

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses

Band: 113 (1987)

Heft: 12

Artikel: Prédire les économies d'énergie dans le bâtiment: mythe ou réalité?

Autor: Juillard, Jacqueline

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76390>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Prédire les économies d'énergie dans le bâtiment : mythe ou réalité ?

par Jacqueline Juillard, Colovrex-Genève



Depuis quelque deux lustres, des travaux ont été entrepris pour connaître la consommation d'énergie dans un immeuble ou une villa et prédire les économies possibles. Il restait à trouver le moyen de confronter ces prédictions avec les résultats d'améliorations effectivement apportées. Une telle confrontation a été rendue possible par le puissant logiciel DOE-2, mis au point aux Etats-Unis, et la méthode F+T, fondée sur la signature énergétique. Ces recherches ont mis à profit les millions de données enregistrées sur le bâtiment La Chaumière à Lausanne et sur la villa de Maugwil dans le canton de Saint-Gall. Les travaux ont été entrepris sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, l'OFEN. Ils ont été financés pour la plupart par le Fonds national pour la recherche énergétique, le NEFF, et représentent une des contributions de notre pays au programme «Energy Conservation in Buildings and Community Systems», placé sous l'égide de l'Agence internationale de l'énergie AIE. Les résultats de ces travaux sont destinés aux maîtres d'œuvre et seule la pratique sur plusieurs années permettra de savoir si de telles prédictions sont un mythe ou une réalité.

1. Chaleur et chauffage au passé

Voltaire lui-même s'est préoccupé de la nature du «calorique» au château de la marquise du Châtelet, au début du XVIII^e siècle, et l'histoire de l'acquisition de connaissances sur la chaleur fait ressortir les noms de prestigieux savants : Isaac

Newton, Jean-Baptiste Fourier, Jean-Claude Péclat, Franz Grashof, Sadi Carnot, Max Planck, et bien d'autres encore. Le chauffage central des bâtiments s'est développé au cours de ce siècle et, en Suisse, son coût a d'abord été inclus dans les loyers. La facturation séparée du chauffage a été imposée par le contrôle des prix en 1939.

Après la guerre, les promoteurs mettent tous leurs efforts à abaisser le coût de la construction. Avec le remplacement du charbon par le mazout et la baisse du prix de celui-ci, les aspects énergétiques sont négligés. Les murs deviennent de plus en plus minces et la construction de plus en

plus légère. Le budget du chauffage est la moindre des préoccupations et on ne sait même pas ce qu'un bâtiment consomme en énergie !

Il en résulte de graves défauts dans les bâtiments, tant au point de vue phonique que pour ce qui concerne les condensations. On commence à parler de ponts thermiques.

Ce laisser-aller est mis en évidence par les crises du pétrole, dès 1973. Des directives sont alors établies. La recommandation SIA 180/1, par exemple, prescrit une isolation thermique. Cette recommandation est fondée sur une approche purement théorique et ne contient encore aucune mention de la consommation.

2. Nouvelles approches

Un premier pas significatif vers une prévision des économies d'énergie selon une approche analytique est accompli lorsque le Department of Energy des Etats-Unis finance le développement d'un modèle de simulation sur ordinateur qui deviendra le Programme DOE-2.

En Suisse, B. Wick publie ses travaux sur la consommation d'énergie dans les villas en 1981. Il jette les bases d'une approche statistique nouvelle en introduisant l'indice de consommation d'énergie E, c'est-à-dire la consommation spécifique moyenne par saison de chauffe. On peut enfin comparer des consommations et classer les bâtiments selon ce critère. Suit un nouveau pas, avec la signature énergétique. En notant, pendant une période donnée, les consommations d'énergie en fonction des températures extérieures, on obtient un «nuage» de points plus ou moins alignés sur une droite. C'est cette droite qui est la signature énergétique et les points correspondent à une puissance, soit à une consommation d'énergie sur un laps de temps donné (fig. 1).

