOR) dont l'usine d'incinération alimente le chauffage urbain. De nuit, les utilisateurs ferment leur chauffage et l'énergie produite à CRIDOR est perdue; le lendemain, il faut effectuer la relance matinale avec du gaz.

Un concept de gestion prévisionnelle en cours de mise en œuvre, faisant référence à une schématisation plus adaptée aux traitements informatiques et recourant au dialogue avec l'utilisateur, permettra des économies substantielles (figure 5.10).

Au-delà de la gestion optimale, il est possible de mettre sur pied des concepts de *gestion prévisionnelle*. Ainsi dans un système à pressions contrôlables, il est possible de monter la pression pour anticiper sur les pointes de demande en utilisant le réseau comme stock. De manière analogue, en fin de pointe de demande, si les modèles de demande ont été calibrés avec précision, il est possible de laisser baisser la pression dans des limites pré-établies. A titre d'exemple, la figure 5.11 représente les puissances moyennes journalières avec des pointes de courtes durées qu'il est possible de réduire sur la base d'un modèle de consommation et de prévision météorologique à court terme.

De manière semblable, un modèle de consommation d'eau tenant compte de l'effet de pluviométrie et des habitudes des usagers peut être généré. En matière de consommation d'électricité, les études entreprises ont permis de montrer que la courbe de

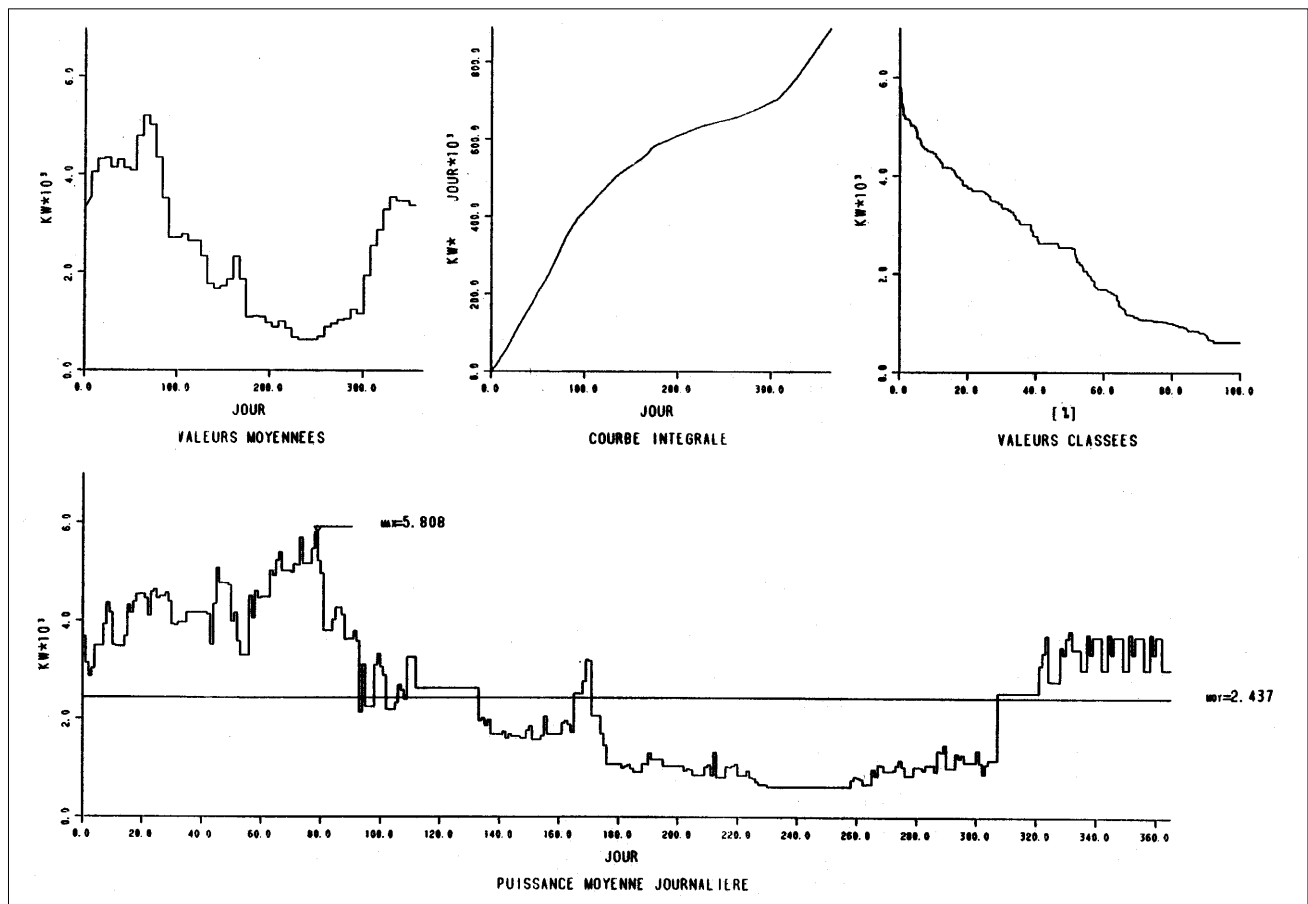


Figure 5.11: Consommation moyenne de gaz; chauffage à distance de Martigny.

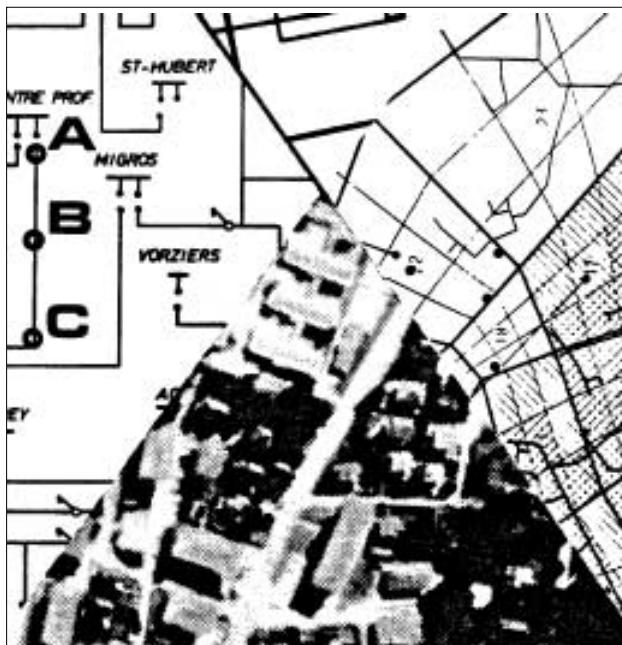


Figure 5.12: Vues superposables d'un système urbain.

charge peut être reconstruite à l'aide de courbes élémentaires relatives à chaque type de prestation (figure 5.13). En matière d'eau, la démarche semblable peut être corrélée avec les prévisions météorologiques de manière à minimiser les pompages et les déversements. On peut envisager de même que le débit des fontaines soit variable en fonction du coût marginal de l'eau.

De manière générale, nous pouvons identifier les fonctions de régulation suivantes:

- fonctions manuelles, vannes, fontaines, pompes;
- fonctions réflexes, visant à maintenir un seuil donné, tel que niveau d'eau, pression ou débit;
- consigne synchronique, fonction réflexe dont le seuil peut varier en fonction du temps ou à l'aide d'horloges;
- automate programmable. En fonction de l'expérience acquise, l'automate procède au contrôle de l'installation sur la base d'algorithmes fixes utilisant les fonctions de plus bas niveau;
- automate expert. Le fait de combiner plusieurs informations telles que *les prévisions d'un modèle de demande et de prévisions météorologiques* en tenant compte des expériences faites et des comportements observés, conduit à des systèmes experts fonctionnant avec ou sans intermédiaire de l'opérateur.

Le gain de chaque niveau dépend du type de réseau, mais de manière générale ces procédures permettent de:

- *limiter les pertes et puissances auxiliaires;*
- *maximiser la prestation fournie pour une infrastructure donnée;*
- *augmenter à long terme la fiabilité des systèmes.*

Toutefois, cette progression doit se faire en s'assurant qu'une panne des organes de contrôle de haut niveau laisse le système en fonction, simplement de manière moins efficace.

La gestion optimale et prévisionnelle utilise le fichier des réseaux, c'est-à-dire la description des caractéristiques physiques de tous les composants du réseau. Nous avons vu que l'application du modèle inverse permet de déterminer, sur la base de simulations, les caractéristiques du réseau. Mais la manière la plus simple de procéder consiste à consigner dès le début les informations sur les composants du réseau contenues dans le fichier des objets.

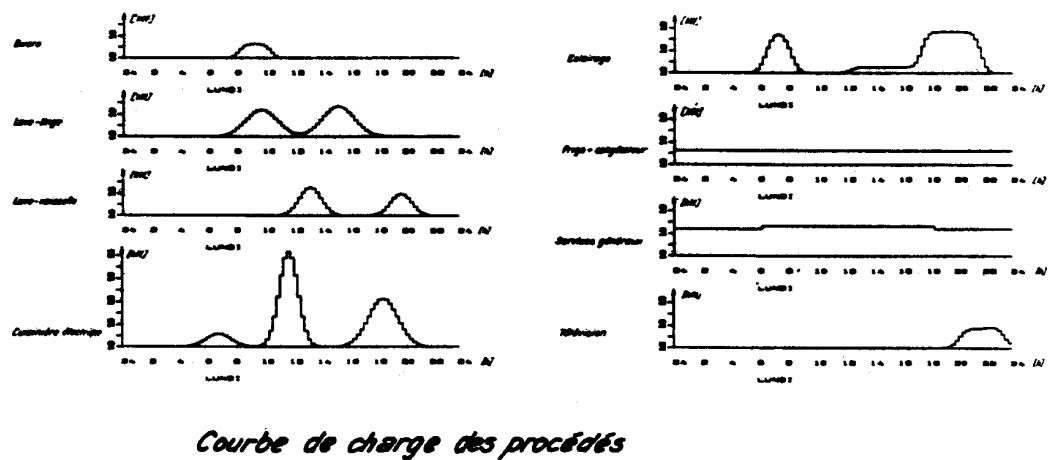
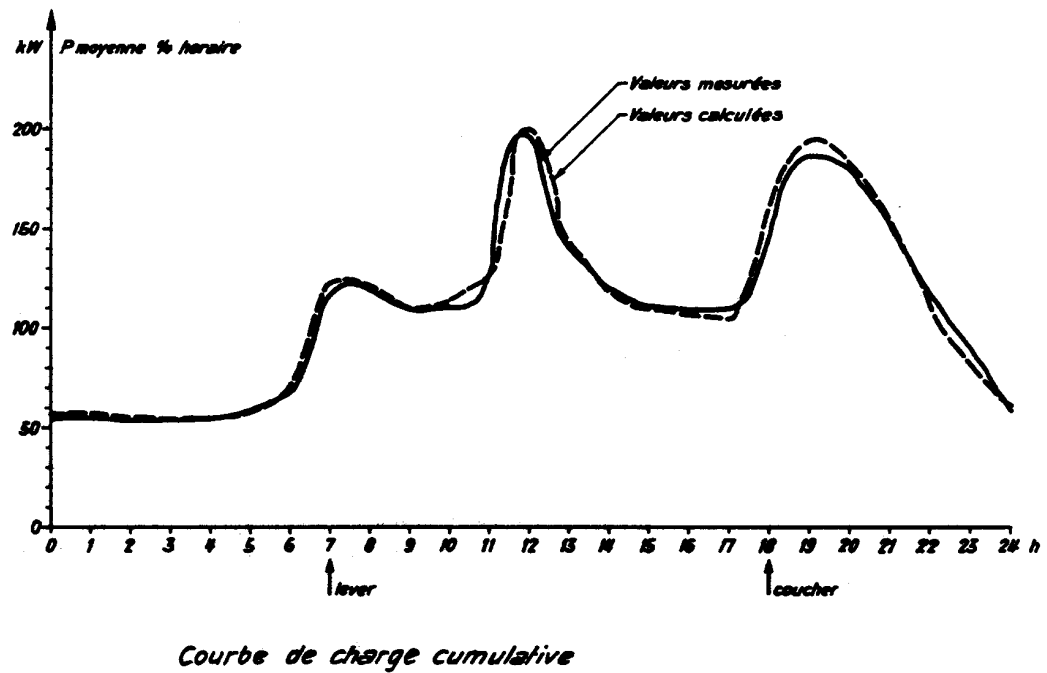


Figure. 5.13: Utilisation des courbes de charge pour la mesure des consommations des procédés.

Chaque conduite décrite dans le fichier des réseaux aura alors plusieurs espaces de coordonnées, soit :

- X,Y : emplacement géométrique dans l'espace,
- Xo, Yo : schématique de fonctionnement,
- P(xyz) : coupes et projections des conduites.

La figure 5.12 illustre quatre aspects de la même conduite dans les schémas, cadastre, plans directeur ou photo aérienne.

Partant de cette réflexion, nous pouvons admettre que chaque service ou institution devra gérer la description de son réseau avec son squelette et les connexions de cette infrastructure. Le système fédéral de coordonnées est en fait une interface suffisante pour permettre la superposition précise et sans équivoque des données géographiques.

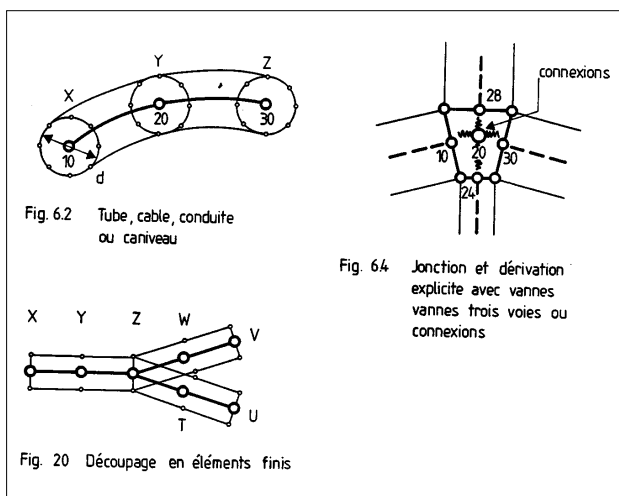


Figure 5.14: Découpage d'un réseau en éléments finis afin de calculer tout type de réseau.

Réseau intelligent

A la limite, il est possible d'envisager de constituer un réseau intelligent, c'est-à-dire un réseau qui contrôle et optimise son fonctionnement à l'aide de mesures en temps réel et puisse agir en fonction de l'expérience acquise. Dans le cadre d'une étude du réseau de gaz de Neuchâtel, des tests ont permis de mettre sur pied un modèle du réseau. Celui-ci comprend des alimentations en haute pression et des réseaux basse pression et basse pression améliorée fortement imbriqués. La figure 5.15. décrit la structure globale du réseau. Sur la base du plan des conduites (figure 5.2), il a été possible de schématiser de manière simple l'un des réseaux (figure 5.5). Chacune des conduites numérotées alimente des branchements privés, collectifs ou individuels.

Chaque branchement peut être mis en relation avec la banque des usagers pour contrôler les consommations à la date des relevés. La topologie du réseau permet de suivre les flux de demande de chaque usager jusqu'à la haute pression.

Le réseau physique peut être représenté par un réseau d'éléments finis mettant en relation les débits dans les conduites et les variations des potentiels ou pression aux nœuds (figure 5.14).

Notons que ces modèles physiques du réseau utilisés en modèle inverse permettent de déterminer les caractéristiques de section, longueur ou rugosité des conduites en corrélant des mesures ponctuelles de débit et de pression avec des actions sur le réseau, telle que l'ouverture à une fréquence donnée des vannes d'un usager de demande uniforme.

L'ensemble des senseurs de pression et débit et des actuateurs couplés à un ordinateur programmé pour optimiser la production et anticiper les demandes constitue un réseau intelligent qui peut être programmé pour détecter des anomalies et fonctionner à un haut niveau d'optimisation.

En élargissant cette notion, dans un analogue comme celui du secteur routier, la banque de données devra finalement pouvoir utiliser les comptages des détecteurs des feux tricolores, mesurer la pollution et détourner le trafic pour tenir compte de celle-ci (figure 5.16).

5.1.5 Les freins

Le projet «Dialogue Energétique» à Martigny permet d'illustrer les embûches sur la voie de cette informatisation.

Les réseaux d'énergie de Martigny sont équipés de télémesures via le télé réseau et des bâtiments pilotes ont été équipés d'économètres ou d'ordinateurs suivant la consommation du bâtiment. Ces économètres servent d'une part à informer l'utilisateur et d'autre part à analyser sa consommation pour constituer des modèles sûrs.

Les résultats des consommations de la ville ont été diffusés sur le télé réseau local avec un chiffre permettant à chacun de situer sa propre consommation. On a ainsi une boucle de rétroaction de l'utilisateur sur le producteur. Des actions ont été proposées pour permettre de mesurer l'effet des usagers sur les consommations et évaluer les possibilités de tarification dynamique.

Ce projet a rencontré des résistances administratives:

- monopole des PTT sur le transfert de données par télé réseau;
- difficulté d'homologation par les PTT de produits innovants;
- difficulté de coordination et de coopération entre services.

Il a révélé aussi
des difficultés corporatives:

- la transparence apportée par l'informatisation crée des réticences chez les professionnels qui n'ont pas toujours suivi les développements techniques;

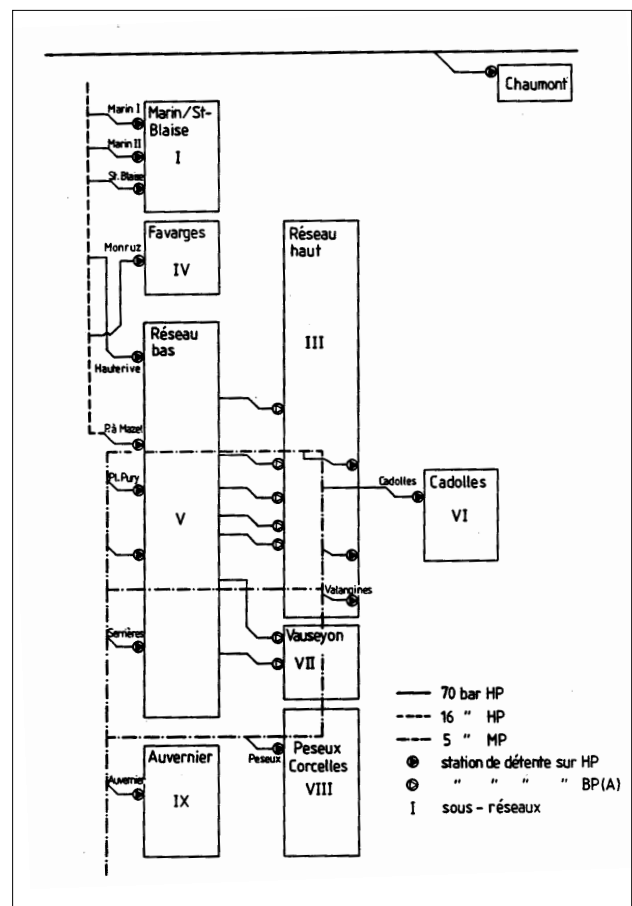


Figure 5.15: Réseau de gaz de Neuchâtel: schéma général avec sous-réseaux.

des difficultés avec les usagers :

- qui craignent de ne pas gérer leurs installations de manière optimale;

et des difficultés politiques :

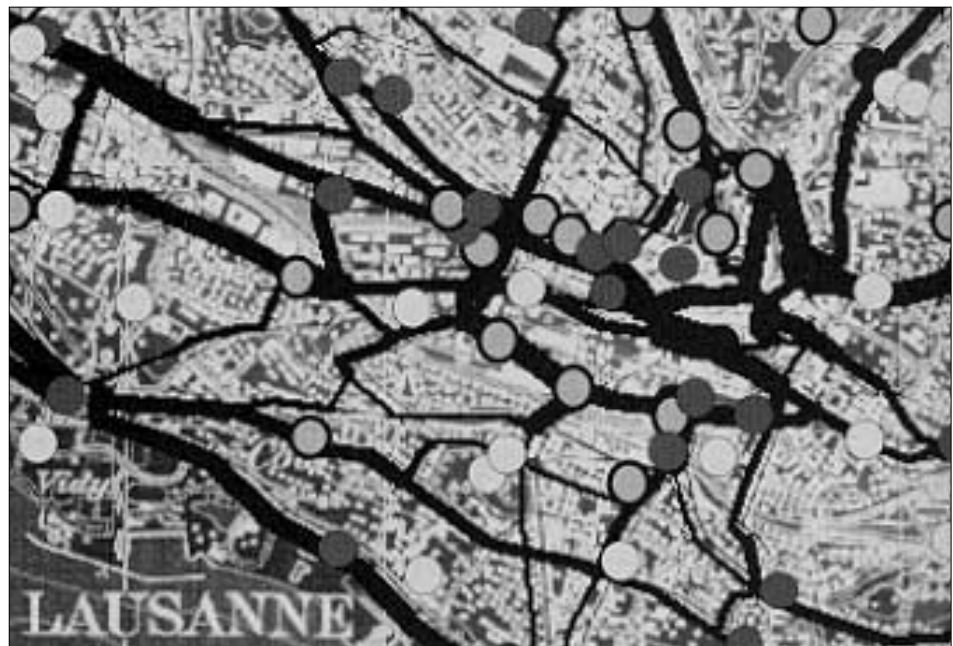
- la mise à nu de méthodes perfectibles conduit à des arbitrages nouveaux.

Dans d'autres cas, il est apparu que les principales lenteurs étaient liées au fait qu'il est nécessaire de former des collaborateurs irremplaçables par leurs connaissances du réseau mais pas nécessairement motivés par la nouveauté.

Malgré ces freins, il semble bien que la tendance est irréversible pour deux raisons principales :

- l'utilisateur ne comprend pas pourquoi l'on ne sait pas où est la vanne d'eau qui permet de fermer la fuite;
- les législatifs souhaitent des données plus structurées et des objectifs plus clairs dans la gestion des coûts des infrastructures, et l'on s'achemine vers une organisation informatisée des données permettant à terme gestion optimale et prévisionnelle.

*Figure 5.16:
Flux de transport
à Lausanne et points
de mesures des
émissions NO₂:
y aura-t-il bientôt
une rétroaction
de l'effet (NO₂)
sur la cause
(véhicules) dans
le cas d'une
gestion optimale
d'un réseau ?*



5.2 Traitement des données en fiches : le fichier des objets

5.2.1 Introduction

Les infrastructures communales, nous l'avons vu, doivent être gérées depuis leur conception jusqu'à leur exploitation et même jusqu'à leur mise hors service. Pour ce faire, chaque modification du réseau existant fait l'objet d'un objectif avec une succession d'étapes pour concevoir, financer, réaliser cet objectif. Enfin, chaque chantier terminé nécessite des modifications du cadastre (fichier des réseaux).

Une des bases de l'informatisation d'un service technique repose sur le fichier des objets ou fichier des objectifs. Ce chapitre propose la structure élémentaire d'un tel fichier.

5.2.2 Organisation de données en fiches

Avant de considérer des systèmes informatiques plus sophistiqués, il convient de mettre en évidence que, compte tenu de la puissance actuelle et des progrès quotidiens de la micro-informatique, il est possible d'effectuer une informatisation «légère» de données concernant les infrastructures communales, pour un coût faible et en des délais tout à fait acceptables.

Le seul «sacrifice» à accepter est de ne pas disposer d'outils graphiques (géographiques ou cadastraux), ni d'outils spécifiques. Ceux-ci peuvent à la rigueur être développés après coup si le logiciel d'organisation de données choisi pour cette informatisation «légère» permet de programmer des formules de calcul (calcul de la surface d'une parcelle par exemple).

Pour les communes de petite taille, cette façon de procéder permet de commencer tout de suite la saisie d'informations importantes qui pourront plus tard être intégrées à un système de gestion plus sophistiqué (pour autant qu'il le permette ! Attention lors du choix), et surtout les informations sont utilisables de manière informatique au fur et à mesure de leurs introductions.

En d'autres termes, contrairement à ce qui arrive très souvent avec les gros systèmes informatiques, il n'est pas nécessaire d'avoir fini la saisie (qui ne finit d'ailleurs jamais) pour commencer à être productif.

Il n'est pas nécessaire de disposer de logiciels spécialisés pour commencer une informatisation légère de données communales.

Condition :

Le logiciel choisi doit pouvoir exporter les données pour qu'elles puissent être récupérées un jour dans un plus grand système de gestion.

Nous avons vu précédemment quelles étaient les informations importantes concernant les infrastructures communales telles que des conduites. Ces informations peuvent être saisies et tenues à jour dans un logiciel de traitement de fiches sur micro-ordinateur ou même dans un tableur permettant tout type de calcul.

5.2.3 Types de fichiers

Pour éviter l'accumulation de tâches de mise à jour, les fiches des objets mutants (points, tronçons, attributs) qui constituent le dossier de *mutation*, peuvent déjà être établies lors du projet sommaire. Elles sont précisées pour mettre le projet en soumission, utilisées pour contrôler ce qui a été réalisé par le géomètre et, finalement, les coordonnées sont ajustées. Toutes ces tâches se font alors par mise à jour progressive des fiches et sans travail de saisie, outre celui nécessaire pour les tâches journalières.

Pour un gestionnaire de service technique, deux type de fiches doivent être constituées en priorité :

1° le fichier des conduites et des composants

Ce fichier rassemble l'ensemble des informations nécessaires à décrire le réseau et ses organes. Un exemple de fiche d'organe simple est donné à la figure 5.17;

2° le fichier des chantiers

Chaque étude ou projet nécessite l'ouverture d'une fiche de chantier correspondant à la première étude ou au premier projet. Cette fiche sera maintenue à jour jusqu'à la fin des travaux.

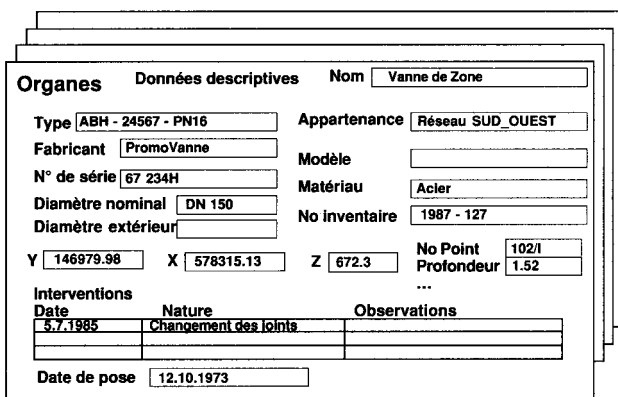
Chaque fiche de chantier comprend les données suivantes :

- caractéristiques générales,
- délais intermédiaires,
- étapes pouvant faire l'objet d'une description (fiche) spécifique,
- visas et suivi du projet.

A chaque fiche il est possible de joindre les éléments suivants :

- photographie significative,
- schéma ou copie d'un plan avec une première esquisse,
- tableau des composants du devis jusqu'à l'adjudication.

Le chantier peut être attribué à une zone du plan directeur énergétique.



Données descriptives		Nom
Type	ABH - 24567 - PN16	Vanne de Zone
Fabricant	PromoVanne	Appartenance
N° de série	67 234H	Réseau SUD_OUEST
Diamètre nominal	DN 150	Modèle
Diamètre extérieur		Matériau
		Acier
		No inventaire
		1987 - 127
Y	146979.98	X
		578315.13
Z	672.3	No Point
		102/1
		Profondeur
		1.52
Interventions		
Date	Nature	Observations
5.7.1985	Changement des joints	
Date de pose	12.10.1973	

Figure 5.17: Exemple de fiche signalétique d'élément de réseau.

Support pour la planification des chantiers
Les dates principales et délais des chantiers sont représentés sur un support constituant le planning avec en X le temps et en Y les chantiers.

Etapas

Chaque fois que cela est nécessaire, il est possible d'introduire des étapes du chantier. Parmi les étapes, citons :

- devis initial,
- projet,
- adjudication,
- contrôle,
- facturation.

Ces étapes ne seront introduites que pour les chantiers importants ne pouvant être décrits sur la fiche de chantier.

Les dates d'exécution des étapes doivent figurer en complément du nom de l'étape et tout retard doit être signalé afin de réajuster les échéances des étapes ultérieures en fonction du retard accumulé.

Dossier de mutation

Chaque chantier peut être décrit par des champs d'informations propres et par des liens vers d'autres fiches tels que :

- parcelles,
- tronçons,
- points,
- organes,
- bâtiments.

Chaque fiche porte le nom d'un chantier, défini dans une fiche de chantier.

Dès les premières études, ces fiches sont réalisées de manière schématique, puis sont précisées progressivement au cours des étapes suivies par la fiche de chantier.

Les fiches des objets réalisés et contrôlés par le géomètre sont introduites dans le cadastre et passent de l'état de mutant à l'état permanent. Le dossier des mutations comprend aussi les fiches des objets existants et détruits dans le cadre de ce chantier.

POINTS IMPORTANTS

Informatique = Traitement de l'information

1

Organiser l'information ≠ système informatique lourd

2

Les tâches du service technique ne se limitent pas au cadastre

3

L'entretien préventif est facilité par les outils informatiques

- Localisation rapide et mise à jour
- Fiches Techniques avec descriptifs des états
- Calcul et optimisation

(Il n'est pas pour autant effectué par l'outil)

Figure 5.18: Les points importants.

FICHES TECHNIQUES

Il n'est pas nécessaire de disposer de logiciels spécialisés pour commencer une informatisation légère de données communales.

Conditions:

1. Organisation intelligente des données (fichiers des organes, des tronçons, des bâtiments, des parcelles, des chantiers, ...).
2. Le logiciel choisi doit pouvoir exporter les données pour qu'elles puissent être récupérées plus tard dans un système de gestion plus étoffé (par exemple avec dessin du cadastre).

LA SAISIE PREND DU TEMPS !

Il est préférable de commencer tôt.

Figure 5.19: L'organisation des données en fiches.

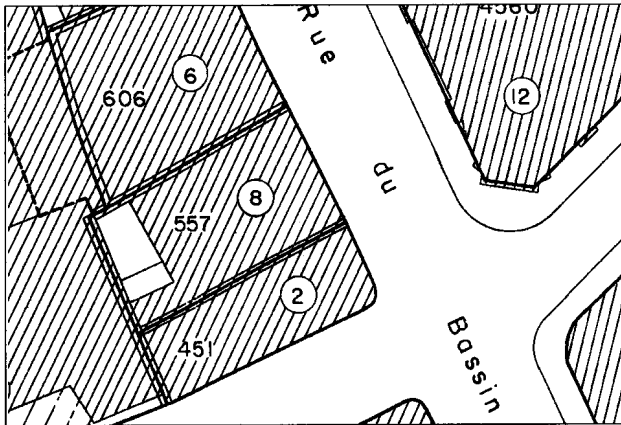


Figure 5.20: Plan papier.

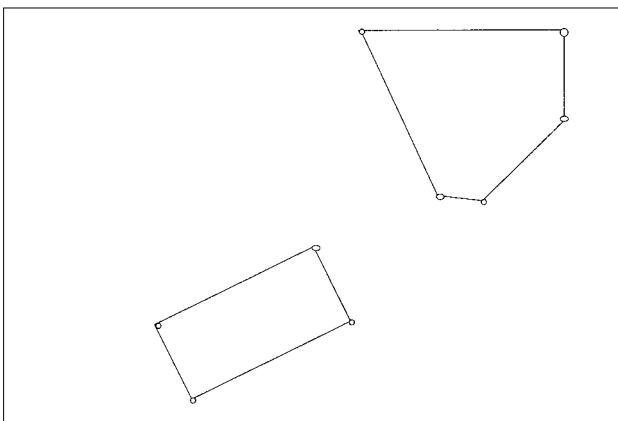


Figure 5.21: En DAO, un bâtiment n'est qu'une suite de traits.

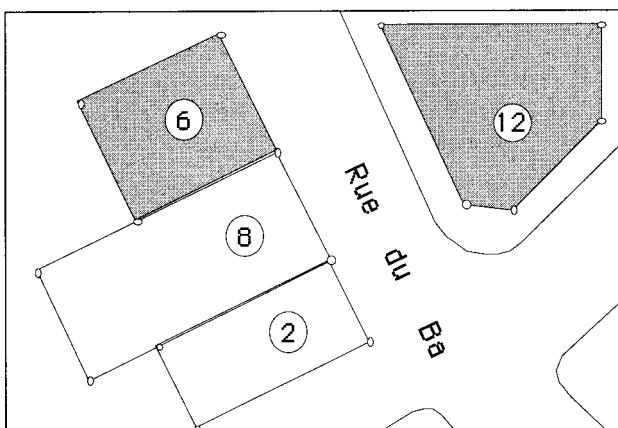


Figure 5.22: En DAO, l'utilisateur reconnaît un bâtiment par une trame ou grâce au contexte.

5.3 DAO, CAO et GAO : notions de bases

Outre la description des objets (composants) d'un réseau, l'informatisation nécessite la description du réseau sous une forme permettant son tracé.

Le recours à l'informatique s'intensifie dans la plupart des activités. Si l'utilisation de l'informatique pour les phases de projet de nouvelles infrastructures est relativement développée, elle se contente le plus souvent à l'heure actuelle d'être avant tout un outil de dessin. On parle de systèmes de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur).

Les données ainsi informatisées sont mémorisées par le logiciel sans que leur fonction le soit.

Exemple: dans un logiciel de DAO, on représente un bâtiment en le dessinant par une suite de traits. Le logiciel de dessin ne sait pas que cette suite de traits est en réalité la représentation d'un bâtiment (figure 5.21). Seul l'utilisateur en regardant le dessin à l'écran ou la sortie papier (le plan imprimé) peut s'apercevoir qu'il s'agit d'un bâtiment. L'utilisateur reconnaîtra un «bâtiment» d'autant plus facilement qu'il pourra également voir le contexte, le «décor» formé par d'autres éléments ou qu'un mode de représentation particulier au bâtiment a été utilisé (hachurage par exemple) ou encore un système de numérotation (figure 5.22).

Ainsi l'entité ou l'objet «bâtiment» n'existe pas pour un logiciel de DAO.

Même si cet aspect peut paraître important et donc à ne pas négliger, les avantages du recours à la DAO par rapport à la méthode manuelle sont cependant considérables:

- mise à jour d'un plan rapide grâce aux outils électroniques (effacement, hachurage, modification de type et de couleur de traits, etc.);
- mise à jour de tous les plans imprimés possible en ne modifiant qu'une fois les données si le logiciel est capable de gérer un seul plan informatique englobant toute une région;
- impression possible à différentes échelles à partir du même «plan» informatique;

- impression sélective de couches si le logiciel possède la notion de couches et si la saisie l'a respectée !

La CAO (conception assistée par ordinateur) est plus avancée que la DAO dans la mesure où les logiciels de CAO disposent de fonctionnalités qui permettent de faire plus que le simple dessin, comme par exemple :

- cotation automatique;
- calcul de surfaces;
- vues en trois dimensions.

Les logiciels de CAO sont surtout utilisés actuellement pour les projets d'ingénieurs ou d'architectes mais peuvent bien convenir également au tracé des infrastructures urbaines.

A l'heure actuelle, il n'existe pratiquement pas pour les services techniques communaux de véritable logiciel de CAO au sens étendu du terme : lorsque l'on «conçoit» un équipement, l'on fait appel non seulement à du dessin «intelligent», mais aussi à des fonctions de calcul intégrées, qui permettraient de répondre aux questions : «Est-ce que ce que je dessine remplit sa fonction ? Est-ce que ma conduite va pouvoir écouler le débit demandé ? Est-ce que sa résistance est suffisante ?» etc., et à des fonctions de système expert qui permettraient de répondre à des questions que le projeteur se pose, du type : «Les matériaux que j'assemble sont-ils compatibles ?»

En d'autres termes, un véritable logiciel de CAO devrait pouvoir traiter de manière cohérente (à partir des mêmes définitions de chacun des objets) et intégrée (à partir des mêmes données) des problèmes suivants :

1. définition d'entité et d'objets au sein d'une base de données (un point cadastral, un bâtiment, une conduite, ...), avec des attributs propres à chaque objet (diamètre, date de pose, matériau, ...);
2. représentation des objets (type de traits, couleurs, légendes, ...);
3. calculs géométriques (cotes, longueurs, surfaces, ...);
4. calculs de flux (débit, pertes de charge, pression, ...);
5. calculs de résistance (dimensionnement des sections, ...);

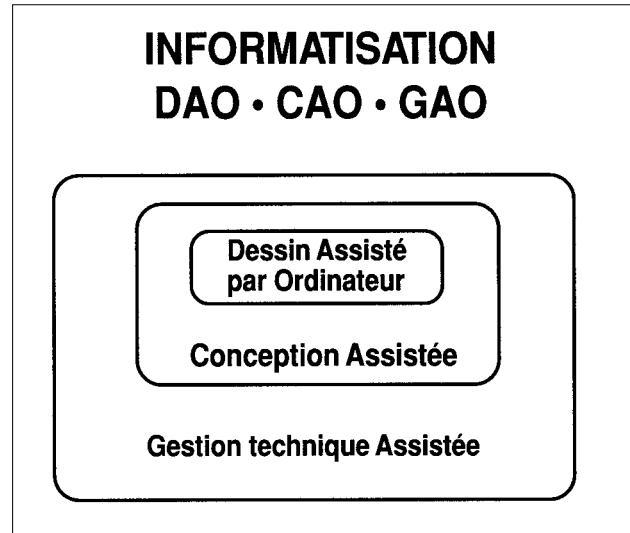


Figure 5.23: Que désire faire l'utilisateur ?



Figure 5.24: Que fait le logiciel ? DAO.

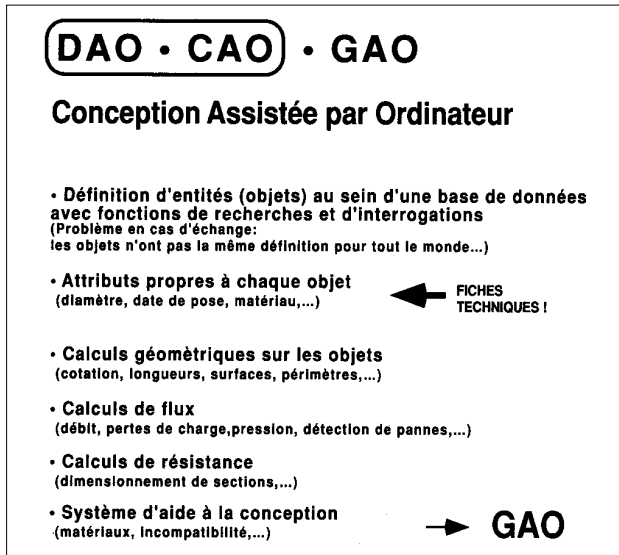


Figure 5.25: Que fait le logiciel ? DAO -CAO.

6. savoir-faire (matériaux, incompatibilité, incohérence, ...).

Les points 1 et 2 sont ceux traditionnellement accomplis par les outils de DAO, le point 3 est fonctionnel dans la plupart des logiciels actuels dits abusivement «de CAO». Le point 4 commence à faire son apparition dans les logiciels du marché, alors qu'il y a longtemps que les grandes entreprises industrielles européennes disposent de logiciels couplant dessin et calcul (notamment dans l'automobile ou l'avionique) méritant vraiment le nom de CAO.

La GAO (Gestion Assistée par Ordinateur) au sens de la gestion technique (maintenance des équipements) ajoute une fonction supplémentaire à la CAO, celle de pouvoir être reliée à des mesures in situ, pour permettre la «télémessure» et donc la gestion intégrée.

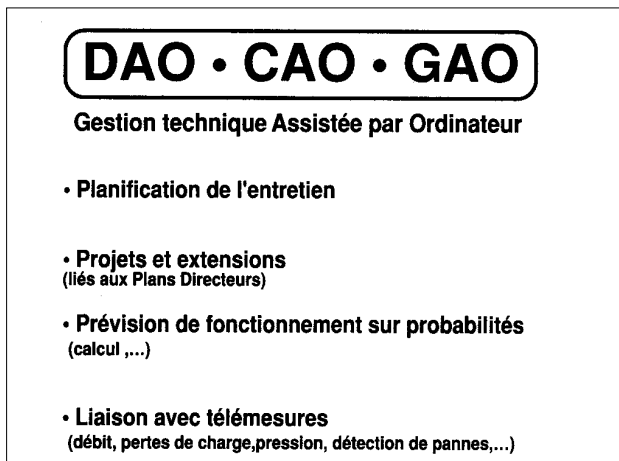


Figure 5.26: Que fait le logiciel ? DAO -CAO -GAO.

5.4 Systèmes informatiques

5.4.1 Comment choisir ?

Le choix d'un logiciel dépend en grande partie de deux facteurs :

- la disponibilité des logiciels sur le marché;
- les besoins de l'utilisateur.

En outre, il convient d'être attentif aux tendances éventuelles et à l'évolution des méthodes.

L'offre en logiciels sur le marché suisse au début des années 90 est, en ce qui concerne la gestion des infrastructures urbaines, très diverse.

La plupart des logiciels sont orientés DAO, quelques uns possèdent des caractéristiques de CAO et d'autres quelques caractéristiques de GAO. Aucun, à l'heure actuelle, n'intègre toutes les fonctions requises pour une véritable gestion assistée par ordinateur au sens de la définition du chapitre 5.1. Néanmoins, la gestion assistée n'étant pas encore une fonctionnalité demandée par la plupart des utilisateurs, l'offre du marché est actuellement adaptée à la demande, orientée surtout vers le dessin et la production de plans.

Les besoins des utilisateurs, s'ils sont très divers, ont en commun du point de vue de l'apport de l'informatique, d'être souvent mal perçus et mal compris par les intéressés eux-mêmes. En effet, il apparaît que l'on considère souvent l'outil informatique comme un palliatif à une activité humaine précise (un dessinateur) et non pas comme un moyen de gestion ou d'aide à la gestion ainsi que pourrait l'être un ordinateur.

Une telle optique oblige bien sûr à revoir certaines conceptions de l'organisation des services concernés, mais permet d'aller au-delà de la simple machine à dessiner et de profiter pleinement des potentialités d'une combinaison de matériel et de logiciel performante.

5.4.2 Points importants lors du choix

Lors du choix d'un système informatique de dessin et de gestion d'infrastructures communales, la première question que devrait se poser le décideur est : *Que désirent faire le service et les utilisateurs de ce service avec ce système à court et moyen terme ?*

BESOINS DES SERVICES TECHNIQUES

1. Localiser des éléments de réseau
 - Connaître les conduites d'alimentation
 - Connaître les points de coupure d'un bâtiment (pannes, incidents, ...)
 - Connaître les vannes (intervention, isoler une partie de réseau)
2. Identifier les conflits avec d'autres réseaux
3. Inventaire des composants et du matériel posé
 - (Fiches techniques)
4. Identifier les consommations et les appels de puissance
 - Liaison avec des données administratives
5. Extraction de données pour le dimensionnement et le calcul de planification
 - Modèles de calcul si possible intégrés
6. Contrôle in situ (inspections, télémesures, ...)
 - Possibilité de comparaison avec l'état dit «normal»

Figure 5.27: Quels sont les besoins des services techniques ?

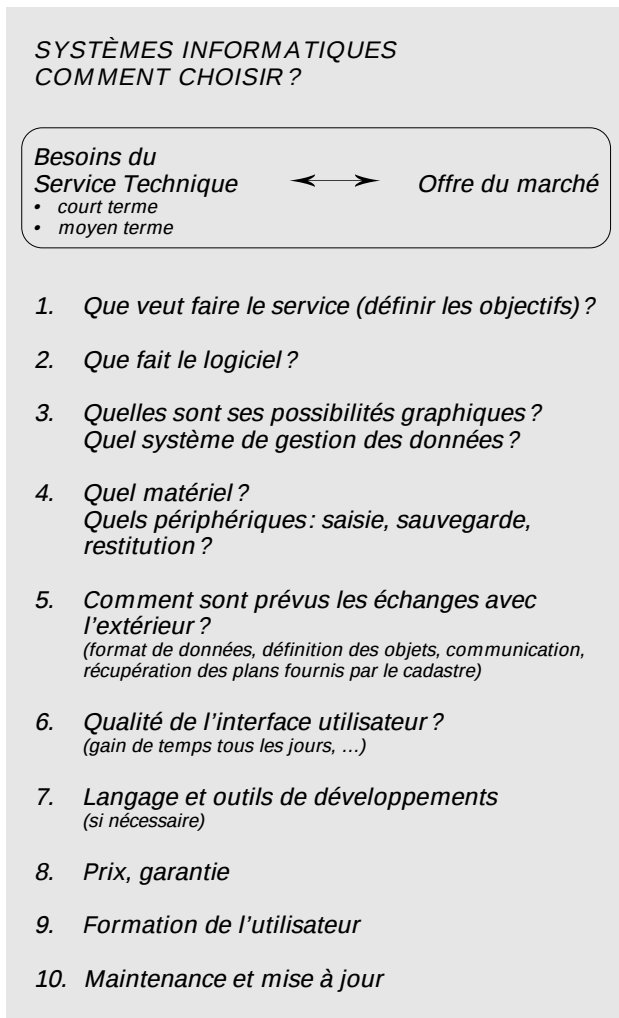


Figure 5.28: Les points importants lors du choix d'un système informatique.

- Dessiner: (remplacer le dessinateur par l'ordinateur encore que celui-ci nécessite une personne à plein temps pour la saisie des données), éventuellement les logiciels DAO peuvent alors suffire.
- Gérer des plans.
- Gérer de manière intégrée des données numériques et des données graphiques.
- Gérer les projets: rénovations, mutations, ...
- Calculer: calculs géométriques, calculs de flux, de résistance, ...

Lorsque ces besoins sont clairement définis, on peut tenter d'évaluer les qualités des logiciels disponibles et les questions suivantes devraient permettre de fournir un fil conducteur dans la conduite de cette évaluation.

1. *Que fait le logiciel ?*
Cette question triviale est souvent oubliée par l'acheteur potentiel. Elle est pourtant et bien évidemment fondamentale. S'agit-il d'un logiciel de DAO, de CAO ou de GAO ?
2. *Quel est l'environnement d'exploitation ?*
Gamme de matériel: micro-ordinateurs, stations de travail, mini-ordinateurs ou gros systèmes, dont va dépendre en grande partie le budget nécessaire mais aussi la puissance offerte.
Des périphériques d'usage simple sont-ils disponibles? (imprimantes laser, imprimantes couleur, carte de sauvegarde, scanner, table à digitaliser).
3. *Fonctionnalités:*
Quelles sont les sources d'informations graphiques? digitalisation (sur table, sur écran), saisie par scanner (raster), imagerie satellitaire, photo-interprétation, import de fichiers, ...

Quelles sont les sources d'informations descriptives? système de gestion de base de données ou tableur propre au produit, import de fichiers, ...

4. *Gestion des données:*
 - Quelle est la base de données utilisée ?
 - Quelles données sont dans la «base de données» ?
 - S'agit-il de données concernant le dessin (les traits) ?
 - S'agit-il d'attributs caractéristiques d'entité ?

- Une entité est-elle une entité graphique uniquement (une fontaine = suite de traits groupés), ou (une fontaine = l'objet fontaine dont une représentation est une suite de traits) ?
- Peut-on gérer des données alphanumériques et/ou graphiques (photos) de manière intégrée ou non ?
- Peut-on intégrer image raster et dessin de vecteurs ?

5. Echanges avec l'extérieur :

- Echanges de données : graphiques (format d'échange), alphanumérique.
- Compatibilité de structure de données : un tronçon n'est pas saisi au même niveau dans tous les logiciels ou encore certains logiciels considèrent un bâtiment comme raccordé si une conduite passe dessus !
- Quels formats d'échanges ? pour importer des données depuis des tableurs (Lotus 123, Excel, ...), des SGBD (dBase, Oracle, ...), des systèmes de CAO ou d'autres logiciels de cartographie numérique.

6. Interface utilisateur :

Langage de commande spécifique, icônes, multi-fenêtrage, interface graphique.
Format d'entrée et capacité multimédia.

7. Langages/Outils de développement :

Possibilité pour l'utilisateur de développer des applications personnalisées.

Possibilité d'introduire des champs et des procédures spécifiques à son application.

Intérêt : possibilité pour l'utilisateur de faire progresser le logiciel par son expérience.

8. Prix ?

9. Garantie ?

10. Formation :

Quels sont les services offerts par le concepteur et/ou le revendeur du logiciel afin d'assurer la formation du personnel.

11. Maintenance et mise à jour :

Quels sont les services offerts par le concepteur et/ou le revendeur du logiciel afin d'assurer la maintenance et la mise à jour du logiciel.

5.4.3 Logiciels existants

L'annexe 2, *Exemple de quelques logiciels du marché*, présente quelques logiciels de DAO, CAO et/ou GAO utilisés à l'heure actuelle en Suisse.

On trouvera aussi dans les documents cités ci-après des renseignements concernant d'autre logiciels disponibles sur le marché mondial. Ces guides ont procédé à des enquêtes plus ou moins approfondies et retracent les caractéristiques les plus importantes des différents logiciels.

Ce sont, de façon non exhaustive :

- le Guide Mercator
- GIS Source Book
- Catalogue du logiciel - SIA, Norme D503

dont les coordonnées sont référencées en bibliographie.

6. Exemples commentés

6.1	Neuchâtel: Digitalisation du plan d'ensemble et des plans cadastraux	193
6.1.1	Introduction	193
6.1.2	Principes de la digitalisation	193
6.1.3	Exploitation de la digitalisation	195
6.1.4	Conclusion	195
6.2	Neuchâtel: Informatisation des données du réseau d'eau et du gaz	196
6.3	Neuchâtel: Informatisation du réseau électrique	199
6.4	Les projets vaudois: La vectorisation du plan d'ensemble et la numérisation des plan cadastraux	202
6.4.1	La scannérisation et la vectorisation du plan d'ensemble vaudois	202
6.4.2	La numérisation des plans cadastraux	205
6.5	Pully: Informatisation du plan cadastral et des réseaux d'eau et d'électricité	206
6.6	Martigny: Gestion des données des réseaux urbains	208
6.6.1	Introduction	208
6.6.2	Situation initiale	209
6.6.3	Besoins des services	209
6.6.4	Données à introduire dans le système	210
6.6.5	Comment Hyperbird répond aux besoins	213
6.6.6	Conclusions	214

6. Exemples commentés

6.1 Neuchâtel: Digitalisation du plan d'ensemble et des plans cadastraux

6.1.1 Introduction

La nécessité de disposer d'informations géographiques numérisées est ressentie par un nombre de plus en plus grand d'utilisateurs de services techniques, d'administrations ou de bureaux d'études.

La rigidité des plans et cartes traditionnels sur papier ou sur calque est telle que ces documents ne répondent plus aux besoins d'aide à la gestion et à la décision exprimés par les uns et les autres.

Le premier aspect auquel on pense quand on évoque la notion de système d'information du territoire est celui de la manipulation des systèmes graphiques. Mais comment l'information contenue dans un plan peut-elle être stockée dans un ordinateur? Il existe à l'heure actuelle différentes méthodes pour numériser un fond cadastral; l'une de ces techniques se nomme *la digitalisation*. Cette solution a été choisie pour numériser les plans cadastraux de la ville de Neuchâtel.

Digitalisation ou numérisation s'entendent ici au sens d'une vectorisation de l'information.

6.1.2 Principes de la digitalisation

Aperçu de la méthode

Le plan est fixé sur une table à digitaliser qui est reliée à un ordinateur. A l'aide d'une souris munie d'une loupe, on enregistre les coordonnées locales ou nationales de chaque objet contenu dans le plan. Un logiciel de digitalisation gère ces enregistrements et permet un contrôle et un suivi sur écran graphique. Un menu paramétrique installé sur la table à digitaliser nous permet d'accéder à une bibliothèque de symboles, de traits, de textes ainsi qu'à un choix de macro-commandes.

Structuration de la saisie

Cette réflexion est fondamentale car elle conditionne la structure et la gestion de la base de donnée. Chaque point digitalisé appartient à un objet qui lui-même est contenu dans un niveau. Les principaux

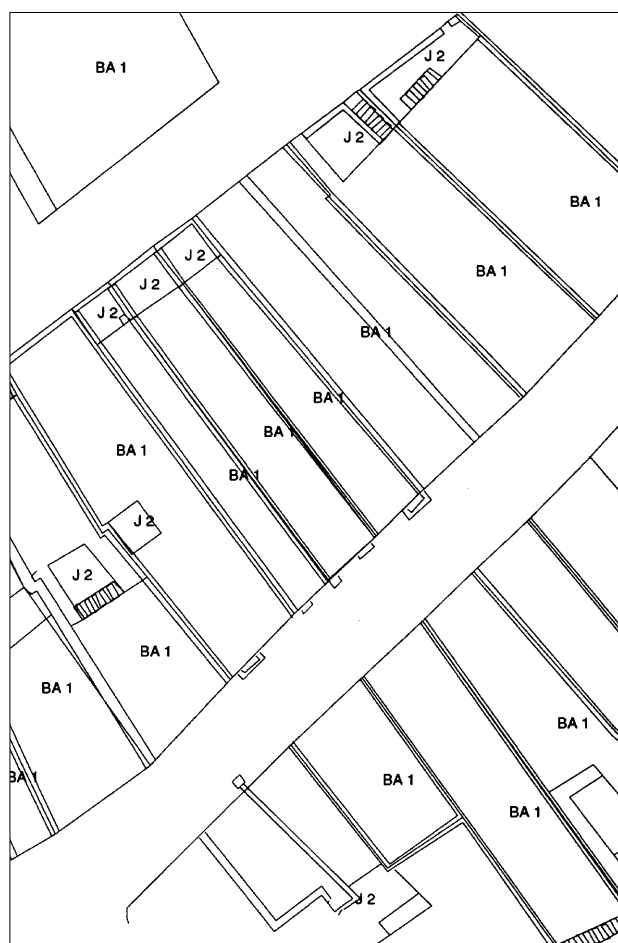


Figure 6.1: Extrait du plan digitalisé de Neuchâtel (au format DXF).

niveaux sont définis par la REMO mais chaque utilisateur peut créer d'autres niveaux afin de gérer sa propre base de données.

Calage de la feuille

a) Saisie en coordonnées nationales

Le plan est calé sur la table à digitaliser à l'aide de quatre points bien répartis dans la feuille. Les coordonnées de ces points proviennent d'un levé terrestre ou d'une transformation de Helmert; ainsi tous les points digitalisés seront mémorisés dans le système national avec possibilité de recherche et prise en compte immédiate de points durs issus d'un levé de terrain.

b) Saisie en coordonnées locales

A l'aide d'un point et d'une direction, le plan est calé sur la table à digitaliser. De cette manière, les coordonnées enregistrées ne subissent aucune transformation. On obtient ainsi une image conforme au plan original.

La première méthode permet d'assembler rapidement les plans entre eux car ceux-ci sont tous définis dans le même référentiel. Par contre la saisie en coordonnées locales ne permet qu'une visualisation plan par plan.

Saisie des données

La digitalisation des objets s'effectue du général au particulier. En premier lieu, on saisit la masse puis les parcelles lui appartenant, ainsi chaque point limite est au minimum digitalisé deux fois.

Le travail se poursuit en saisissant chaque objet contenu à l'intérieur d'une parcelle (bâtiment, escalier, mur, texte, place-jardin, forêt, etc.). Chacun de ces objets est enregistré dans son propre niveau. Une relation est établie entre ces différents éléments et la parcelle.

Exemple: un escalier appartient à un bâtiment qui lui-même appartient à une parcelle.

Traitement des données

La saisie des données terminée, on procède à une phase de pondération. Les coordonnées des points digitalisés plusieurs fois sont des moyennes arithmétiques à l'intérieur d'un rayon de pondération défini préalablement.

Contrôle de la digitalisation

On vérifie à l'aide d'un logiciel de calcul que la surface de la masse soit égale à la somme des surfaces des parcelles. Un dessin de contrôle tracé à l'aide d'un plotter permet de comparer le plan digitalisé à l'original.

6.1.3 Exploitation de la digitalisation

Le fichier de digitalisation acquis, celui-ci va nous permettre de restituer des plans ou des extraits d'une partie du territoire sans être lié à l'échelle. Les différents niveaux saisis lors de la digitalisation peuvent être choisis selon les désirs de l'utilisateur. La consultation du fond de plan peut se faire à l'écran ou sur un plan dessiné à l'aide d'un plotter.

La digitalisation nous permet uniquement d'acquérir une base de données géographiques. Ce fichier doit pouvoir être ensuite introduit dans n'importe quel système d'information du territoire afin de le tenir à jour, de le gérer et de le mettre en relation avec des bases de données techniques ou administratives.

6.1.4 Conclusion

Quelque soit le choix du système d'information du territoire, l'acquisition du fond de plan est primordiale. Si un levé terrestre reste le moyen le plus précis pour obtenir une base cadastrale, il demande un investissement en temps important. Par contre la digitalisation permet d'acquérir rapidement et pour peu de frais une base de données géographiques de bonne qualité. Il est bien clair que cette qualité dépend étroitement de la valeur du plan et du soin et de la précision apportés au travail de saisie ainsi qu'aux phases de contrôle.

6.2 Neuchâtel: Informatisation des données des réseaux d'eau et du gaz

Déroulement du projet

Etude et projet

Projet SYSURB: établissement du cahier des charges

Juin 1989	Cahier des charges émis par le SEG.
Début 1990	Achat matériel et logiciel, début de la saisie.

Type de travaux envisagés

- Scannérisation du cadastre de surface et du cadastre souterrain pour les réseaux d'eau et du gaz.
- Relevé par le géomètre de tous les chantiers publics.
- Saisie des réseaux d'eau et du gaz.
- Saisie du réseau CAD envisagée à court terme.

Organisation

La ville de Neuchâtel a mandaté l'EPFL pour mettre sur pied en collaboration avec la commune et le centre de recherche de Martigny, le cahier des charges nécessaires à l'informatisation de la gestion des infrastructures urbaines (réseaux de distribution, mobilier urbain, etc). Cette étude a abouti au rapport final de SYSURB «Gestion de systèmes énergétiques régionaux assistée par ordinateur». SYSURB a contribué au projet cantonal CIGIN et ces travaux de recherches sont à l'origine des deux logiciels utilisés par la ville de Neuchâtel, pour la gestion des réseaux d'eau et du gaz, l'un InterSurb sur PC pour le calcul de réseaux et l'autre HyperBird pour la représentation graphique, la gestion des données et comme distributeur de plans. Ils ont été développés par le bureau BSI en 1990.

La saisie des données sur le réseau de gaz s'est faite en deux étapes. Dans un premier temps le réseau a été saisi au sein du logiciel de calcul, à partir d'une digitalisation du réseau de gaz, afin de pouvoir calculer le débit dans toutes les branches du réseau. Dans une deuxième étape ces informations ont été

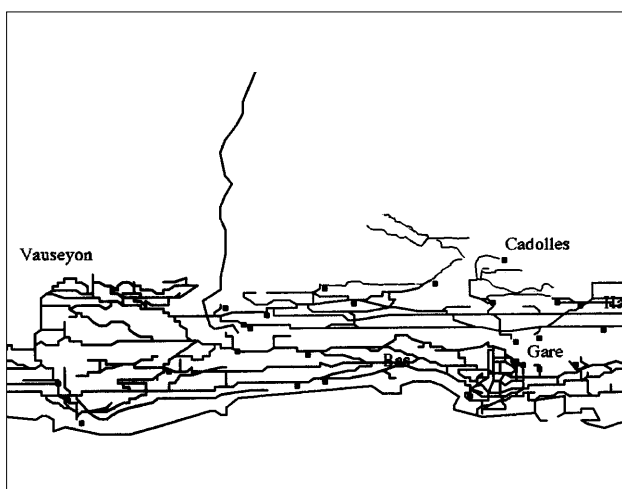


Figure 6.2: Plan exécuté avec Hyperbird à Neuchâtel: réseau gaz.

importées dans le logiciel de gestion de données pour y amener des compléments d'information et permettre des sorties papier.

Toutes les modifications apportées au réseaux sont faites à l'écran et les nouveaux tronçons ainsi obtenus seront exportés vers le logiciel de calcul pour permettre un nouveau calcul du réseau. Les fonds de plans utilisés ont été scannés courant 1991 puis repérés pour permettre une superposition du réseau sur ces fonds de plan. Pour une ville de la taille de Neuchâtel et environs, il faut compter environs 200 plans au 1:500 par réseau de distribution, disponibles de manière informatique en quelques semaines.

Intégration dans le système cadastral du canton

Les plans cadastraux numériques en provenance du canton sont utilisables après conversion de format DXF au format PICT supporté par le logiciel.

Etat des travaux à l'automne 1991

- Tous les plans eaux, gaz (et cadastre) sont scannés et repérés,
- le réseau de gaz est entièrement saisi,
- les échanges avec modèle de calcul sont opérationnels,
- le réseau d'eau est partiellement saisi.

Taille de l'application

Données sur la commune

- Surface
- Nb. d'habitants : env. 50 000
- Longueur réseau d'eau : 115 km
- Nb. de vannes : 3000
- Raccordements d'immeubles : 3500
- Longueur réseau de gaz : 140 km
- Raccordements d'immeubles : 2000

Données informatiques

- Taille de l'application : env. 1,5 MB
- Taille de 200 plans scannés : env. 300 MB
- Taille bases de données gaz : env. 12 MB
- Taille base de données eau : env. 15 MB
- Système et divers logiciels : env. 20 MB

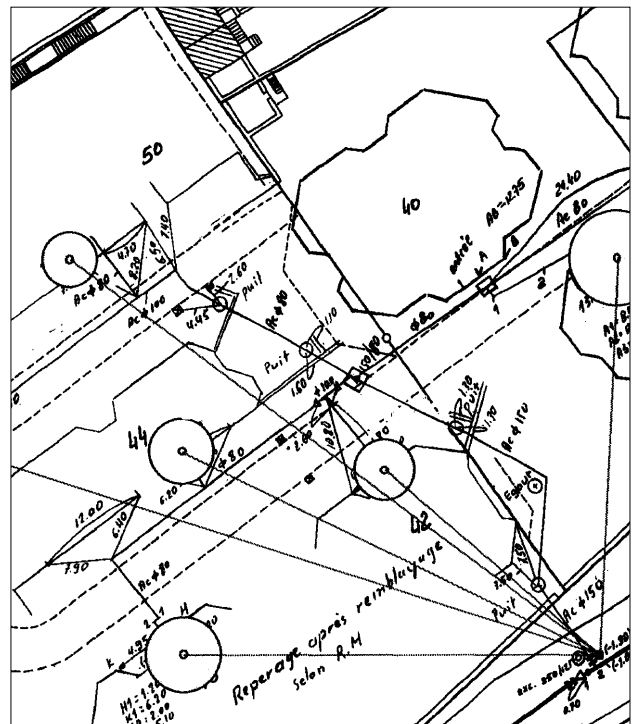


Figure 6.3: Plan exécuté avec Hyperbird à Neuchâtel: exemple de raccordement de bâtiments.

Coûts estimatifs

Ressources humaines

En moyenne 1 personne travaille à plein temps sur ce projet, en considérant à la fois le personnel concerné du service (1 personne à mi-temps), les appuis divers.

Moyens financiers

– Coût du matériel et logiciel

Station de travail et écran	env.	22 000 SFR
Scanner 800 dpi A4	env.	10 000 SFR
Lecteur disque optique	env.	8000 SFR
Logiciel	env.	35 000 SFR
Divers autres logiciels	env.	7000 SFR

– Coût du travail de saisie, formation et maintenance

Saisie des données	1 personne à mi-temps pendant 2 ans	
Formation et aide à la saisie	env.	30000 SFR
Maintenance	env.	10 000 SFR/an

Mode de financement

Tous les frais ont été supportés par le service des eaux et du gaz, mis à part l'étude préliminaire (SYSURB) qui a été financée par la CERS (Commission pour l'Encouragement à la Recherche Scientifique).

6.3 Neuchâtel: Informatisation du réseau électrique

But du projet

Le service de l'électricité de la ville de Neuchâtel a observé dès 1982 la nécessité d'informatiser son réseau. Les travaux ont débutés en 1988 par la saisie des caractéristiques du réseau basse tension. Le réseau est géré avec GIRES depuis 1989.

Le service de l'électricité collabore avec le service cantonal des mensurations cadastrales et les Travaux publics pour numériser le fond de plan. Ce travail a été exécuté en 1991 au moyen d'ATLAS.

Le réseau électrique sera introduit en 1992 au moyen du logiciel GICAD, des liens seront établis avec GIRES.

Déroulement du projet

Etude et projet

Le service électrique a participé depuis 1982 à plusieurs projets préalables, ce qui a entre autre permis l'acquisition de l'expérience nécessaire pour élaborer une solution propre:

- Projet SYSURB.
- Etudes de photogrammétrie avec le service cantonal des mensurations cadastrales et l'EPFL.
- Mise au point de méthodes de digitalisation du cadastre.
- Maquettes de logiciels et de procédures pour la gestion des réseaux.
- Réalisation d'applications administratives pour les services industriels, la police des habitants, etc.

Le service électrique a notamment réalisé:

- | | |
|----------|---|
| En 1982: | la création d'un ensemble d'applications pour les services administratifs. |
| En 1984: | la création d'application de gestion pour les réseaux, de procédures d'analyses, et de générateurs automatiques de schémas. |
| En 1986: | le début de la collecte et la saisie des données. |



Figure 6.4: Table à digitaliser à Neuchâtel.

Types de travaux envisagés

Les travaux devant être informatisés ont été définis comme suit:

- saisie du réseau électrique basse tension;
- saisie du télé-réseau;
- saisie du réseau électrique moyenne tension envisagé à court terme.

Organisation

Les responsables du service de l'électricité ont rendu visite à un grand nombre de concepteurs et de fournisseurs de logiciels dédiés à l'informatisation des plans de cadastre. Aucune des solutions proposées ne les ayant vraiment convaincus, ils ont pensé que plutôt que de commencer par numériser leurs plans, il serait plus judicieux de tout d'abord définir toutes les données topologiques de leur réseau, de les recenser, et de les gérer au moyen de l'outil informatique. Ils ont donc décidé de traiter séparément, dans un premier temps, les problèmes liés à la topologie et ceux liés à la topographie en partant du principe qu'une gestion correcte des données topologiques pourra servir ultérieurement à la conception d'un système informatique de gestion des données topographiques.

Cette étude a donné naissance au concept «CIGIN», Concept Intégré de Gestion des Informations des administrations Neuchâteloises, qui intègre les besoins, met en évidence les interactions entre services et assure la cohérence de l'ensemble. (cf. bibliographie).

Ces travaux se sont poursuivis par la création d'un outil d'aide à la décision: le logiciel GIRES. Ce logiciel se subdivise en plusieurs groupes de modules:

1. La gestion des données:
 - c'est le module qui permet la saisie et la modification des différentes données. Un module de maintenance des bases de données lui est associé.
2. La représentation schématique des liaisons:
 - c'est le module qui permet la génération, le contrôle et le traçage des schémas des liaisons.
3. L'exploitation des données:
 - module de visualisation pseudo-graphique appelé «navigateur»,
 - chemins d'alimentation et arrêts de courant,
 - calculs sur réseau,
 - analyse du réseau, tris selon critères multiples, statistiques,
 - module de visualisation purement graphique, («Vision»).



Figure 6.5: Travail in situ à l'aide d'un portable.

4. La représentation schématique du réseau:

c'est le module qui permet la génération, le contrôle, et le tracé du schéma d'ensemble du réseau. c'est également dans cette partie du programme que s'effectue la préparation des dessins utilisés par le module de visualisation du réseau Vision.

Les bases de données qui composent le logiciel utilisent le format D-Base sur MS-DOS. Les modules graphiques utilisent Autocad et Autolisp. Le module Vision est écrit en Modula 2 et il utilise les fichiers produits par Autocad.

Le logiciel permet d'obtenir deux sortes de représentation graphique sous forme papier: le schéma d'ensemble d'un réseau, sous différents formats, selon la grandeur du réseau, et les schémas des liaisons principales au format A3.

Les exigences matérielles minimales consistent en une unité centrale de type PC sous MS-DOS, un disque dur, une unité de sauvegarde, un écran graphique couleur standard, une imprimante, et un traceur ou une imprimante graphique couleur au format A3. En option, d'autres périphériques tels que tablette à digitaliser, carte et écran graphique haute résolution, traceur A0 sont conseillés en raison du confort qu'ils apportent.

Etats des travaux à l'automne 1991

La saisie du réseau électrique de la ville de Neuchâtel devrait se terminer vers la fin 1991. Les tests sur le logiciel, sur la base d'un modèle de pondération, et les dernières mises au point dureront encore plusieurs années.

Coûts estimatifs

Les ressources humaines pour mener à bien le projet se répartissent comme suit:

- 3 dessinateurs: 1 à temps plein, 1 à 10%, 1 à 60%.
- 3 informaticiens durant 2 à 3 ans à plein temps.
- Le responsable technique du réseau au sein du service.

Les moyens financiers nécessaires à l'exploitation du système sont, en ordre de grandeur, les suivants:
1 poste de travail (logiciel, matériel, traceur):

90 000 à 110 000 SFR

Logiciels (y compris logiciel de base): 35 000 SFR

Saisie: 1 poste de travail occupe une personne à temps plein.

Maintenance: environ 3000 SFR./an

6.4 Les projets vaudois

6.4.1 La scannérisation et la vectorisation du plan d'ensemble vaudois

Concept de base

Il s'agit, jusqu'en 1993, d'opérer un scanner des plans d'ensemble 1:10 000 du canton et de les vectoriser en différentes couches.

Le plan figuratif 1:5000 des parcelles non construites (TOPAR) est également scanné, puis vectorisé automatiquement.

Le modèle digital de l'Office fédérale de la topographie est intégré sous forme vectorielle.

Structure des données

Les fonds pixels du plan d'ensemble et du TOPAR sont à disposition des utilisateurs comme fond de

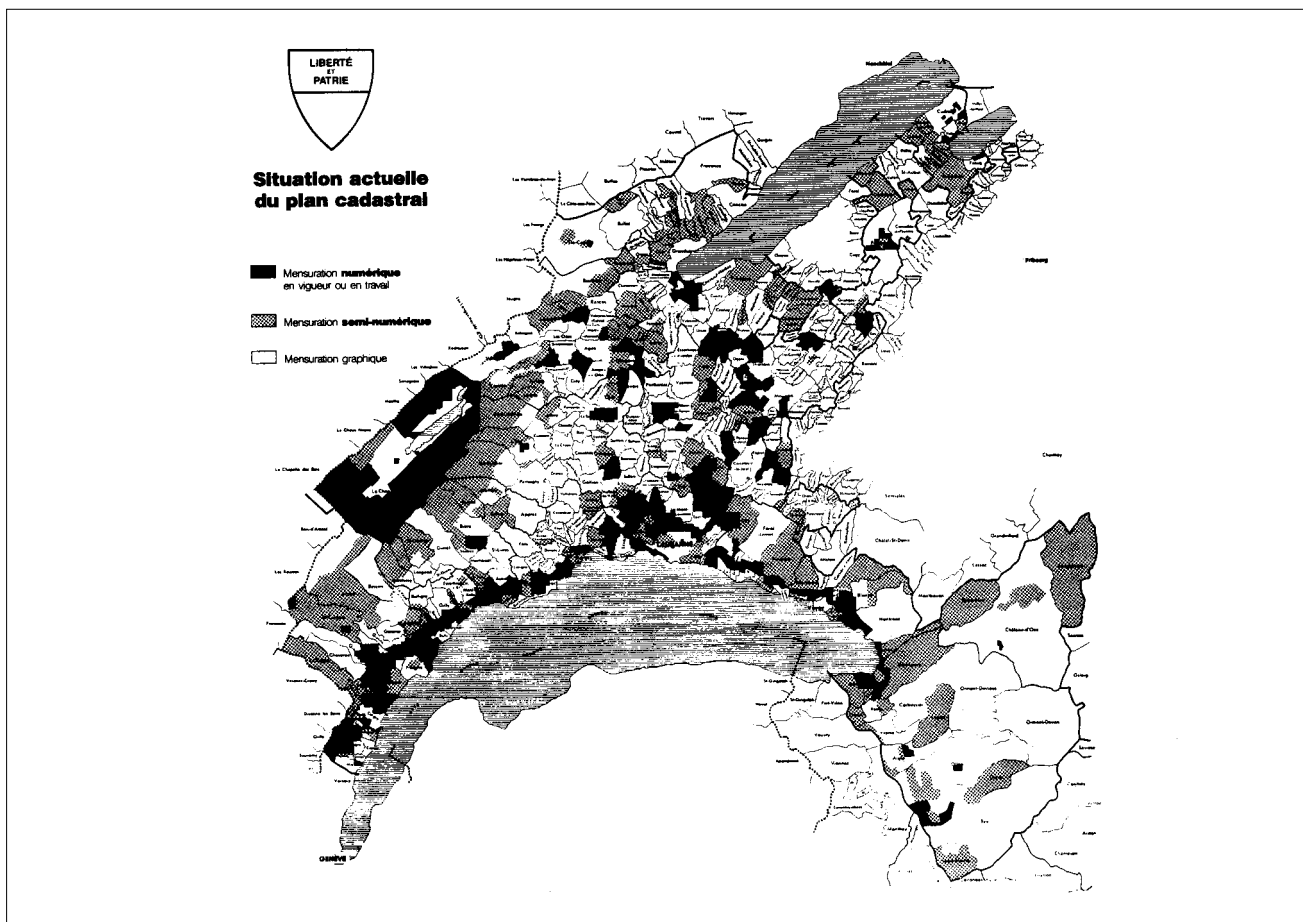


Figure 6.6: Situation actuelle du plan cadastral vaudois.

- *points fixes* (3 catégories de détail);
- *couverture du sol* (39 catégories de détail, dont bâtiments, voies de communication, hydrologie, forêts);

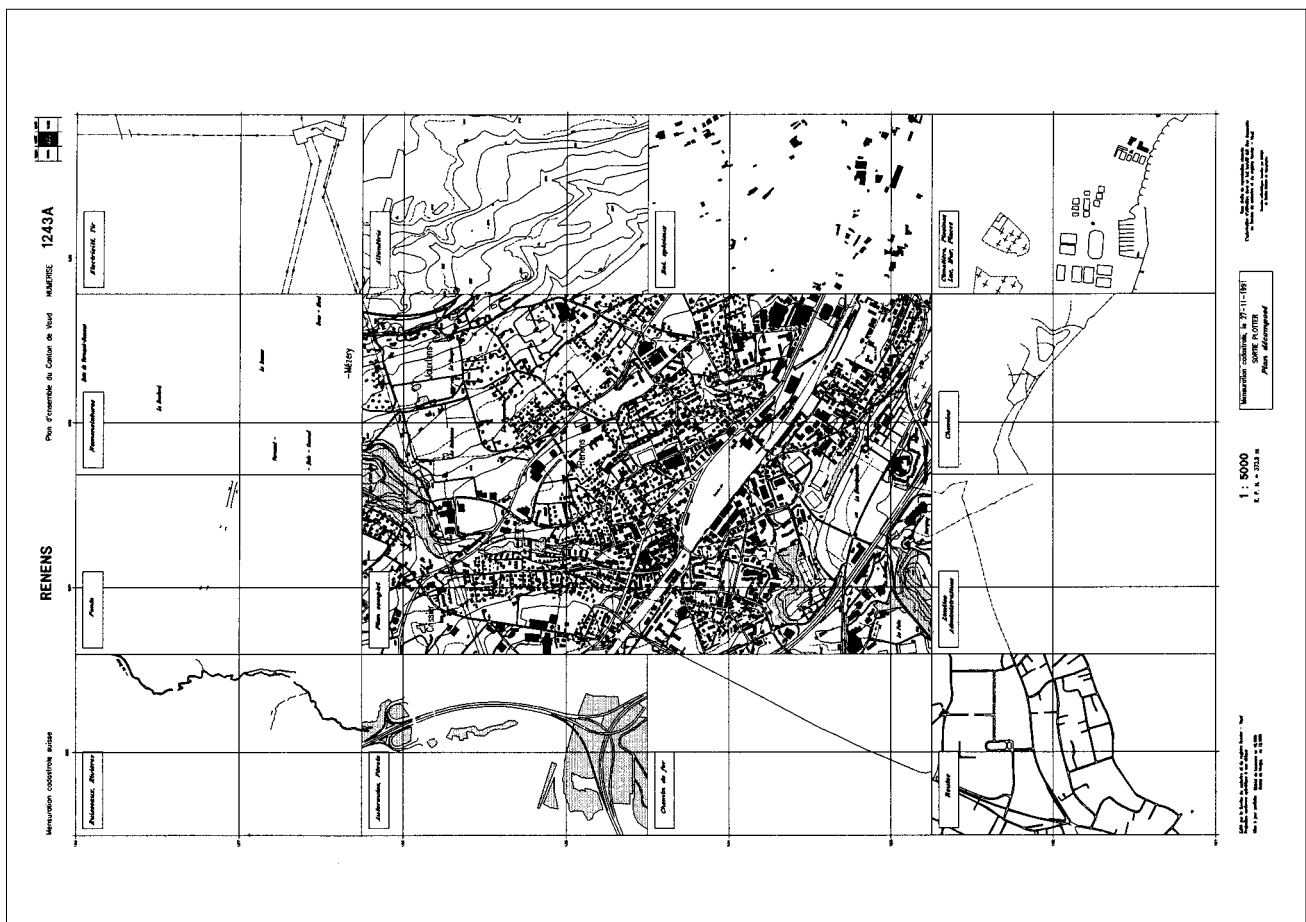


Figure 6.7: Plan d'ensemble (écorché).

- *objets divers et éléments linéaires* (24 catégories de détail, dont ouvrages, lignes électriques);
- *altimétrie* (8 catégories de détail);
- *nomenclature* (4 catégories de détail);
- *synoptique du parcellaire* (6 catégories de détail);
- *divisions administratives* (7 catégories de détail);
- *habillage du plan* (22+9 catégories [PE+TOPAR]).

Modèle de représentation

Une planche modèle a été élaborée pour des restitutions graphiques 1:5000 et 1:10 000.

Stratégie d'acquisition

La digitalisation sur écran du fond pixel fait l'objet d'une stratégie complète qui tient compte des critères suivants:

- hiérarchie des traits, des surfaces;
- échelle de zoom correspondant à la dimension des objets.

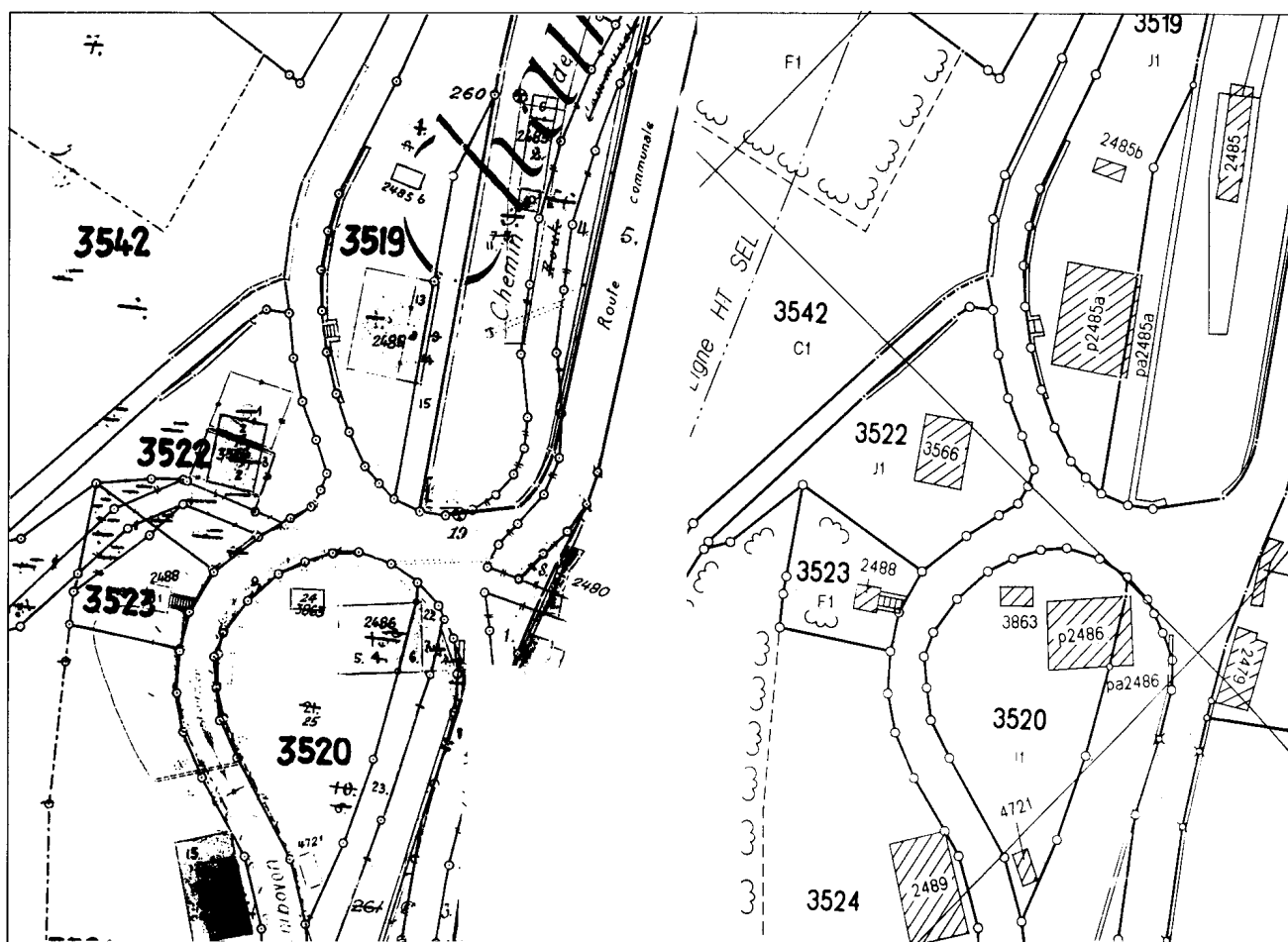


Figure 6.8: Exemple de cadastre ancien avant et après numérisation (commune de Montreux).

La colinéarité des traits est gérée avec la hiérarchie suivante: symbole triangulation / axes de coordonnées / frontières et limites administratives / routes / périmètre des chemins de fer / ruisseaux / forêts / vignes.

Cette gestion évite le dessin de traits et de trames superposés pour les catégories principales de données.

Ce produit sera accessible aux utilisateurs privés sous forme digitale comme sous forme graphique partielle ou complète, à des tarifs proches de ceux de la diffusion du plan d'ensemble actuel.

6.4.2 La numérisation des plans cadastraux

Cette action de l'Etat associant le secteur privé vise à obtenir des données cadastrales informatisées pour répondre à court terme à la forte demande de prestations modernes en matière de cadastre sur l'ensemble du territoire vaudois.

Cette numérisation rapide des plans cadastraux est une opération de grande envergure qui a plusieurs buts:

- compléter le cadastre numérique existant (environ 10% du canton);
- obtenir à court terme des solutions modernes dans la perspective de la Réforme de la mensuration officielle (REMO), en évitant les actions non coordonnées, les pertes de temps dues aux recherches d'information et aux copies ou encore les mises à jour parallèles;
- mettre en place rapidement les bases géométriques de systèmes d'information du territoire (SIT).

Le coût de la numérisation rapide des plans cadastraux est devisé à 36 millions de francs répartis sur 7 ans. Ce coût est dix fois moins élevé que celui de nouvelles mensurations et rénovations correspondantes. La durée de cette opération est de 7 ans dès 1993; elle est 5 fois plus courte que celle de nouvelles mensurations ou rénovations correspondantes.

Cet investissement permettra aux divers utilisateurs d'informatiser leurs propres données sans avoir à se préoccuper du fond cadastral nécessaire. Le financement de l'Etat assure la réalisation rapide et sûre des numérisations.

L'accès informatisé à certaines données du registre foncier, également demandé par les utilisateurs, est l'objet d'un autre projet et sera vraisemblablement traité dans le cadre d'un projet de décret au printemps 1993.

6.5 Pully: Informatisation du plan cadastral et des réseaux d'eau et d'électricité

La commune de PULLY a décidé depuis 1988 l'informatisation du cadastre communal et d'une partie du cadastre souterrain. Voici à titre d'exemple, les principales caractéristiques de ce travail :

Déroulement du projet

Etude et projet

1978	première discussion au sein du conseil communal.
Printemps 1988	début de l'étude de projet.
Octobre 1988	avant-projet et proposition de budget.
1989	achat du matériel et du logiciel.

Type de travaux envisagés en première phase

- Digitalisation du cadastre de surface et du cadastre souterrain (le début de la confection du cadastre souterrain de PULLY date de 1971).
- Saisie des réseaux d'eau et d'électricité.
- Saisie des réseaux de gaz, d'égout, du téléphone et du télé réseau envisagée dans l'avenir.

Organisation

La commune de PULLY a mandaté en 1988, un bureau d'ingénieur aux fins de procéder à l'étude préliminaire, d'établir un programme de travail et procéder à la saisie des données dans un premier temps. Ce bureau s'est chargé, dans le même temps, de la formation de quatre personnes du service cadastral aux techniques et logiciel utilisés.

Le service du cadastre de PULLY est équipé de :

2 postes de travail (2 x 1 PC avec 2 écrans),
1 table de digitalisation,
1 plotter à rouleau et scanner,
1 table traçante,
1 imprimante,
Logiciel GEOCAD.

Etats des travaux

Le travail de saisie s'est effectué par passage des plans existants au fichier électronique: le plan est



Figure 6.9: Poste de travail à Pully.

posé sur une table à digitaliser. Un calibrage de la table indique à l'ordinateur où introduire le plan d'ensemble (échelle interne: 1:1). Chaque élément est ressaisi par click à l'aide d'une souris munie d'un viseur. Un module spécial corrige automatiquement les déformations du papier.

Temps de travail: environ un jour de saisie par plan au 1:200 au format A0, plus le temps nécessaire pour réaliser le groupement de ligne formant une entité.

Etats des travaux à l'automne 1991

- Cadastre de surface: l'ensemble est saisi.
- Cadastre souterrain: environ la moitié est saisi.
- L'ensemble devrait être terminé fin 1991.
- Les réseaux d'eau et d'électricité sont en partie saisis (25%).

Taille de l'application

Données sur la commune:

- Surface : 390 ha
- Nb. d'habitants : 15 000

Coût estimatifs

Ressources humaines

En moyenne, 2 à 3 personnes travaillent à plein temps sur ce projet, en considérant à la fois le personnel concerné du service du cadastre et les membres du bureau d'ingénieur associés à l'opération.

Moyens financiers (selon budget 1988)

- Coût de l'étude préalable: confidentiel.
- Coût du matériel et logiciel:
 - poste de travail,
 - table de digitalisation,
 - plotter à rouleau,
 - imprimante,
 - table traçante,
 - le logiciel.

Total: env. 160 000 SFR

Un deuxième poste env. 85 000 SFR

Coût du travail de saisie, formation et assistance du bureau d'ingénieur:

- Saisie des données:
trois à quatre personnes pendant 2 ans.
- Actualisation du programme:
env. 75 000 SFR/an
- Formation et assistance: env. 50 000 SFR/an



Figure 6.10: Des documents inadaptés.

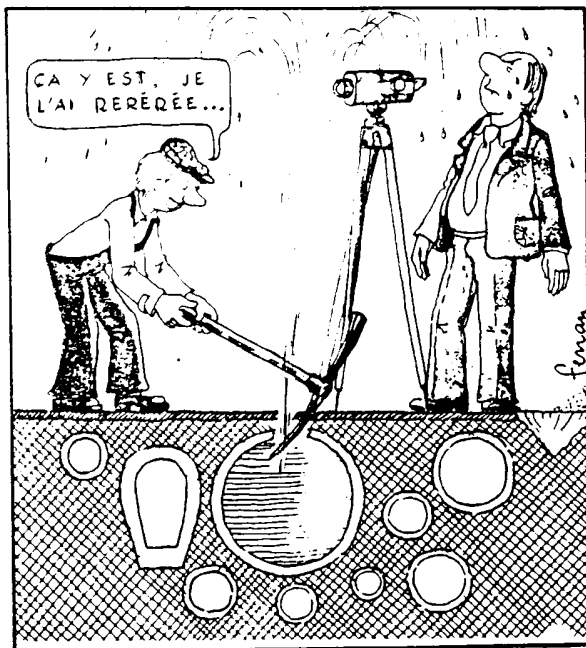


Figure 6.11: Des situations bien souvent rencontrées.

6.6 Martigny: Gestion des données des réseaux urbains

6.6.1 Introduction

Les principaux objectifs d'un Service industriel tel que celui de Martigny sont de distribuer tous les agents de réseaux à tous les abonnés sans discontinuité et aux meilleurs coûts. Afin d'atteindre ces objectifs, il est nécessaire:

- de planifier les infrastructures;
- de gérer les données;
- de contrôler les fonctionnements en temps réel.

Ces conceptions ont été développées dans le cadre du projet Sysurb, projet mené conjointement par l'EPFL, le Centre de Recherche en Energies et techniques Municipales de Martigny (CREM), les villes de Neuchâtel et de Martigny, et l'appui financier de la Commission pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique (CERS). Les trois fonctions citées sont indissociables, car pour effectuer des planifications d'infrastructure par calculs, il est nécessaire d'obtenir les données existantes et les consommations gérées en temps réel.

La partie la plus intéressante est la gestion des données des réseaux, plus communément appelée *cartographie*.

Les Services Industriels ont dressé un cahier des charges, fin 1989, pour la gestion en cartographie de leurs réseaux urbains, en tenant compte des interactions avec les autres fonctions. Le logiciel capable de répondre au cahier des charges devait pouvoir gérer toutes les données alphanumériques des réseaux et les représenter géographiquement sur des fonds de plans scannés. Un logiciel de dessin ne pouvait pas répondre à ce cahier des charges.

Le choix du système HyperBird a eu lieu au début 90 et la commande a été passée à mi-janvier. Une année après la livraison du système, ce rapport décrit:

- les données introduites dans le système;
- comment HyperBird répond aux besoins de Martigny;
- la situation actuelle et l'avis des Services Industriels.

6.6.2 Situation initiale

La figure 6.11 décrit des situations bien souvent rencontrées, lorsque la cartographie des réseaux n'est pas toujours mise à jour, ou n'existe pas du tout.

Même si les plans cadastraux de Martigny sont d'excellente qualité, la situation n'était pas satisfaisante !

D'autres problèmes provenaient du fait que nous avions des documents inadaptés, (figure 6.10) qui nous posaient les contraintes suivantes :

- plans à plusieurs échelles;
- une série de plans pour chaque agent;
- des fonds de plans du géomètre datant de plusieurs années;
- le report sur tous nos fonds de plans des nouveaux bâtiments;
- un travail de cotation important;
- la perte des implantations de réseaux, lorsque des bâtiments étaient détruits;
- une non conformité à la nouvelle réforme de la mensuration cadastrale REMO, puisque les points n'étaient pas relevés en coordonnées numériques.

La figure 6.12 décrit un exemple d'implantation du réseau de gaz sous son ancienne forme sur plan papier.

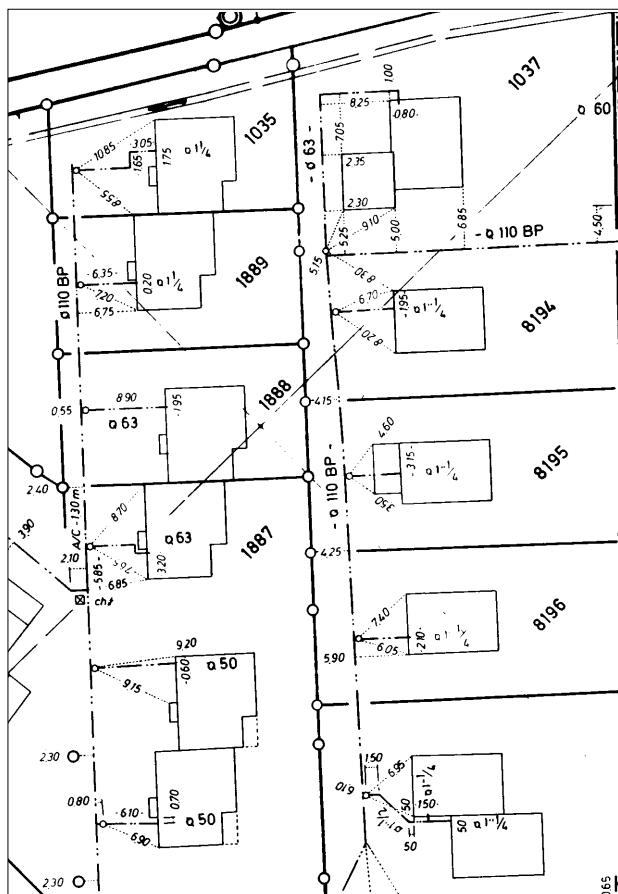


Figure 6.12: Exemple d'un plan cadastral avec le réseau de gaz.

6.6.3 Besoins des services

Le bureau de dessin des Services Industriels est à disposition pour répondre aux besoins du personnel des divers réseaux (électricité, gaz, eau, chauffage urbain, télévision et eaux usées), besoins qui sont les suivants :

- Localiser des éléments de réseau dans une surface déterminée, et connaître leurs caractéristiques. Par exemple, une entreprise qui doit effectuer une fouille au travers d'une route pour raccorder un bâtiment à l'eau potable doit connaître l'emplacement et les caractéristiques de la conduite principale, et s'assurer que sa fouille ne perturbe pas d'autres réseaux (électricité, gaz, etc.).
- Connaître les conduites d'alimentation et les points de coupures d'un bâtiment. Par exemple, une conduite d'eau a éclaté dans un bâtiment; il est nécessaire de trouver la vanne de coupure de



Figure 6.13: Tableau de bord HyperBird.

ce bâtiment. La pression de gaz est trop faible ou nulle; il est important de savoir d'où est alimenté ce bâtiment.

- Connaître les vannes permettant d'isoler une partie de réseau pour une intervention, ou en cas de rupture d'une conduite.

D'autres besoins sont moins fréquents et moins importants:

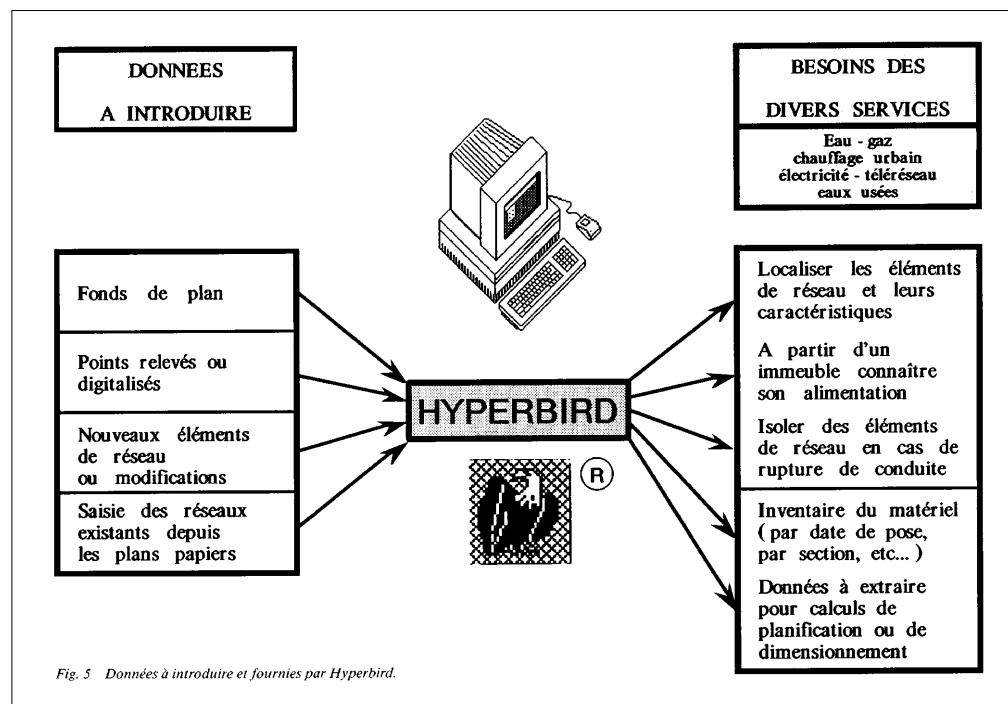
- Connaître l'inventaire du matériel posé pendant l'année, (conduites, vannes, etc.).
- Connaître les parties de réseau installées avant une certaine date, pour des travaux d'entretien.
- Extraire les caractéristiques des réseaux pour effectuer des calculs dans un but de planification ou de contrôle des dimensionnements.

Le système HyperBird permet de répondre à ces différents besoins, mais avant de démontrer comment, intéressons-nous d'abord aux données qui doivent être introduites dans le système.

6.6.4 Données à introduire dans le système

La figure 6.13 décrit le tableau de bord HyperBird, avec l'ensemble des informations qu'il permet de

Figure 6.14:
Données à introduire
et fournies par
HyperBird.



gérer. Sans trop entrer dans les détails, il faut remarquer les données suivantes:

- fonds de plan ou supports,
- points,
- éléments de réseaux ou tronçons,
- attributs,
- hydrants,
- bâtiments.

Le fournisseur possède des documentations détaillées sur ces données, et propose d'autres modules que nous n'avons pas commandés

La figure 6.14 (partie de gauche) décrit les différentes procédures et données à introduire dans le système.

Fonds de plans

A la commande du logiciel, il a été décidé d'utiliser les fonds de plans cadastraux fournis par le géomètre dans leurs versions les plus récentes. Nous avons sous-traité les réductions des 80 plans de la commune de Martigny à la mi-février 1990. Deux semaines plus tard, les tirages nous ont été fournis au format A4. La scannérisation d'un plan et son calage ont demandé en moyenne une heure de travail au dessinateur.

Les plans cadastraux de Martigny ont tous en surimpression la grille hectométrique fédérale, ce qui facilite le calage et les contrôles. Si cette grille n'existe pas, le géomètre doit fournir quatre points de calages.

Dans un premier temps, les fonds de plans ont été scannés selon les besoins, mais après six mois, les 80 plans au 1:250, 1:500 ou au 1:1000 étaient introduits. La figure 6.15 représente le synoptique permettant de choisir d'abord la partie de la ville, puis le fond de plan nécessaire.

Les coûts pour la saisie de l'ensemble des fonds de plans cadastraux de la ville de Martigny dans Hyperbird ont été les suivants:

Frais de réduction 80 plans à 50 SFR: 4000 SFR

Saisie dessinateur 80 heures à 50 SFR: 4000 SFR

Total: 8000 SFR

Chaque plan ayant été contrôlé, il s'avère que l'erreur maximale mesurée est de l'ordre de 30 cm.



Figure 6.15: Synoptique facilitant l'accès aux fonds de plans cadastraux.

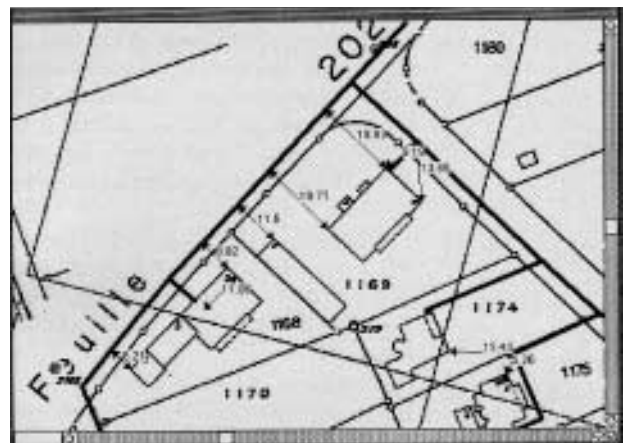


Figure 6.16: Implantation d'une conduite gaz (la conduite a été volontairement imprimée plus large pour l'identifier en noir-blanc. L'impression réelle se fait en couleur).

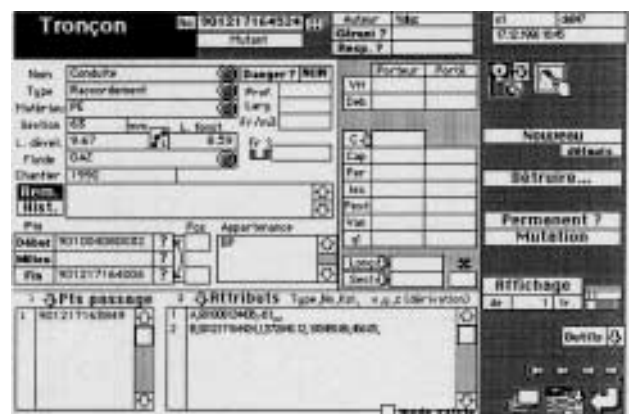


Figure 6.17: Fiche d'un élément du réseau gaz.



Figure 6.18: Informations complémentaires sur les éléments de réseaux sous la forme de photos gérées par HyperBird.



Figure 6.19: Informations complémentaires sur les éléments de réseaux sous la forme de photos gérées par HyperBird.

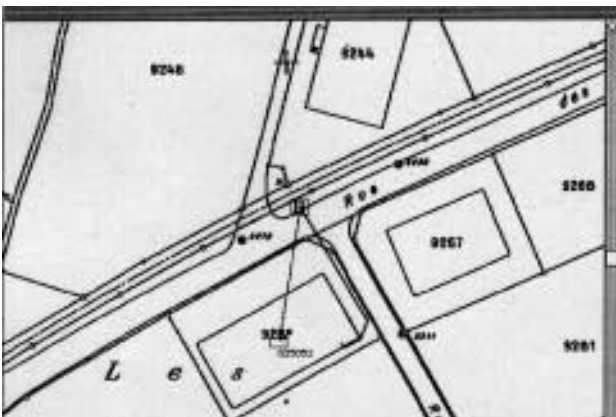


Figure 6.20: Bâtiment avec vanne de coupure et conduite d'introduction.

Pour des besoins divers, d'autres fonds de plans ont aussi été saisis:

- ensemble de la ville au 1:4000
- divers quartiers au 1:2000
- orthophotos
- cartes topographiques au 1:25 000
- plans de zone
- etc.

Fin 1990, le géomètre nous a transmis les 15 plans sur lesquels des modifications importantes sont survenues, et nous les avons remplacés. Ainsi tous nos fonds de plans sont parfaitement à jour avec un décalage de quelques mois sur le géomètre.

Eléments de réseaux

Mutations, nouveaux chantiers

L'objectif fixé en 1990 était, avec le personnel en place (un dessinateur), de saisir tout ce qui se modifiait sur nos réseaux.

Avisé lors de chaque chantier, le dessinateur est intervenu avec le géomètre pour relever les points de passage des nouvelles conduites. Ces points en coordonnées numériques fournies sur disquette par le géomètre, ont été transférés et ensuite affichés sur Hyperbird. Le dessinateur saisit alors les données en rapport avec ces points (vannes, Té, changement de section, etc.).

Les objectifs fixés ont été parfaitement atteints, le dessinateur ayant saisi et maîtrisé toutes les mutations depuis début 1990 sur Hyperbird. Plus aucune information n'a été reportée sur plan papier.

Reprise des plans des réseaux existants

En septembre 1990, les travaux pour la saisie à partir des plans papier de l'ensemble du réseau de gaz ont été effectués par du personnel temporaire:

- digitalisation des plans existants,
- transferts des coordonnées numériques,
- saisie des éléments de réseau.

La saisie de l'ensemble du réseau de gaz (32 plans, 1800 points, 33 km de conduites) a été réalisée en 200 heures. Le contrôle du travail par le dessinateur des SI n'est pas compris dans ces heures.

Actuellement, après une année, nous avons saisi toutes les mutations de nos réseaux, l'ensemble du réseau gaz et le 80% du réseau de chauffage urbain.

Nous avons sous-traité la saisie des plans papier du réseau d'eau et travaillons actuellement sur des saisies des réseaux électriques et TV dans certains quartiers.

6.6.5 Comment Hyperbird répond aux besoins

Dans ce chapitre seront démontrées les diverses façons de répondre aux besoins représentés sur la partie droite de la figure 6.14.

Localiser et connaître des caractéristiques de réseau

Après avoir affiché le fond de plan de la zone de travail, l'opérateur affiche le ou les réseaux nécessaires. Le chef d'équipe ou l'entrepreneur demande alors les données qui l'intéressent sur l'implantation du réseau (figure 6.16) et sur les éléments de celui-ci (figure 6.17). Dans certains cas, lors de croisements avec d'autres agents, des données complémentaires, tels que des schémas ou des photos, sont aussi gérés par le système (figure 6.18).

Connaître l'alimentation d'un bâtiment

Une rupture de conduite causée par le gel a eu lieu au numéro 52 de la rue des Finettes. L'opérateur affiche à l'écran le fond de plan concerné, puis demande l'implantation du bâtiment à partir de son code alphanumérique (025052). Le bâtiment peut être affiché avec la vanne de coupure et avec le passage réel de la conduite (figure 6.20). S'il est nécessaire, le réseau principal peut aussi être affiché. Des cotes peuvent aider à retrouver la vanne, ce genre d'intervention ayant fréquemment lieu en hiver (figure 6.21).

Isoler une partie du réseau

En cas de rupture de conduite ou d'intervention sur le réseau gaz haute pression, par exemple, il est important de connaître rapidement l'emplacement des vannes du réseau. La figure 6.22 décrit un document sur lequel ont été reportés uniquement le réseau haute pression, les vannes de coupure et les postes de détente.

Autres besoins

Le système Hyperbird permet de répondre à bien d'autres besoins plus spécifiques tels que :

- la fourniture des listes d'inventaires;
- l'affichage des réseaux avec diverses couleurs selon l'âge, le diamètre, etc.;
- l'extraction de données pour des calculs;
- etc.

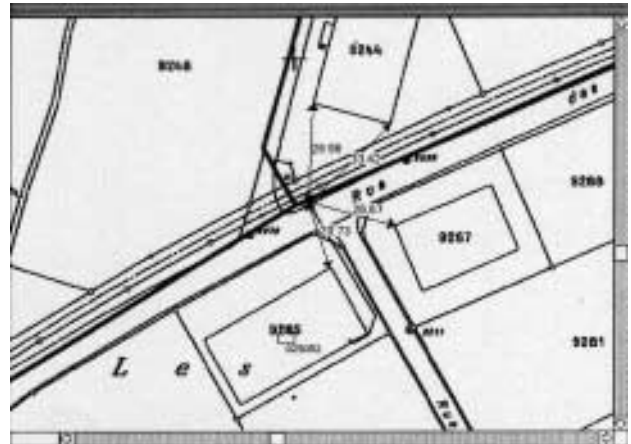


Figure 6.21: Repérage de la vanne de coupure.

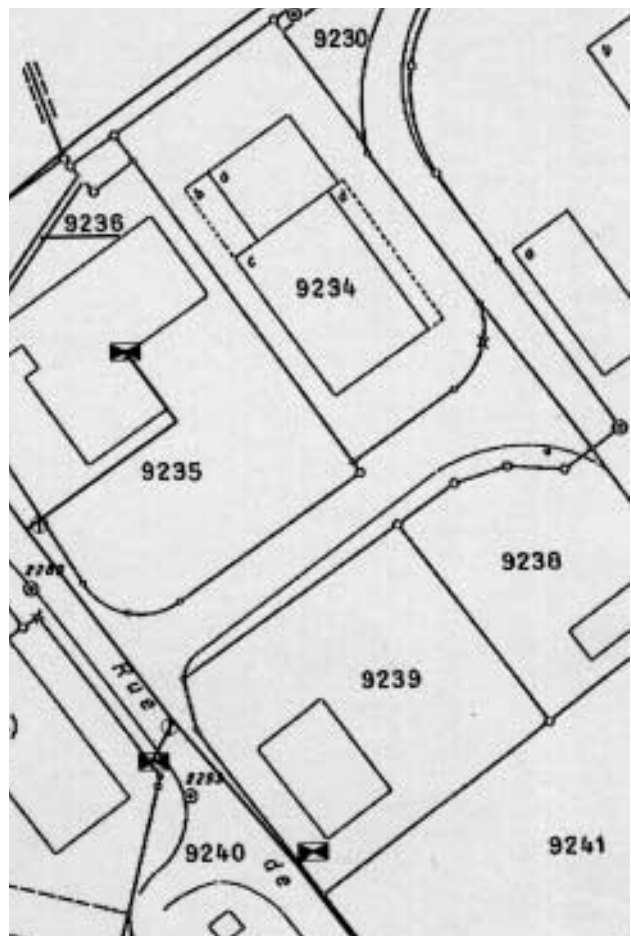


Figure 6.22: Réseau gaz avec vannes et postes de détente (les éléments de réseau avec les vannes et les postes de détente sont visualisés et imprimés en couleur).

6.6.6 Conclusions

Le système devant fournir non pas des plans, mais des informations, Hyperbird, dont les deux tiers des capacités permettent de gérer des données alpha-numériques et le tiers d'afficher graphiquement ces données, répond parfaitement à nos besoins.

Nous avons été agréablement surpris par le délais de mise en œuvre, puisqu'après une année nous disposons :

- de l'ensemble des fonds de plans;
- de toutes les mutations;
- du 100% du réseau gaz;
- du 80% du réseau de chauffage urbain.

D'autre part, les mutations de réseau sur Hyperbird n'engendrent pas plus de travail que lorsqu'elles étaient faites sur plan papier. Comme les réseaux sont indépendants du support, ils ne sont saisis qu'une fois, mais peuvent être affichés avec n'importe quel fond de plan.

Les services industriels de la ville de Martigny ont bénéficié des expériences acquises lors de la réalisation du projet Sysurb, de l'excellente ergonomie du logiciel Hyperbird créé par BSI et des compétences du CREM pour la mise en place du système. La motivation du dessinateur et des chefs de réseaux a été primordiale dans l'opération.

Annexes

Annexe 1	Exemple d'informatisation des données: Application au cas de l'eau	217
----------	---	-----

Annexe 2	Exemple de quelques logiciels du marché	225
	ADALIN	226
	APIC	227
	ARC/INFO	228
	ARGIS 4GE	229
	ATLAS	230
	AUTOCAD	231
	CLARIS CAD	232
	GEOCAD	233
	GIMS	234
	GIRES	235
	GITEL	236
	GRADIS GIS	237
	GRADIS 2000	238
	GRIPS	239
	HYPERBIRD	240
	INFOCAD	241
	INTERGRAPH AEC	242
	MINICAD	243
	SICAD	244
	STAR-CARTO	245

Annexe 1

Exemple d'informatisation des données: Application au cas de l'eau

Les fiches de données :

L'informatisation des données sur les réseaux est l'occasion de réunir sous une nouvelle forme les données techniques et les particularités de ces réseaux.

Cette organisation des données peut se faire selon deux fils conducteurs principaux, soit les *fiches d'information* et les *cases à cocher*.

Les fiches d'information peuvent être introduites dans les fichiers et servir d'aide en ligne.

Les cases à cocher peuvent être introduites dans les fiches des composants. Ainsi, les maladies types des diverses familles des composants peuvent être décrites et, lors des relevés réguliers, l'opérateur n'aura qu'à cocher la rubrique correspondante.

Ces deux orientations permettent ainsi de condenser l'information sous une forme directement utile à l'utilisateur.

A titre d'exemple, cette annexe décrit la mise sous fiches des principales caractéristiques et les principales maladies des réseaux d'eau. Les caractéristiques des joints types par matériaux et les principaux accidents sont alors reportés sur des fiches d'information et sous forme de cases à cocher.

Cette manière de faire attire l'attention des exploitants sur les caractéristiques et l'état des réseaux. Elle permet en outre d'identifier les secteurs les plus fragiles des réseaux et de suivre l'évolution des conduites au cours des diverses inspections.

Le même processus peut être réalisé pour chacun des types de réseau, avec catalogue des composants, de leurs particularités et de leurs points faibles.

Conduite ACIER

Enterrée ☐
Immergée ☐
Aérienne ☐

Description

No de conduite:

Longueur:

Type:

Fluide:

Diamètre:

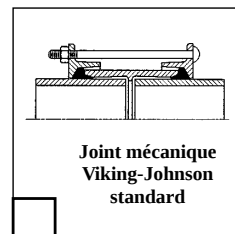
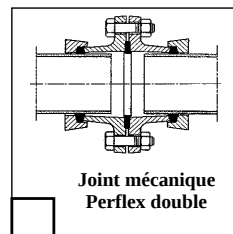
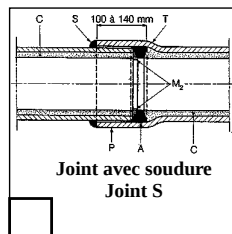
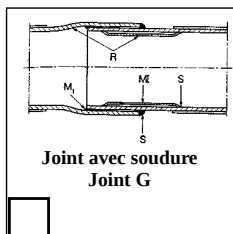
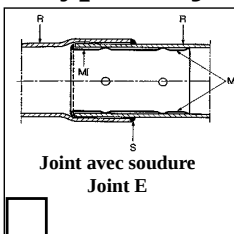
Epaisseur:

Dossier de plan

No:.....

PHOTO

Types de joints



Revêtement intérieur

Mortier de ciment ☐
Email bitumeux ☐
Résine époxy ☐
Autre

Protection externe

Bitume toile de verre ☐
Résine époxy ☐
Bandes plastiques ☐
Protect. cathodique ☐
Autre

Caractéristiques

Coût	3	Cher à l'achat mais Transport facile Enrobage facile
	1	Excellente
	1	Rugosité Bonne
	2	Agressibilité Exige un revêtement intérieur (PUR ou béton)
Pose	1	Poids Léger; Gamma = 7.8 t/m3
	1	Longueur Variable par soudage ou bride
	1	Enrobage En général, profil 1
	1	Abrasibilité Exige un revêtement intérieur
Résistance	1	Press. interne Excellente
	1	Press. externe Excellente
	2	Déformation Semi-rigide
	1	Dilatation 10 ⁻⁵ Bonne
Conduite	2	Enterrée Précautions lors de l'enrobage, protection cathodique.
	1	Immergée Léger, facile à assembler, à flotter et à immerger.
	1	Aérienne Léger, autoportant pour ruisseaux et aqueducs
	1	Série S = R/e Variable (Cf. Romag)
Diamètres	1	DN varie de 100 à 2000 mm

Date d'inspection

Corrosion chimique ☐

Corrosion électrochimique ☐

Mouvements de terrain ☐

Commentaires:

Traçé

Date du relevé:

No point 1

No point 2

Conduite BETON

Enterrée ☐
Immergée ☐
Aérienne ☐

Description

No de conduite:

Longueur:

Type:

Fluide:

Diamètre:

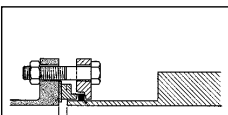
Epaisseur:

Dossier de plan

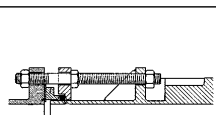
No:.....

PHOTO

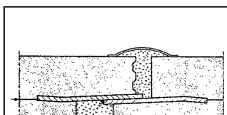
Types de joints



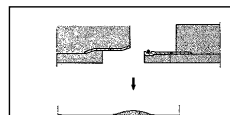
Joint à bride
non-autobute

☐


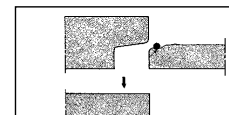
Joint à bride
auto-bute

☐


Joint soudé

☐


Joint autoclave 1

☐


Joint autoclave 2

☐

Type de tube

Ordinaire ☐
Armé centrifugé / vibré ☐
Ame en tôle ☐
Précontraint ☐
Autre

Protection

Epoxyde ☐
Brai-epoxyde ☐
Brai de houille ☐
Autre

Date d'inspection

Dégats béton ☐

Dégats armature ☐

Corrosion chimique ☐

Corrosion électrochimique ☐

Mouvements de terrain ☐

Commentaires:

Caractéristiques

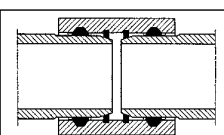
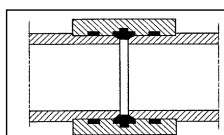
Coût	1	A l'achat, le meilleur marché, pour les courants. A comparer avec profils 3 et 4
	2	Meilleure avec les emboitements cloches
	2	Moyenne, dépend du système de fabrication
	2	Doit correspondre à l'ordonnance fédérale
	2	Moyenne, moins bonne que le PVC
Pose	Poids	3 Les plus lourds: Gamma = 2400 kg/m ³
	Longueur	2 Seulement 2 m;
	Enrobage	2 beaucoup de joints Souvent profil 3 ou 4 exigé
Résistance	Press. interne	2 Moyenne
	Press. externe	2 Moyenne
	Déformation	1 Rigide
Conduite	Dilatation	1 10 ⁻⁵ Bonne
	Enterrée	1 Pas de problèmes; attention choix profil
	Immergée	3 Problèmes transport et immersion
	Aérienne	3 Problèmes transport accrochage immersion
	Série S = R/e	1 e min: 25 mm e Max: 120 mm S varie de 4 à 12.5
Diamètres	2	DN varie de 100 à 1500 mm

Traçé

Date du relevé:

No point 1

No point 2

Conduite AMIANTE CIMENT Enterrée ☐ Immergée ☐ Aérienne ☐	Description No de conduite: Longueur: Type: Fluide: Diamètre: Epaisseur:	Dossier de plan No:..... PHOTO																																																																											
Types de joints  Joint à manchon "Everutube"  Joint à manchon "Eternit"																																																																													
Type de tube "Everutube" ☐ "Eternit" ☐ Autre Protection interne Epoxyde ☐ Braï de houille ☐ Sans ☐ Autre		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; padding: 5px;">Caractéristiques</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Coût</td> <td style="width: 70%;">2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>At'achat, plus cher que le TBC; mais comparer avec enrobage. Les TBC, enrobés en profil 3 ou 4 peuvent revenir aussi chers que les TE enrobés en profil!</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Etanchéité</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rugosité</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Agressibilité</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Abrasibilité</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Poids</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Longueur</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Enrobage</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Léger 4 m: moins de joints En général, type 1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Press. interne</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Press. externe</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Déformation</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Excellente résistance Excellente résistance Semi-rigide</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Dilatation</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>10⁻⁵ Bonne</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Enterrée</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Immergée</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Aérienne</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sans problèmes, profil simple Attention au joint: Précautions! Fragile et cassant</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Série S = R/e</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>e min.: 8 mm e max.: 60 mm S varie de 12.5 à 42</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diamètres</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>DN varie de 100 à 2500 mm</td> </tr> </tbody> </table>	Caractéristiques				Coût	2			At'achat, plus cher que le TBC; mais comparer avec enrobage. Les TBC, enrobés en profil 3 ou 4 peuvent revenir aussi chers que les TE enrobés en profil!		Etanchéité	1		Rugosité	1		Agressibilité	2		Abrasibilité	2		Poids	1		Longueur	1		Enrobage	1			Léger 4 m: moins de joints En général, type 1		Press. interne	1		Press. externe	1		Déformation	1			Excellente résistance Excellente résistance Semi-rigide		Dilatation	1			10 ⁻⁵ Bonne		Enterrée	1		Immergée	2		Aérienne	2			Sans problèmes, profil simple Attention au joint: Précautions! Fragile et cassant		Série S = R/e	2			e min.: 8 mm e max.: 60 mm S varie de 12.5 à 42		Diamètres	1			DN varie de 100 à 2500 mm
Caractéristiques																																																																													
	Coût	2																																																																											
		At'achat, plus cher que le TBC; mais comparer avec enrobage. Les TBC, enrobés en profil 3 ou 4 peuvent revenir aussi chers que les TE enrobés en profil!																																																																											
	Etanchéité	1																																																																											
	Rugosité	1																																																																											
	Agressibilité	2																																																																											
	Abrasibilité	2																																																																											
	Poids	1																																																																											
	Longueur	1																																																																											
	Enrobage	1																																																																											
		Léger 4 m: moins de joints En général, type 1																																																																											
	Press. interne	1																																																																											
	Press. externe	1																																																																											
	Déformation	1																																																																											
		Excellente résistance Excellente résistance Semi-rigide																																																																											
	Dilatation	1																																																																											
		10 ⁻⁵ Bonne																																																																											
	Enterrée	1																																																																											
	Immergée	2																																																																											
	Aérienne	2																																																																											
		Sans problèmes, profil simple Attention au joint: Précautions! Fragile et cassant																																																																											
	Série S = R/e	2																																																																											
		e min.: 8 mm e max.: 60 mm S varie de 12.5 à 42																																																																											
	Diamètres	1																																																																											
		DN varie de 100 à 2500 mm																																																																											
Date d'inspection Corrosion chimique ☐ Corrosion électrochimique ☐ Mouvements de terrain ☐ Commentaires:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Tracé</td> <td style="width: 80%;"> Date du relevé: </td> </tr> <tr> <td></td> <td> No point 1 No point 2 </td> </tr> </table>	Tracé	Date du relevé:		No point 1 No point 2																																																																							
Tracé	Date du relevé:																																																																												
	No point 1 No point 2																																																																												

Conduite FONTE

Enterrée ☐
Immergée ☐
Aérienne ☐

Description

No de conduite:

Longueur:

Type:

Fluide:

Diamètre:

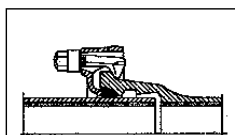
Epaisseur:

Dossier de plan

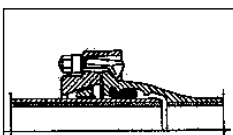
No:.....

PHOTO

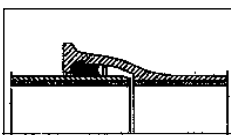
Types de joints



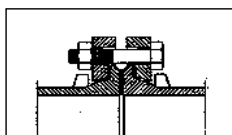
Joint Express GS



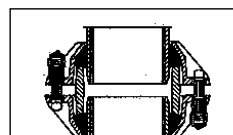
Joint Tribuct verrouillé



Joint standard



Joint à brides orientables



Joint GGS



Type de tuyau

Fonte grise ☐
Fo. ductile nodulaire ☐
Fo. ductile graphite ☐
Autre

Protection externe

Metallisation Zinc ☐
Résine époxy ☐
Polyuréthanes ☐
Polyéthylène ☐
Protect. cathodique ☐
Autre

Date d'inspection

Corrosion chimique ☐

Corrosion électrochimique ☐

Mouvements de terrain ☐

Commentaires:

Traçé

Date du relevé:

Caractéristiques

	Coût	3	Cher à l'achat Economique à l'enrobage (sable)
	Etanchéité	1	Différents joints efficaces
	Rugosité	1	Bonne, avec revêtement intérieur (PUR)
	Agressibilité	2	Bonne, avec revêtement intérieur
	Abrasibilité	1	Bonne
Pose	Poids	2	Plus lourd que l'acier; Gamma = 7.7 t/m3
	Longueur	1	En général 6.00 m donc peu de joints
	Enrobage	1	En général avec du sable donc économique
Résistance	Press. interne	1	Excellente, PN → 24 atm
	Press. externe	1	Bonne, enrobage simple
	Déformation	1	Tuyau rigide, déformation possible du joint
	Dilatation	1	10 ⁻⁵ Bonne
Conduite	Enterrée	1	Sans problèmes
	Immergée	2	Plus difficile à transporter, flotter et immerger
	Aérienne	2	Sans problèmes mais plus lourd
	Série S = R/e	1	Une seule série
	Diamètres	3	DN varie de 100 à 600mm Grd. diamètres impossibles

No point 1

No point 2

Conduite POLY ETHYLENE Enterrée ☐ Immergée ☐ Aérienne ☐	Description No de conduite: Longueur: Type: Fluide: Diamètre: Epaisseur:	Dossier de plan No:..... PHOTO																																																									
Types de joints <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">Joint à compression ☐</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">Joint électromanchon ☐</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐</td> </tr> </table>			☐	Joint à compression ☐	☐	Joint électromanchon ☐	☐																																																				
☐	Joint à compression ☐	☐	Joint électromanchon ☐	☐																																																							
Type de tuyau PE Haute Densité ☐ PE Basse Densité ☐ Autre Protection externe Sans ☐ Autre		Caractéristiques <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Coût</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Plus cher que le PVC à l'achat Peut être économique selon profil d'enrobage</td> </tr> <tr> <td rowspan="4"></td> <td>Etanchéité</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Excellente</td> </tr> <tr> <td>Rugosité</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Excellente</td> </tr> <tr> <td>Agressibilité</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Excellente</td> </tr> <tr> <td>Abrasibilité</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Excellente</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Pose</td> <td>Poids</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Léger; Gamma = 955 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Longueur</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>5 ou 10 m; joints manchons ou soudés miroir</td> </tr> <tr> <td>Enrobage</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Profil variable selon ø</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Résistance</td> <td>Press. interne</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Selon série jusqu'à 4 atü</td> </tr> <tr> <td>Press. externe</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Bonne mais attention tuyaux flexibles</td> </tr> <tr> <td>Déformation</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Flexible</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Conduite</td> <td>Dilatation</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>2x10⁻⁴ 20 x > béton</td> </tr> <tr> <td>Enterrée</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Attention aux profils d'enrobage</td> </tr> <tr> <td>Immergée</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Lester; excellente, flexible, peu de joints</td> </tr> <tr> <td>Aérienne</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Excellente, mais attention à la dilatation</td> </tr> <tr> <td>Série S = R/e = 12.5 S = 16 S = 20</td> <td style="text-align: center;">1 2 3</td> <td>PN = 4 atü; e min = 3.4 mm PN = 3.2 atü PN = 3.5 atü</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diamètres</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>DE varie de 100 à 1000 mm</td> </tr> </table>		Coût	2	Plus cher que le PVC à l'achat Peut être économique selon profil d'enrobage		Etanchéité	1	Excellente	Rugosité	1	Excellente	Agressibilité	1	Excellente	Abrasibilité	1	Excellente	Pose	Poids	1	Léger; Gamma = 955 kg/m ³	Longueur	1	5 ou 10 m; joints manchons ou soudés miroir	Enrobage	2	Profil variable selon ø	Résistance	Press. interne	1	Selon série jusqu'à 4 atü	Press. externe	2	Bonne mais attention tuyaux flexibles	Déformation	2	Flexible	Conduite	Dilatation	2	2x10 ⁻⁴ 20 x > béton	Enterrée	2	Attention aux profils d'enrobage	Immergée	1	Lester; excellente, flexible, peu de joints	Aérienne	1	Excellente, mais attention à la dilatation	Série S = R/e = 12.5 S = 16 S = 20	1 2 3	PN = 4 atü; e min = 3.4 mm PN = 3.2 atü PN = 3.5 atü		Diamètres	3	DE varie de 100 à 1000 mm
	Coût	2	Plus cher que le PVC à l'achat Peut être économique selon profil d'enrobage																																																								
	Etanchéité	1	Excellente																																																								
	Rugosité	1	Excellente																																																								
	Agressibilité	1	Excellente																																																								
	Abrasibilité	1	Excellente																																																								
Pose	Poids	1	Léger; Gamma = 955 kg/m ³																																																								
	Longueur	1	5 ou 10 m; joints manchons ou soudés miroir																																																								
	Enrobage	2	Profil variable selon ø																																																								
Résistance	Press. interne	1	Selon série jusqu'à 4 atü																																																								
	Press. externe	2	Bonne mais attention tuyaux flexibles																																																								
	Déformation	2	Flexible																																																								
Conduite	Dilatation	2	2x10 ⁻⁴ 20 x > béton																																																								
	Enterrée	2	Attention aux profils d'enrobage																																																								
	Immergée	1	Lester; excellente, flexible, peu de joints																																																								
	Aérienne	1	Excellente, mais attention à la dilatation																																																								
	Série S = R/e = 12.5 S = 16 S = 20	1 2 3	PN = 4 atü; e min = 3.4 mm PN = 3.2 atü PN = 3.5 atü																																																								
	Diamètres	3	DE varie de 100 à 1000 mm																																																								
Date d'inspection Corrosion chimique ☐ Dilatation ☐ Mouvements de terrain ☐ Commentaires:		Traçé Date du relevé:																																																									
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; font-weight: bold;">No point 1</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="font-weight: bold;">No point 2</td> <td></td> </tr> </table>	No point 1		No point 2																																																						
No point 1																																																											
No point 2																																																											

Conduite

PVC

Enterrée ☐

Immergée ☐

Aérienne ☐

Description

No de conduite:

Longueur:

Type:

Fluide:

Diamètre:

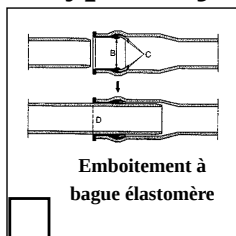
Epaisseur:

Dossier de plan

No:.....

PHOTO

Types de joints



Joint à emboitement collé

Joint à manchon collé

Joint à bout lisse

Type de tuyau

PVC Haute Densité ☐

PVC Basse Densité ☐

Autre

Protection externe

Sans ☐

Autre

Date d'inspection

Corrosion chimique ☐

Dilatation ☐

Mouvements de terrain ☐

Commentaires:

Caractéristiques

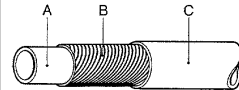
Coût	2	Plus cher que TBC sauf pour petits ø Economique selon profil d'enrobage
	1	Excellente: joint efficace
	1	Excellente: la meilleure
	1	Excellente: > TE et TBC
Pose	1	Excellent: gamma = 1400 kg/m3
	1	Excellente: 5 ou 6 m; peu de joint
	3	Utilisation profil 4 pour grand ø
	3	Utilisation profil 4 pour grand ø
Résistance	2	Moyenne
	3	Mauvaise; voile du tuyau
	3	Flexible, ovalisation, formation de bulles
	3	Flexible, ovalisation, formation de bulles
Conduite	2	8x10 ⁻⁵ , 8x > au béton
	2	Attention pressions extérieures (terre, eau)
	2	Attention pressions extérieures
	1	Bonne, attention dilatation
Série S = R/e = 16 e min = 3 mm S = 25 S = 63	1	extra lourde
	1	Lourde, utiliser standard
	3	Déconseillé; enrob. 4A, 4B
	2	DE varie de 110 à 1400 mm

Traçé

Date du relevé:

No point 1

No point 2

Conduite COMPOSITE (Stratifié-Résine) Enterrée ☐ Immergée ☐ Aérienne ☐	Description No de conduite: Longueur: Type: Fluide: Diamètre: Epaisseur:	Dossier de plan No:..... 																																																																																																
Types de joints <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐ Manchon de PVC</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐ Manchon à joint caoutchouc</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐ Manchon à joint élastomère</td> <td style="width: 20%; height: 100px; vertical-align: bottom;">☐</td> </tr> </table>			☐	☐ Manchon de PVC	☐ Manchon à joint caoutchouc	☐ Manchon à joint élastomère	☐																																																																																											
☐	☐ Manchon de PVC	☐ Manchon à joint caoutchouc	☐ Manchon à joint élastomère	☐																																																																																														
<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%; text-align: left; font-weight: bold;">Ame du tuyau</th> <th style="width: 50%; text-align: left; font-weight: bold;">Protection externe</th> </tr> <tr> <td>PVC ☐</td> <td>Résine polyester ☐</td> </tr> <tr> <td>Polyéthylène ☐</td> <td>Résine Epoxy ☐</td> </tr> <tr> <td>Autre </td> <td>Fibre de verre ☐</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Autre </td> </tr> </table>		Ame du tuyau	Protection externe	PVC ☐	Résine polyester ☐	Polyéthylène ☐	Résine Epoxy ☐	Autre	Fibre de verre ☐		Autre	Caractéristiques <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Coût</th> <th>3</th> <th>Cher à l'achat</th> </tr> <tr> <td rowspan="4"></td> <td><i>Etanchéité</i></td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente</td> </tr> <tr> <td><i>Rugosité</i></td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente</td> </tr> <tr> <td><i>Agressibilité</i></td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente</td> </tr> <tr> <td><i>Abrasibilité</i></td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Pose</td> <td>Poids</td> <td>1</td> <td colspan="2">Léger; gamma = 1600 kg/m3</td> </tr> <tr> <td>Longueur</td> <td>1</td> <td colspan="2">5 ou 10 m plusieurs possibilités de joints</td> </tr> <tr> <td>Enrobage</td> <td>2</td> <td colspan="2">Profil variable selon ø et série</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Résistance</td> <td>Press. interne</td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente; tuyau armé</td> </tr> <tr> <td>Press. externe</td> <td>2</td> <td colspan="2">Moyenne</td> </tr> <tr> <td>Déformation</td> <td>2</td> <td colspan="2">Flexible</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Dilatation</td> <td>2</td> <td colspan="2">3x10⁻⁵; 3x > au béton</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Conduite</td> <td>Enterrée</td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente; attention profil d'enrobage</td> </tr> <tr> <td>Immergée</td> <td>1</td> <td colspan="2">Exel. flexible, assemblage, immersion faciles</td> </tr> <tr> <td>Aérienne</td> <td>1</td> <td colspan="2">Excellente mais attention dilatation</td> </tr> <tr> <td>Série B</td> <td>3</td> <td colspan="2">Enrob.profil 4; 5<e>20 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Série U</td> <td>2</td> <td colspan="2">Enrob.profil 1; 7<e>22 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Série K</td> <td>1</td> <td colspan="2">Enrob.profil 1; 8<e>25.5 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diamètres</td> <td>2</td> <td colspan="2">DE varie de 400 à 2000 mm</td> </tr> </table>				Coût	3	Cher à l'achat		<i>Etanchéité</i>	1	Excellente		<i>Rugosité</i>	1	Excellente		<i>Agressibilité</i>	1	Excellente		<i>Abrasibilité</i>	1	Excellente		Pose	Poids	1	Léger; gamma = 1600 kg/m3		Longueur	1	5 ou 10 m plusieurs possibilités de joints		Enrobage	2	Profil variable selon ø et série		Résistance	Press. interne	1	Excellente; tuyau armé		Press. externe	2	Moyenne		Déformation	2	Flexible			Dilatation	2	3x10 ⁻⁵ ; 3x > au béton		Conduite	Enterrée	1	Excellente; attention profil d'enrobage		Immergée	1	Exel. flexible, assemblage, immersion faciles		Aérienne	1	Excellente mais attention dilatation		Série B	3	Enrob.profil 4; 5<e>20 mm			Série U	2	Enrob.profil 1; 7<e>22 mm			Série K	1	Enrob.profil 1; 8<e>25.5 mm			Diamètres	2	DE varie de 400 à 2000 mm	
Ame du tuyau	Protection externe																																																																																																	
PVC ☐	Résine polyester ☐																																																																																																	
Polyéthylène ☐	Résine Epoxy ☐																																																																																																	
Autre	Fibre de verre ☐																																																																																																	
	Autre																																																																																																	
		Coût	3	Cher à l'achat																																																																																														
	<i>Etanchéité</i>	1	Excellente																																																																																															
	<i>Rugosité</i>	1	Excellente																																																																																															
	<i>Agressibilité</i>	1	Excellente																																																																																															
	<i>Abrasibilité</i>	1	Excellente																																																																																															
Pose	Poids	1	Léger; gamma = 1600 kg/m3																																																																																															
	Longueur	1	5 ou 10 m plusieurs possibilités de joints																																																																																															
	Enrobage	2	Profil variable selon ø et série																																																																																															
Résistance	Press. interne	1	Excellente; tuyau armé																																																																																															
	Press. externe	2	Moyenne																																																																																															
	Déformation	2	Flexible																																																																																															
	Dilatation	2	3x10 ⁻⁵ ; 3x > au béton																																																																																															
Conduite	Enterrée	1	Excellente; attention profil d'enrobage																																																																																															
	Immergée	1	Exel. flexible, assemblage, immersion faciles																																																																																															
	Aérienne	1	Excellente mais attention dilatation																																																																																															
	Série B	3	Enrob.profil 4; 5<e>20 mm																																																																																															
	Série U	2	Enrob.profil 1; 7<e>22 mm																																																																																															
	Série K	1	Enrob.profil 1; 8<e>25.5 mm																																																																																															
	Diamètres	2	DE varie de 400 à 2000 mm																																																																																															
Date d'inpection Corrosion chimique ☐ Dilatation ☐ Mouvements de terrain ☐ Commentaires:		Traçé Date du relevé: <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; font-weight: bold;">No point 1</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="font-weight: bold;">No point 2</td> <td></td> </tr> </table>		No point 1		No point 2																																																																																												
No point 1																																																																																																		
No point 2																																																																																																		

Annexe 2

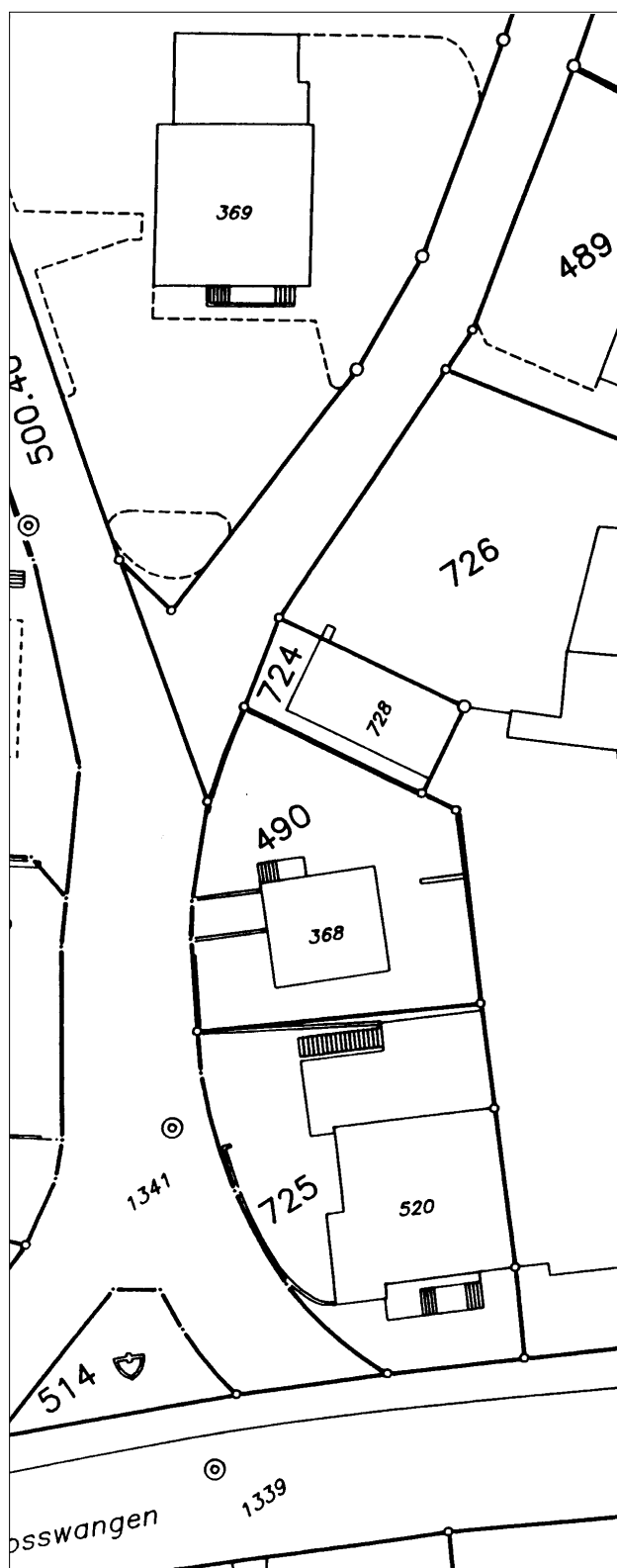
Exemples de quelques logiciels du marché (1992)

Cette annexe résultant d'une enquête auprès des fournisseurs suisses ainsi que d'une enquête menée en Europe auprès d'un large échantillon d'utilisateurs effectifs ou potentiels présente quelques-uns des logiciels les plus utilisés en Suisse en 1992.

Loin d'être exhaustive, cette liste présente quelques-uns des principaux logiciels disponibles pour entreprendre une informatisation des réseaux, et permet une approche concrète des problèmes de choix qui peuvent être rencontrés lors de l'élaboration d'un projet d'informatisation.

Elle peut servir de base à une recherche documentaire plus précise et plus actualisée, le domaine étant en effet sujet à une évolution rapide.

Les gammes de prix sont fournies à titre indicatif et sont susceptibles de varier. Les informations présentées le sont à titre indicatif; le lecteur consultera également avec profit le catalogue du logiciel (document SIA D 503) ainsi que le catalogue des systèmes CAO (document SIA D 504) édité par la SIA chaque année. D'autres sources sont disponibles, tels que le guide *Mercator 1992* et le *International GIS Source Book* (pour plus de précisions, voir en bibliographie).



ADALIN

Caractéristiques

ADALIN est un système de saisie, de traitement, de gestion et d'analyse d'informations géographiques.

Malgré sa puissance et ses performances, ADALIN est d'un abord aisé et son utilisation des plus simples. Ce système convivial pour l'utilisateur offre des avantages décisifs grâce à sa structure modulaire. Ce concept fait d'ADALIN un système d'informations géographiques performant, polyvalent et évolutif, destiné aux applications les plus diverses, comme par exemple :

Eaux usées, électricité, réseaux de communications, chauffage à distance, transport, gaz, téléseaux, adduction d'eau, cadastre de l'environnement, cadastre pour l'entretien des routes, protection civile, protection de l'air, etc.

Le logiciel repose sur des principes d'avant-garde, car une attention particulière a été accordée à sa souplesse d'adaptation à de nouveaux environnements, tant en ce qui concerne les équipements périphériques que les bases de données. Ce concept d'adaptabilité se révèle précieux lors de la réalisation d'applications destinées à de nouveaux secteurs. Grâce à la combinaison de mécanismes de base simples et paramétrables (au lieu d'une prolifération «sauvage» de processus applicatifs), les utilisateurs issus des branches professionnelles les plus diverses retrouvent leurs méthodes habituelles de travail, quelles que soient les applications.

ADALIN est donc un développement véritablement d'avant-garde dans le domaine des systèmes d'informations du territoire !

Coût

Non communiqué.

Actuellement, ADALIN est disponible sur les ordinateurs et systèmes d'exploitation suivants :

Stations RISC	HP-Apollo Série Risc-Workstation sous HP-UX DECstation sous ULTRIX IBM Risc-System 6000 sous AIX
HP 9000	HP 9000, Série 300 sous HP-UX HP 9000, Série 400 sous HP-UX
Stations VAX	Vaxstation sous VMS de DEC

Distributeur

ADASYG AG, Kronenstrasse 38, 8006 Zurich
Tél. : 01/363 19 39

APIC

Caractéristiques

APIC est un système graphique de gestion de base de données orientée objet.

Ces objets sont constitués d'attributs et de processus associés qui peuvent, par exemple, être déclenchés automatiquement lors de la saisie, la mise à jour ou la manipulation d'objets.

Toutes les informations, qu'elles soient alphanumériques ou graphiques (rasters ou vecteurs), sont stockées dans une même base de données, ce qui en assure une plus grande intégrité.

APIC dispose de quatre niveaux de génération d'application :

- 1) outils de modélisation de données fondés sur le concept objet,
- 2) outils de construction du dialogue homme-machine,
- 3) langage de requête (L4G) permettant la manipulation interactive de la banque de données et la construction de nouvelles fonctions,
- 4) interface de développement.

APIC existe en mode mono- et multi-utilisateurs et fonctionne sous les systèmes UNIX et VMS.

Coût

10 000 à 25 000 SFR / station de travail,
 50 000 à 100 000 SFR / gros système,
 pour une première licence.

Distributeur

EURECART
 Avenue Paul Doumer 9/15
 92508 Rueil Malmaison



ARC/INFO

Caractéristiques

ARC/INFO est un Système d'Information Géographique (GIS) complet destiné à l'acquisition, l'analyse, la gestion et la restitution de l'information géographique numérique, gérée selon un modèle topologique et relationnel. Il dispose d'un langage macro-procédural de 4^e génération et s'interface avec des Systèmes de Gestion de base de données relationnelles (ORACLE, INGRES, DB2, DBASE III et IV, INFO et prochainement SYBASE), des systèmes de traitement d'images, de photogrammétrie et d'impression haute résolution.

ARC/INFO est disponible sur les plates-formes matérielles suivantes: IBM PC et compatibles; stations de travail sous UNIX et sous VMS; minis et mainframes.

Le Système d'Information Géographique ARC/INFO s'adresse à l'ensemble des services du secteur privé ou public ayant en charge la gestion de données localisées.

Coût

40 000 à 100 000 SFR / station de travail, pour une première licence.

Distributeur

ESRI-FRANCE
Rue des Capucins 21
92190 Meudon

ARGIS 4GE

Caractéristiques

ARGIS 4GE – Advanced Relational Geographic Information System – est un outil de gestion des informations, intégrant dans un même système des bases de données et un système de références spatiales; il permet à l'utilisateur de stocker, de référencer, de mettre à jour et d'analyser les informations dont il a besoin dans ses activités quotidiennes.

Fonctionnant sous un environnement de quatrième génération, ARGIS utilise le système d'exploitation standard UNIX.

Là où il existe une relation géométrique entre les objets d'une base de données ARGIS, les objets sont organisés en une structure topologique appelée réseau. Les réseaux peuvent être de deux types, soit linéaires, soit polygonaux. La topologie est générée par une structure de lignes/nœuds dans les deux types de réseaux, linéaires et polygonaux. Les nœuds peuvent être formés à l'intersection des lignes. Ils définissent donc la connectivité entre des segments de lignes adjacentes. Les nœuds peuvent être associés à des attributs définis par l'utilisateur. Dans les réseaux linéaires, les lignes sont utilisées pour représenter des objets tels que des conduites, des routes ou des câbles. Les nœuds représentent les points où ces motifs se rejoignent, par exemple, une vanne ou une intersection de rues. Dans les réseaux polygonaux, les lignes définissent les limites de surfaces et les nœuds représentent les points de rencontre des lignes de limite. De plus, un identificateur de la surface fermée est utilisé pour définir des relations topologiques. La topologie des réseaux est entièrement gérée avec ORACLE.

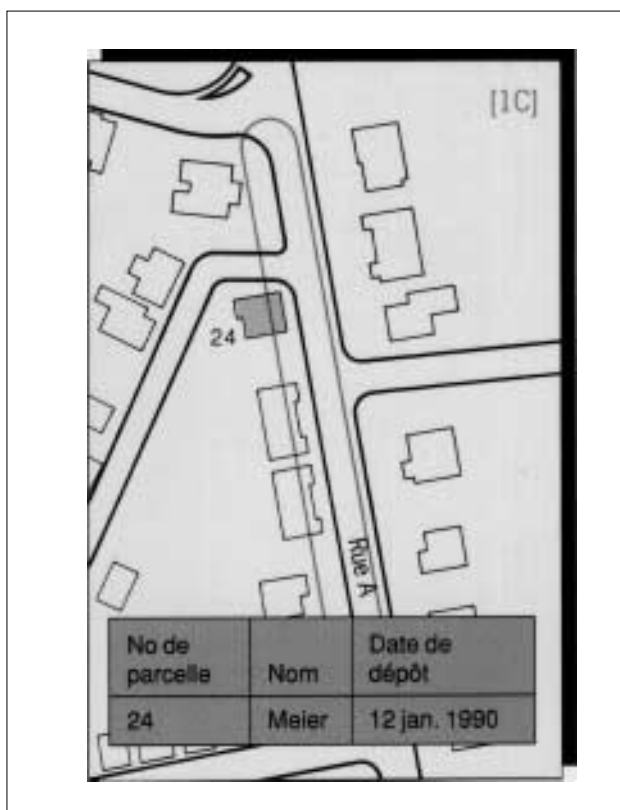
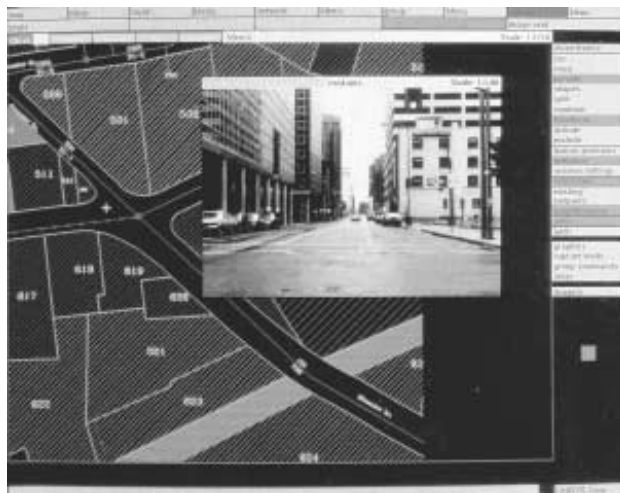
Argis dispose d'un module de modélisation de réseaux (NMP) offrant un système unique et cohérent de modélisation de réseaux linéaires pouvant convenir à de nombreuses organisations exploitant des réseaux de structure et typologie différentes.

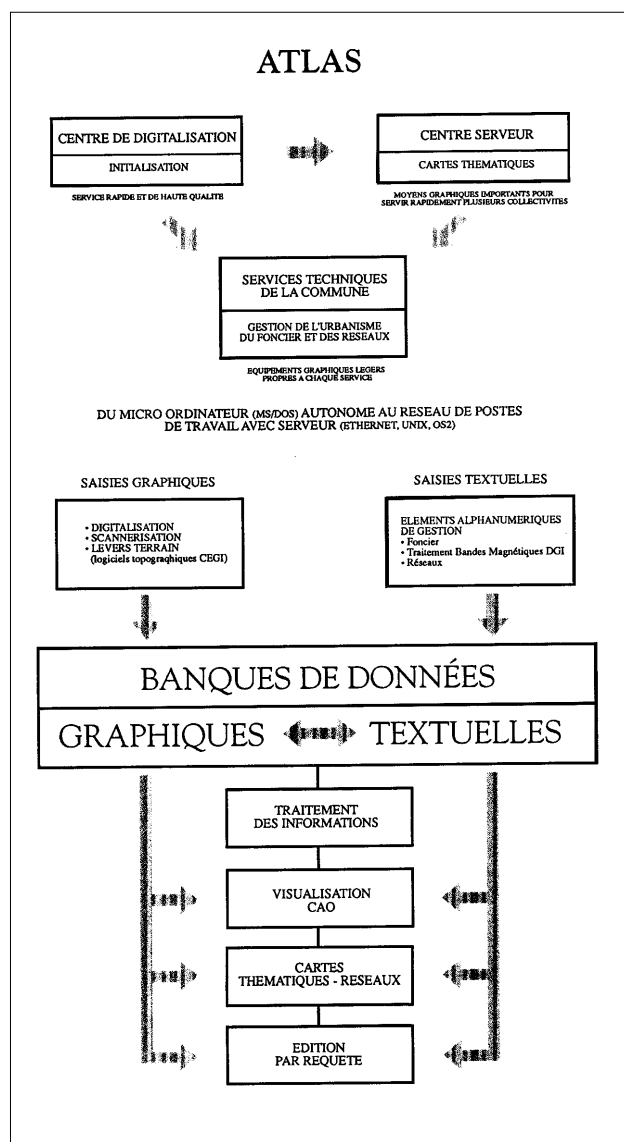
Coût

Non communiqué.

Distributeur

UNISYS (SUISSE) SA
 Universal Business Park Lausanne
 Avenue de Gratta-Paille 2
 1018 Lausanne-Blécherette





ATLAS

Caractéristiques

L'ensemble des logiciels ATLAS gère et utilise des banques de données graphiques et textuelles.

Après saisie initiale avec des mises à jour périodiques ou immédiates, l'utilisateur aura une visualisation exacte et instantanée de l'inventaire des données foncières et des réseaux de la commune avec toutes les servitudes grevant le territoire.

Le progiciel, composé d'éléments modulaires, est adapté à chacune des 3 activités de base :

- Centre de digitalisation : nécessaire à la saisie initiale et à la mise à jour graphique. Il équipe normalement un bureau d'étude extérieur à la commune ou le service technique de la commune.
- Centre serveur : équipé de traceur grand format, il permet l'édition de cartes thématiques.
- Exploitation en mairie : mise à jour textuelle (foncier, réseaux) et gestion des événements d'urbanisme, avec visualisation graphique et dessin sur traceur.

ATLAS est disponible en version MS-DOS et UNIX.

Coût

10 000 à 50 000 SFR / station de travail, pour une première licence.

Distributeur

CEGI

(Centre d'Etude de Graphisme et d'Informatique)

Quai Eustache-Chappuis 8

F – 74000 Annecy

ou chez

Newis SA

Quai Champ-Bougin

2000 Neuchâtel

AUTOCAD

Caractéristiques

Fonctions géométriques: lignes, arcs, cercles, traces, surfaces, ellipses, points et polygones en 2D ou 3D.

Insertion de textes: possibilités de choisir le style, la hauteur, la largeur, l'angle d'écriture. Le texte peut être justifié à droite, à gauche ou au centre.

Possibilités d'édition: copier, déplacer, multi-positionnement, effacer, changer, couper, prolonger, décaler.

Auxiliaires de présentation: nombre illimité de plans superposables, zoom jusqu'à 10E16, définition de fenêtres, définition de la taille du plan, trame, grille, points d'interception.

Calculs: distance, surface, circonférence.

Cotation automatique X, Y, angle, diamètre, rayon, ligne de rappel.

Dessin à main levée. Projection de figures géométriques, par rapport à un plan. Présentation isométrique ou en perspective et possibilité de choisir librement le système de coordonnées.

Edition globale ou individuelle d'attributs, que l'on affecte à des plans et à des blocs. Les attributs peuvent être extraits du plan et consignés dans la banque de données. Des références sont affectées aux composants de chaque plan individuel. Ceci permet la saisie de programmes externes.

AUTOCAD est disponible en version MS-DOS / SUN 3 / SUN 4 Openlook et Sunview / Ultrix Decstation.

Coût

Premier poste de travail (log./mat./traceur):

20 000 à 60 000 SFR

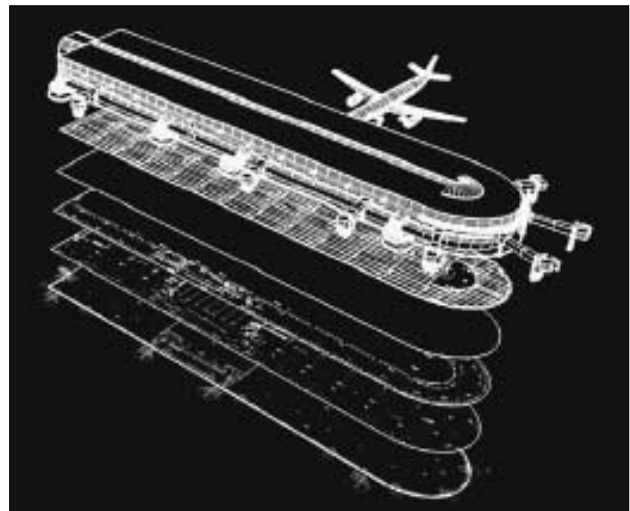
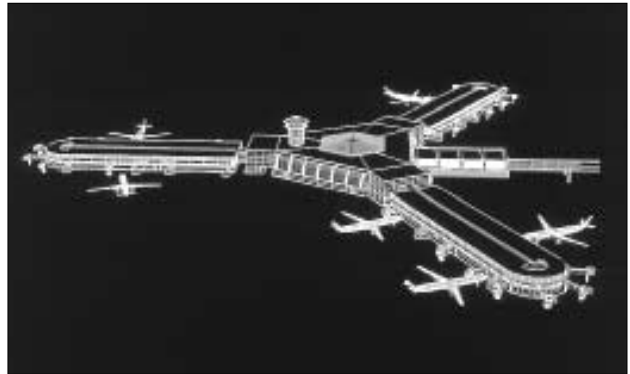
Logiciel (y compris logiciel de base):

9000 à 10 000 SFR

Support du logiciel: 5%

Distributeur

Autodesk AG
 Zurlindenstrasse 29
 4133 Pratteln



CLARIS CAD

Caractéristiques

ClariscAD est un programme de dessin bidimensionnel, disponible sur MAC.

Il dispose de fonctions de cotation automatique et de légendage manuel évolué (attributs de dessin). Les plans peuvent être interchangés par les formats PICT, DXF et IGES.

Les données CAO ne sont pas susceptibles d'être combinées avec une banque de données (pas d'interface de banque de données).

Coût

Premier poste de travail (log./mat./traceur):

25 000 à 70 000 SFR

Logiciel (y compris logiciel de base):

2150 SFR

Maintenance du matériel: –

Support du logiciel: 10%

Formation: formation de base: 1200 SFR/jour compris; cours complémentaires: 1200 SFR/jour; cours pour écoles professionnelles: 200 à 600 SFR/semestre.

Distributeur

IDC Instantik Data-Center AG

Langensandstrasse 74

6005 Lucerne

GEOCAD

Caractéristiques

GEOCAD est un système de gestion et de dessin des plans cadastraux et des installations souterraines.

Il a été spécialement conçu pour les services techniques des communes, les sociétés d'électricité, de gaz, etc.

Il est destiné à la conception et à la gestion :

- des plans cadastraux de surface;
- des plans cadastraux du souterrain général;
- des plans des installations souterraines: eaux, électricité, etc.

GEOCAD est conforme à la REMO et peut recevoir des données en provenance du cadastre officiel.

GEOCAD est simple à utiliser et peut être mis entre les mains d'un technicien sans formation informatique.

GEOCAD peut être lié à des bases de données et des logiciels extérieurs tels que contrôle des habitants, gestion des réseaux, etc.

Performances

- Fonctionne en réseau LAN.
- Base de donnée cadastrale illimitée.
- Jusqu'à 300 km² de plans dans une région fortement urbanisée sur un seul serveur de données.

Coût

Poste de travail, tablette graphique, traceur A0 dès: 25 000 SFR

Logiciel (suivant options):

25 000 à 40 000 SFR.

Maintenance du matériel:

garantie 6 mois puis 2,5 à 7,5% / an.

Support logiciel: 6 mois gratuits puis en régie.

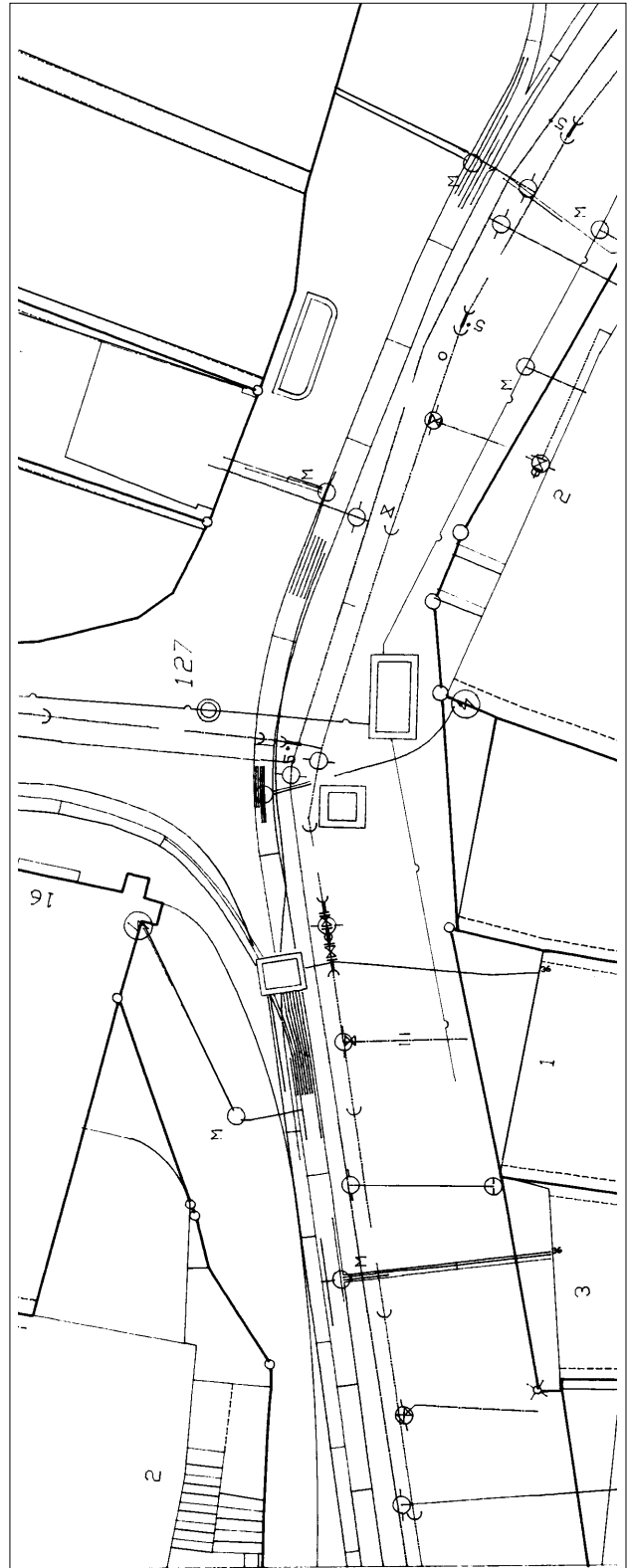
Formation et assistance: 3 à 5 jours.

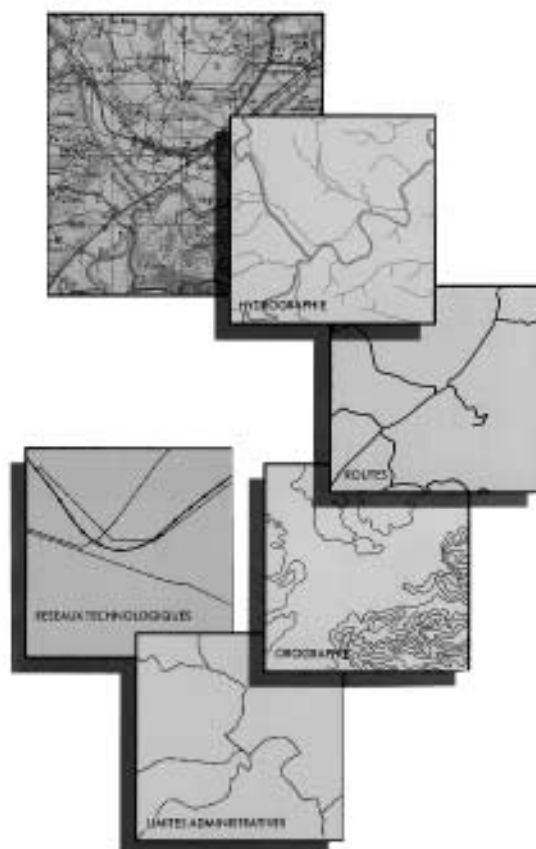
Distributeur

P. Ravussin GOS (General Office Service)

Avenue de Lavaux 63

1009 Pully





GIMS

Caractéristiques

GIMS (Geographical Information Management System) est avant tout un environnement de développement qui permet de mettre au point des applications infographiques particulières destinées à des marchés spécifiques.

GIMS est basé sur un environnement AIX et sur les standards industriels informatiques les plus fréquents.

Au cœur de GIMS se trouvent :

- un gestionnaire d'objets,
- une base de données infographiques, qui gère l'espace de travail propre à l'utilisateur durant sa session,
- une interface pour les serveurs SQL,
- un gestionnaire alphanumérique.

GIMS utilise les formats d'échange suivants: IFD, DXF, Geomap, NTF ainsi que GRADIS 200 et SICAD. GIMS est disponible sur le système IBM RS/6000 avec des stations de travail allant du RS320 au RS950 et une ouverture sur les standards UNIX .

Coût

Non communiqué.

Distributeur

Digigroup SA dont la maison-mère est basée à Collegno, Turin.

GIRES

Caractéristiques

GIRES (Gestion Informatisée des Réseaux Electriques Schématisés) est un logiciel qui permet de gérer les liaisons principales d'un réseau basse tension; les liaisons secondaires (mini-réseaux locaux et introductions) servant à définir les liens avec les immeubles pour créer l'arborescence des réseaux jusqu'aux abonnés. Il est alors possible de calculer la répartition de charges dans les différents tronçons des liaisons principales. La gestion des données est un module qui permet de saisir et de tenir à jour les données et les liaisons entre composants. Pour éviter des erreurs de saisie, les données sont comparées à des catalogues créés par l'entreprise (types d'armoires, noms de stations, noms de rues, types de câbles et de transfos, etc.). D'autres procédures vérifient la cohérence des données; un générateur automatique des schémas des liaisons principales permet de les visualiser sur papier ou à l'écran, servant aussi pour la consultation. A chaque modification un nouveau schéma est généré. Il est aussi possible de saisir des mesures faites sur le réseau qui peuvent servir pour certains calculs. Des fiches descriptives et des états peuvent être établis. GIRES sera complété par un module de gestion de la moyenne tension.

GIRES est disponible en version MS-DOS.

Coût

Premier poste de travail (log./mat./traceur):

90 000 à 110 000 SFR

Logiciel (y compris logiciel de base):

38 000 SFR

Maintenance du matériel: -

Support du logiciel: 3800 SFR / an

Formation: à la demande.

Distributeur

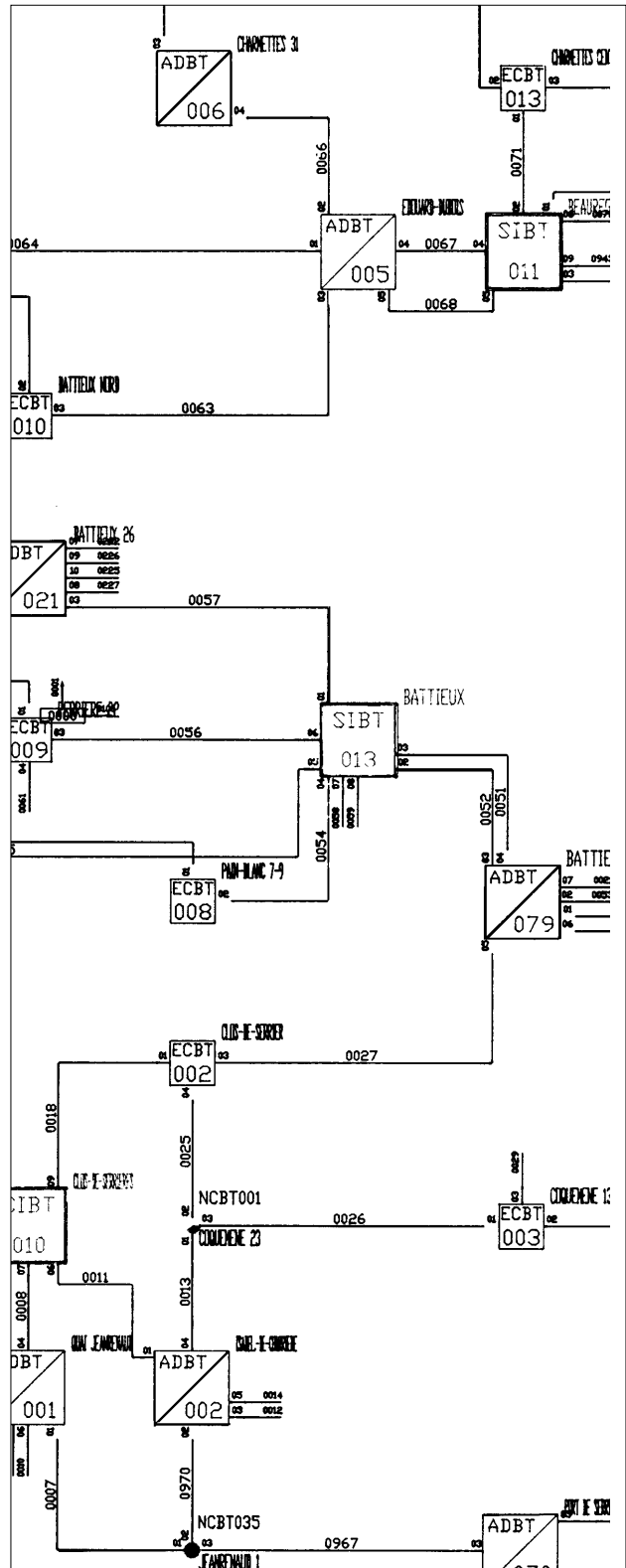
GIRES est disponible en français.

Pour plus d'informations, s'adresser à:

Newis SA

Quai Champ-Bougin

2000 Neuchâtel



GITEL

Caractéristiques

GITEL (Gestion Informatisée des TELéréseaux) est un logiciel pour PC servant à gérer les fonctionnalités d'un réseau câblé de distribution de signaux de télévision (CATV), à le calculer et dessiner automatiquement les schémas. Il utilise des outils informatiques du marché, en particulier le logiciel AutoCad.

GITEL permet de : Traiter des projets d'extension de réseaux – Augmenter la fréquence des réseaux – Générer automatiquement des schémas de fonctionnement – Se doter de moyens de calculs et d'analyse – Vérifier l'exécution en comparant les mesures aux valeurs calculées – Faciliter la recherche de pannes, la mise à jour, et contrôler la cohérence des données.

Les catalogues des caractéristiques techniques des composants sont mis à jour individuellement, avec de nombreuses possibilités de modification. La saisie des réseaux et sa gestion sont facilitées par plusieurs modes d'édition et d'affichage, des possibilités de navigation entre les schémas et l'utilisation de la souris. La génération automatique des schémas constitue la documentation de base du réseau. Ils peuvent être utilisés pour la planification, la réalisation et la maintenance du réseau.

Mémoire

– AutoCad 10.0	:	5 Mb
– GITEL	:	2 Mb
– Divers	:	2 Mb
– Pour les données	:	60 à 80 Mb

Coût

Poste de travail de base :

1 micro-ordinateur compatible PC MS-DOS 80386,	
4 Mb RAM, disque dur 80 à 100 Mb, écran graphique	
couleur VGA, 1 streamer adapté à la taille de la	
mémoire	: 25000 SFR
1 écran haute résolution	: 13000 SFR
1 tablette de digitalisation	: 3000 SFR
1 souris	: 300 SFR
1 imprimante-plotter A3	: 8500 SFR
licence pour AutoCad	: 9600 SFR
licence pour GITEL	: 35000 SFR
TOTAL	: 95400 SFR
Poste complémentaire	: 45800 SFR
Maintenance	: 3000 SFR/an
Formation de base comprise.	

Distributeur

Newis SA, Quai Champ-Bougin, 2000 Neuchâtel.

GRADIS-GIS

Caractéristiques

GRADIS-GIS est un système d'information géographique avec base de données relationnelle intégrée pour:

- l'acquisition,
- la gestion,
- l'analyse,
- la présentation de données à référence spatiale.

GRADIS-GIS est un SIG moderne, basé sur des stations de travail, en utilisant la base de données relationnelle Oracle, intégrant les données géométriques et administratives. Le système offre un modèle de données structuré et orienté objet. L'architecture du système est basée sur des logiciels standard internationaux suivants:

- UNIX système d'exploitation.
- X11 graphisme.
- OSF Motif interface d'utilisateur graphique.
- CGM Computer Graphics Metafile
- SQL langage relationnel de requête avec base de données Oracle.
- Ethernet, TCP/IP réseau.

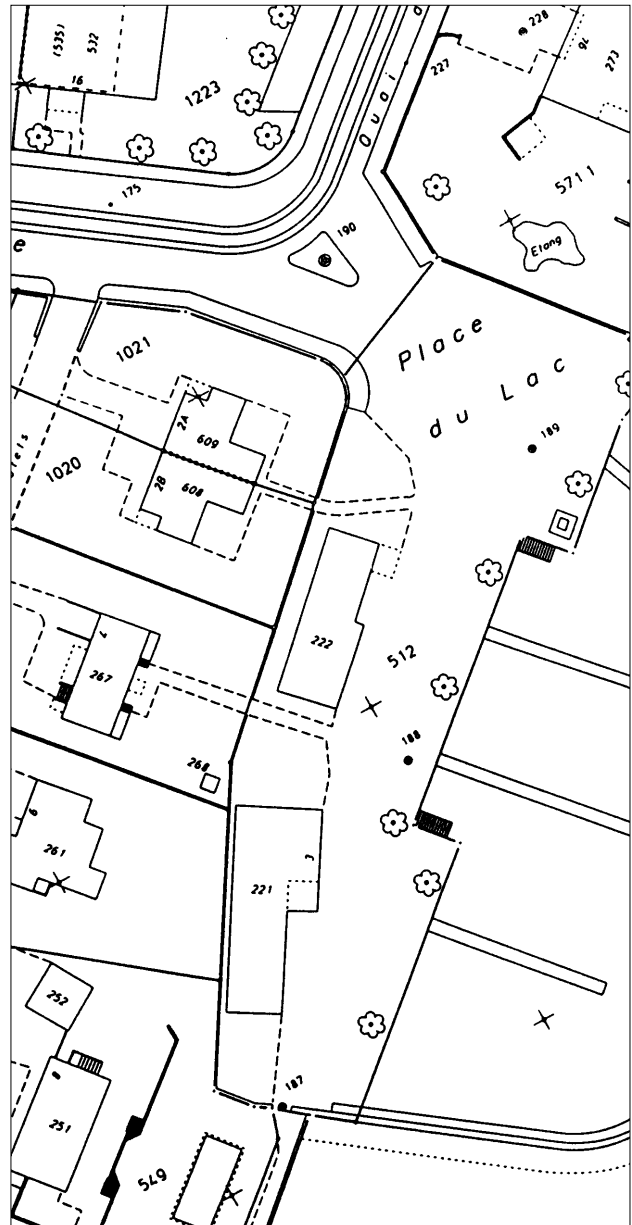
GRADIS-GIS consiste en un module de base qui réunit toutes les fonctions d'analyse nécessaires pour un SIG, et de modules optionnels développés spécialement pour différentes applications.

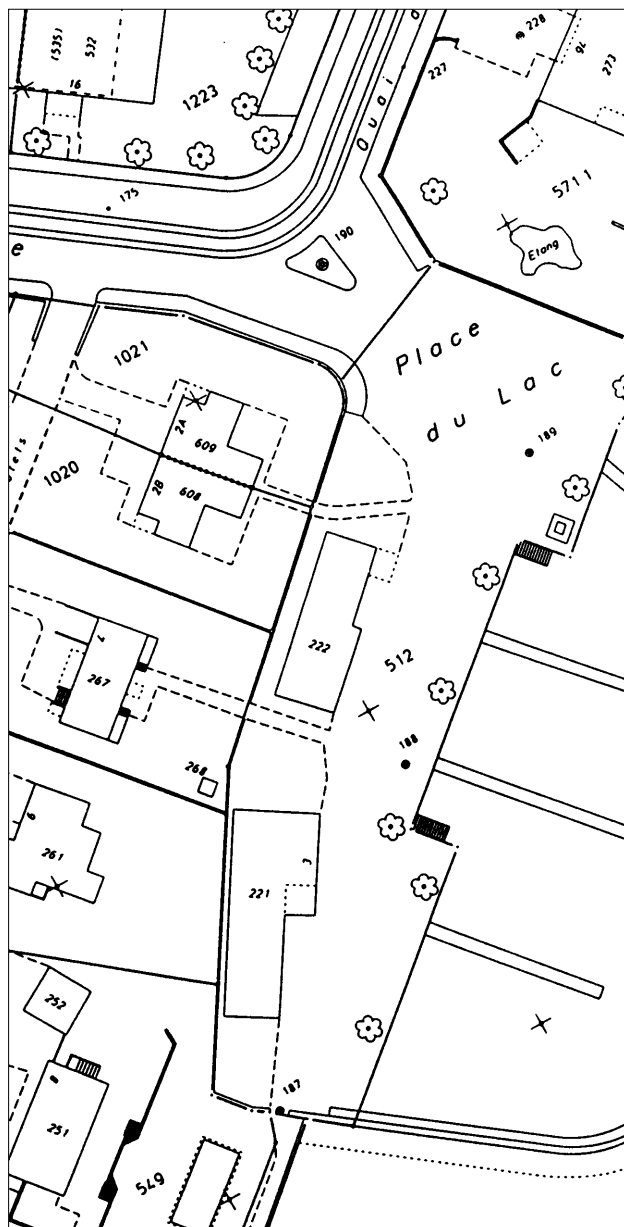
Coût

Non communiqué.

Distributeur

STI Strässle, Technische Informationssysteme AG
Kanalstrasse 33
CH - 8152 Glattbrugg
Tél.: 01/828 81 11





GRADIS 2000

Caractéristiques

Gradis 2000 est un système interactif graphique pour l'acquisition et le traitement de données à référence spatiale.

Le système GRADIS 2000 est constitué:

- d'une station de travail ergonomique, utilisant une table de digitalisation de haute précision;
- des unités centrales performantes VAXstation avec écran couleur, sous système d'exploitation VMS;
- d'un logiciel étendu et éprouvé pour toute application cartographique dans l'informatique graphique.

Des options spéciales permettent à l'utilisateur d'adapter et de configurer GRADIS 2000 selon la spécificité de différentes tâches à traiter.

Coût

Non communiqué.

Distributeur

STI Strässle, Technische Informationssysteme AG
Kanalstrasse 33
CH - 8152 Glattbrugg
Tél.: 01/828 81 11

GRIPS

Caractéristiques

GRIPS est un système infographique interactif doté d'une interface avec une base de données relationnelle.

GRIPS n'est pas une solution micro-informatique, mais nécessite au moins une station de travail Unix ou DEC raccordée à un ou plusieurs des éléments périphériques suivants: digitizer, imprimante et/ou plotter selon les besoins.

GRIPS-SI est spécialement développé pour les besoins des services industriels et services techniques des communes (application pour la saisie, la gestion et la mise à jour des données, l'information et restitution de données graphiques et non-graphiques relatives aux cadastres de réseaux divers, à l'aide de menus et de masques).

GRIPS est disponible dans l'environnement UNIX ou VMS.

Coût

Le prix est fixé sur demande, en fonction de la configuration désirée.

Logiciel; licence pour 1 station de travail:

minimum 85 000 SFR

comprenant GRIPS + Oracle + interface + GRIPS-SI.
Formation et support initial: taux en vigueur dans la branche.

Maintenance logiciel (nouvelles versions et corrections d'éventuelles erreurs): après garantie d'une année, 10 à 15% du prix d'achat.

Distributeur

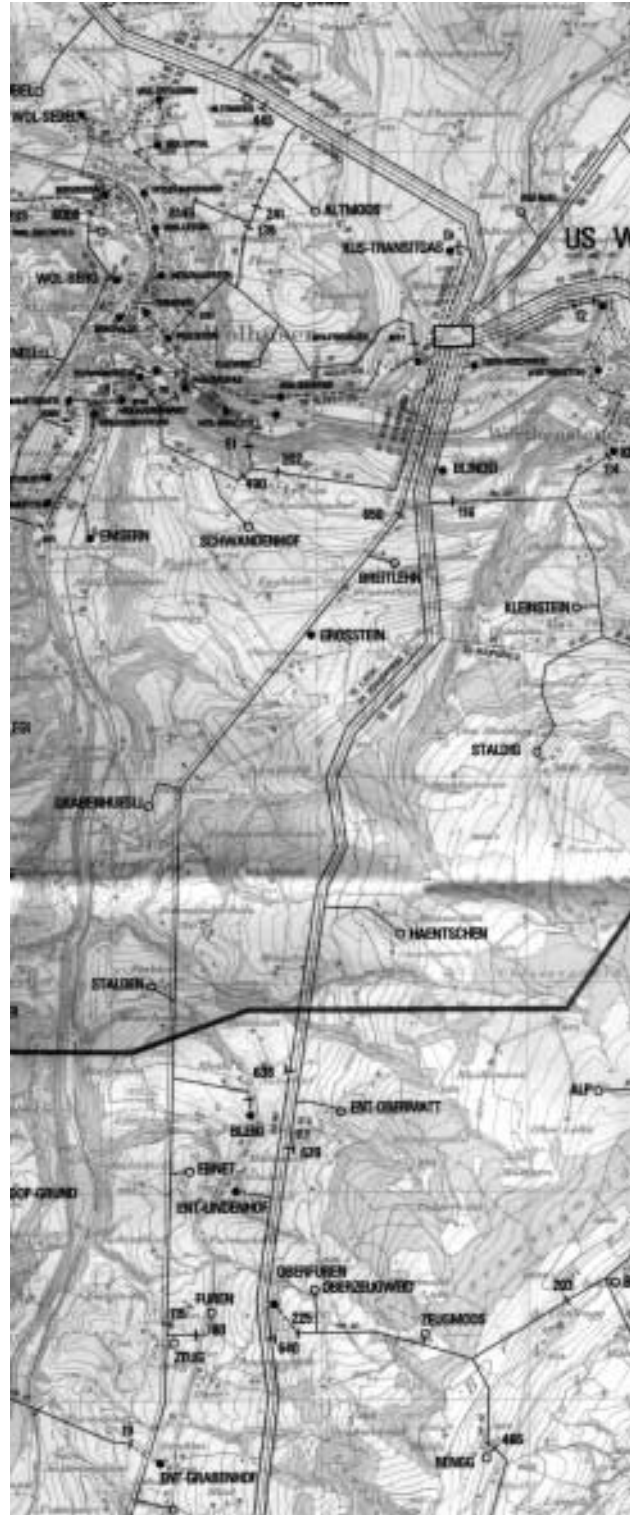
GRIPS est disponible en français, allemand et italien.

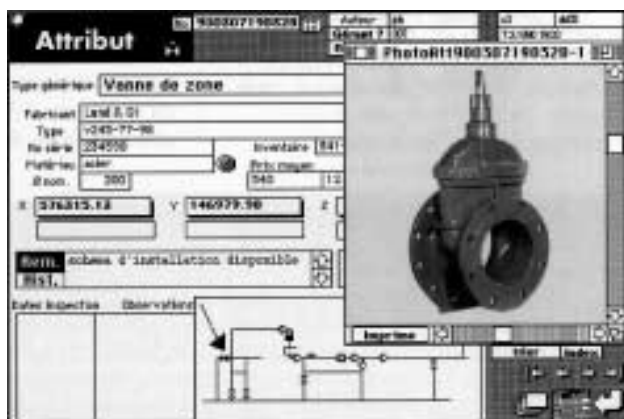
Pour plus d'informations, s'adresser à:

EIC Etudes d'Ingénieurs Civils SA

Feilengasse 5

8008 Zurich





HYPERBIRD

Caractéristiques

HyperBird® permet de représenter, sur n'importe quel fond de plan raster ou vecteur (carte, photo, plan, croquis, etc.) des objets de 4 types fondamentaux: objets ponctuels ou symboles (bâtiments, mobilier urbain, panneau de signalisation, etc.), points (au sens du cadastre, repérés en X, Y et Z), lignes (au sens de tronçons définis par une suite de points cadastraux) et zones (définies soit par coordonnées libres X et Y, soit par numéro de points référencés dans la base des points, soit par des numéros de tronçons formant les frontières).

Il travaille dans l'environnement Macintosh, ce qui lui confère un très haut degré de convivialité et de simplicité d'utilisation.

Le menu principal d'HyperBird est disponible sous forme d'un tableau de bord regroupant essentiellement 4 groupes de fonctions:

- navigation dans le fond de plan avec effet de zoom, calcul de distances, de surfaces, etc.;
- accès aux différents fichiers alphanumériques et graphiques de données: points, tronçons, zones, attributs, hydrants, bâtiments, parcelles, abri PC, etc.;
- fonctions de commande d'affichage des données (globales ou sous-critères) et de paramétrisation des options d'affichage;
- fonctions de calcul des réseaux à partir des bâtiments raccordés et fonction export-import vers des modèles préexistants ou des tableurs.

Les plans produits sont au format PICT. Des convertisseurs du marché au format DXF et IGES sont disponibles. Les sorties peuvent être faites sur imprimante couleur A3, plotter ou copieur numérique.

HyperBird est actuellement un des seuls logiciels du marché doté d'un *module de calcul des réseaux*, complètement intégré à la gestion géographique et cadastrale.

HyperBird est disponible en version MAC avec liaison possible vers ORACLE.

Coût

Premier poste de travail (log./mat./traceur):

40 000 à 90 000 SFR

Logiciel (y compris logiciel de base):

10 000 à 40 000 SFR

Support du logiciel: 7500 SFR/an

Formation: cours de base 5 jours: 7000 SFR

Distributeur

BSI (Bureau de Service et d'Ingénierie),
Chemin de Primerose 27, 1007 Lausanne.

INFOCAD

Caractéristiques

INFOCAD a été conçu dès le départ en tant que SIG (Système d'Information Géographique) regroupant en une seule structure les images, le graphique, et le système de gestion de base de données relationnelles (SGBDR).

INFOCAD offre toutes les fonctions de dessin et de gestion de base de données :

- nombreux outils graphiques;
- manipulation d'images RASTER (calage, rotation, ...) et de VECTEURS;
- fonctions networking et tracking;
- générateur de requêtes SQL;
- nombreuses possibilités de calculs graphiques ou sur la base de données alpha-numériques;
- impressions d'écran et/ou sorties traceur.

INFOCAD fonctionne sur les principales plateformes UNIX du marché. Liaisons possibles avec des SGBDR extérieurs tels qu'ORACLE par exemple.

Coût

25 000 à 100 000 SFR / station de travail
pour une première licence

Distributeur

INFOCAD est disponible en français et anglais.
Pour plus d'informations, s'adresser à:
GEOMATIQUE SA
Rue de Fontenay 11
92340 Bourg-la-Reine



INTERGRAPH AEC

Caractéristiques

INTERGRAPH AEC est un système universel avec des programmes d'application pour le domaine bâtiment (architecture, génie civil, technique du bâtiment et gestion de bâtiment) ainsi que pour les branches étrangères au bâtiment.

Le travail sur plan peut s'effectuer sur un modèle bidimensionnel. Des modèles tridimensionnels comportant la projection en plan ainsi qu'en axonométrie et perspective peuvent être modifiés en animation continue.

INTERGRAPH AEC est disponible en version UNIX.

Les plans peuvent être interchangeables par le format DXF, mais pas par le format IGES. Les données CAO sont susceptibles d'être combinées avec une banque de données (interface de banque de données).

Coût

Premier poste de travail (log./mat./traceur):

90 000 à 120 000 SFR

Logiciel (y compris logiciel de base):

20 000 à 30 000 SFR

Maintenance du matériel: 8%

Support du logiciel: 11%

Formation: cours de base 5 jours: 2500 SFR; cours de perfectionnement 5 jours: 3250 SFR.

Distributeur

INTERGRAPH AEC est disponible en français, allemand et anglais.

Pour plus d'informations, se référer à la norme D 504 de la SIA (pages 96 à 98) ou alors s'adresser à:

Intergraph (Schweiz) AG

Thurgauerstrasse 40

8050 Zurich.

MINICAD+

Caractéristiques

MiniCAD+ est un logiciel de dessin et de modelage applicable en général.

Le travail sur plans peut s'effectuer sur un modèle bidimensionnel. Des modèles tridimensionnels comportant la projection en plan peuvent être modifiés.

MiniCAD+ est disponible en version MAC.

Des fonctions de programmation propres peuvent être enregistrées de façon graphique interactive (interface de programmation graphique). Les plans ne peuvent ni être interchangés par le format DXF, ni par IGES. Les données CAO ne sont pas susceptibles d'être combinées avec une banque de données (pas d'interface de banque de données).

Coût

Premier poste de travail (log./mat./traceur):

25 000 à 40 000 SFR

Logiciel (y compris logiciel de base): 2000 SFR

Maintenance du matériel: –

Support du logiciel: 10%

Formation: formation de base de 2 jours comprise;
cours complémentaires: 1000 à 1200 SFR/jour;
cours professionnels: 200 à 400 SFR/semestre.

Distributeur

MiniCAD+ est disponible en allemand et anglais.

Pour plus d'informations, se référer au document D 504 de la SIA (pages 111 à 113) ou alors s'adresser à:

IDC Instantik Data-Center AG
Langensandstrasse 74
6005 Lucerne



SICAD

Caractéristiques

SICAD est une base informatique permettant de résoudre les problèmes cartographiques multiples posés dans les domaines techniques, économiques ou politiques. SICAD fournit toutes les composantes d'un système d'information géographique apte à traiter un large éventail de problèmes spécifiques posés aux utilisateurs les plus divers.

Avec SICAD, les situations géographiques les plus complexes peuvent être relevées, mises en liaison logique, gérées rationnellement et visualisées.

Pour la constitution de son système d'informations géocodées, l'utilisateur peut opter pour un système de modélisation reposant tant sur les données vectorielles que sur des données maillées ou encore profiter des avantages des deux techniques. SICAD propose trois options, chacune d'elles formant une unité logique performante; SICAD-Cartographie, SICAD-Système de numérisation et SICAD-Traitement d'image et de cartographie.

Conçu pour la Suisse par Siemens-Albis, ce logiciel respecte la norme SIA 405 relative aux aspects techniques et juridiques de la mensuration des conduites souterraines par rapport à l'ensemble des plans. Il intègre une base de données de type relationnel, conçue pour gérer de gros volumes de données, une protection d'accès pour les objets et les attributs, une communication avec d'autres systèmes, la reprise des données, la connexion à d'autres bases telles qu'ORACLE ou DB2, et la sortie sur table traçante, films, etc. SICAD existe en version SINIX (UNIX).

Coût

50 000 à 100 000 SFR / station de travail pour une première licence.

Distributeur

SICAD est disponible en français, allemand et anglais.

Pour plus d'informations, s'adresser directement à: SIEMENS SA.

STAR-CARTO

Caractéristiques

STAR-CARTO introduit de nouvelles méthodes qui permettent de rassembler plus rapidement des bases de données documentaires et techniques pour faciliter les études et la gestion de l'environnement, des équipements et du patrimoine.

Il fonctionne sous système d'exploitation UNIX et utilise l'interface utilisateur offert par le gestionnaire de fenêtres X-WINDOW.

STAR-CARTO gère principalement les bases de données vectorielles et matricielles:

- Bases de données cartographiques uniques géo-continues.
- Utilisation simultanée par plusieurs utilisateurs de la même banque de données grâce au réseau ETHERNET et à un système de priorité et d'autorisation d'accès.
- Utilisation d'un serveur de données original qui permet notamment de conserver l'historique des modifications mais surtout d'assurer la cohérence des données malgré l'accès simultané de plusieurs utilisateurs.
- Structure intelligente de l'information (structuration, topologie).

Ce logiciel permet l'utilisation d'un fond de plan constitué d'orthophotoplans digitaux ou de cartes traditionnelles scannérisées. Dans la même banque de données et avec les mêmes applications, l'utilisateur peut intégrer des informations vectorielles, matricielles, documentaires et alphanumériques.

Il comporte de nombreuses applications à caractère technique qui intègrent autour d'un même fond de plan cartographique des informations volumiques, des études de voie de communication, de bâtiments, de réseaux de transport de fluides, etc.

Coût

30 000 à 50 000 SFR / station de travail
pour une première licence.

Distributeur

A.E.C. Graphics solutions SA
9, chemin des Anémones
1219 Châtelaine



Bibliographie

Bibliographie	249
Adresses des associations et organisations de soutien	251
Publications du programme d'impulsion PI-BAT	252

Bibliographie

Chapitre 2

1. Dr J.-J. Chevallier, «Mensuration cadastrale 1 et 2», EPFL septembre 1987.
2. REMO, «L'avenir de notre sol. Une contribution à l'amélioration de l'information sur le sol et de l'utilisation du sol», 1987.
3. REMO, «Concept détaillé. Mesures organisationnelles et techniques pour l'amélioration de l'information sur le sol», 1987.
4. C. Wasserfallen, A. Garnier, «Aménagement du territoire», EPFL 1990.
5. Dr O. Kölbl, R. Schneider, «La photogrammétrie et le relevé des conduites souterraines: Onzième séminaire international sur la modélisation des systèmes énergétiques», EPFL 1988.
6. Dr B. Saugy, «L'orthophoto dans la planification énergétique», 102.005 CREM 1987.
7. Dr O. Kölbl, «Cours de photogrammétrie I et II», EPFL 1988.
8. SIA, Norme 405, édition de 1985.
9. REMO, «Ordonnance sur la mensuration officielle» (Projet de consultation dès mars 1991).
10. REMO, «Réforme de la mensuration officielle: Catalogue des données et exigences», janvier 1991.
11. REMO, «Réforme de la mensuration officielle: Précision et fiabilité», janvier 1991.
12. REMO, «Réforme de la mensuration officielle: Catalogue des données, définitions et spécifications», janvier 1991.
13. Revue «GIS WORLD», Ed. GIS WORLD Inc., Fort Collins, CO USA.
14. PLANCATO-VD, Catalogue des produits de la mensuration cadastrale du Canton de Vaud; Service du Cadastre du Canton de Vaud, 1014 Lausanne, 1990.

Chapitre 3

1. O. Matile, USOGAZ SA, « Généralité sur le gaz », cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
2. J.-P. Juillerat, SOGAVAL SA, «Paramètres principaux d'un réseau de gaz», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
3. AGHTM (Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux), «Les canalisations d'eau et de gaz: corrosion, dégradation et protection», Technique et Documentation - Lavoisier, 1987.
4. G. Vaudan, «Réseau d'eaux usées et pluviales», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
5. R. Bourrier, CERT SA, «Les réseaux d'assainissement», éditions Lavoisier.
6. F. Lauener, Service des Eaux de Vevey-Montreux, «Réseau d'eau potable», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
7. Ch. Meldem, Métral SA, «Implantation d'un réseau de chauffage à distance», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
8. Office fédéral de l'énergie, «Le chauffage à distance», Etude N° 5, 1980.
9. Office fédéral de l'énergie, «Normes internes adoptées dans différentes centrales actuelles de chauffage à distance», Etude N° 4, 1980.
10. Office fédéral de l'énergie, «Principes tarifaires du chauffage à distance», Etude N° 37, 1986.
11. P. Desponds, EOS Lausanne, «Interconnexion et répartition», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
12. S. Birstein, EOS Lausanne, «Énergie électrique: structure de la consommation et de la production, mouvements d'énergie et échanges», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.

13. B. Obrist, DAT Sion, «L'Entreprise des PTT», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
14. R. Zuffrey, DAT Sion, «Le réseau local», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
15. A. Sauer, Téléphonie SA, «Téléréseau», cours de techniques municipales sur les réseaux, CREM 1987.
16. SIA, Norme 405, édition de 1985.
17. D. Boitel & C. Hazard, «Guide de la maintenance», éditions Nathan 1987.
18. Dr J.-J. Chevallier, «Mensuration cadastrale 1 et 2», EPFL septembre 1987.
19. A. Burger, D. Bovet, L. Cotton, E. Recordon, B. Saugy, «La thermique des nappes souterraines», Presses Polytechniques Romandes 1981.
4. International GIS Source Book 1991-92, Ed. GIS WORLD Inc., Fort Collins, CO USA.
5. P. Pralong, «Gestion des données des réseaux urbains à l'exemple de Martigny», SSIGE N° 1242 sept. 1991.
6. Numérisation du plan d'ensemble: 1. Descriptif général du concept de la numérisation; Service du cadastre et du registre foncier du Canton de Vaud.
7. Numérisation du plan d'ensemble: 2. Catalogue des données, structure AutoCAD; Service du cadastre et du registre foncier du Canton de Vaud.
8. Numérisation du plan d'ensemble: 3. Planche modèle; Service du cadastre et du registre foncier du Canton de Vaud.

Chapitres 4 et 5

1. M. Carlier, «Hydraulique générale et appliquée», éditions Eyrolles 1972.
2. B. Saugy, J.-M. Revaz et C.-A. Grossenbacher, «Projet SYSURB: Gestion de systèmes énergétiques régionaux assistée par ordinateur», IENER (EPFL) N623.101 novembre 1985.
3. Projet SYSURB, «Rapport final: travaux effectués, méthodes et cahier des charges proposé», GPGU (EPFL) 623.150d mai 1989.

Chapitres 6 et annexes

1. SIA, Norme D 503, «Catalogue du logiciel 1990/91», septembre 1990.
2. SIA, Norme D 504, «Catalogue des systèmes CAO 1990/91», septembre 1990.
3. MERCATOR 1992. J. Querzola & M. Billout, Guide de la cartographie informatisée, Ed. Eurovista, Paris.

Adresses des associations et organisations de soutien

ASE
Seefeldstrasse 301
Case postale
8034 Zurich

Association suisse des électriciens

ASPEE – VSA
Grütlistrasse 44
Case postale
8027 Zurich

Association suisse de l'épuration des eaux

OFQC
Programme d'impulsion
3003 Berne

Office fédéral des questions conjoncturelles

SIA
Selnaustrasse 16
Case postale
8039 Zurich

Société suisse des ingénieurs et architectes

SSIGE
Grütlistrasse 44
Case postale
8027 Zurich

Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux

SSMAF-SVVK
c/Visura
Case postale 732
4501 Soleure

Société suisse des mensurations

UTS
Bd de Grancy 37
1006 Lausanne

Union technique suisse

VSS
Seefeldstrasse 9
8008 Zurich

Union des professionnels suisses de la route

Organisations de soutien

ASE

Association suisse
des électriciens

ASPEE

Association suisse
de l'épuration des eaux

Sia

Société suisse
des Ingénieurs et des Architectes

SSIGE

Société suisse de
l'industrie du gaz et des eaux

GP-SSMAF

Groupe patronal –
Société suisse des mensurations

SSMAF

Société suisse des mensurations



Union technique suisse



Union des professionnels suisses
de la route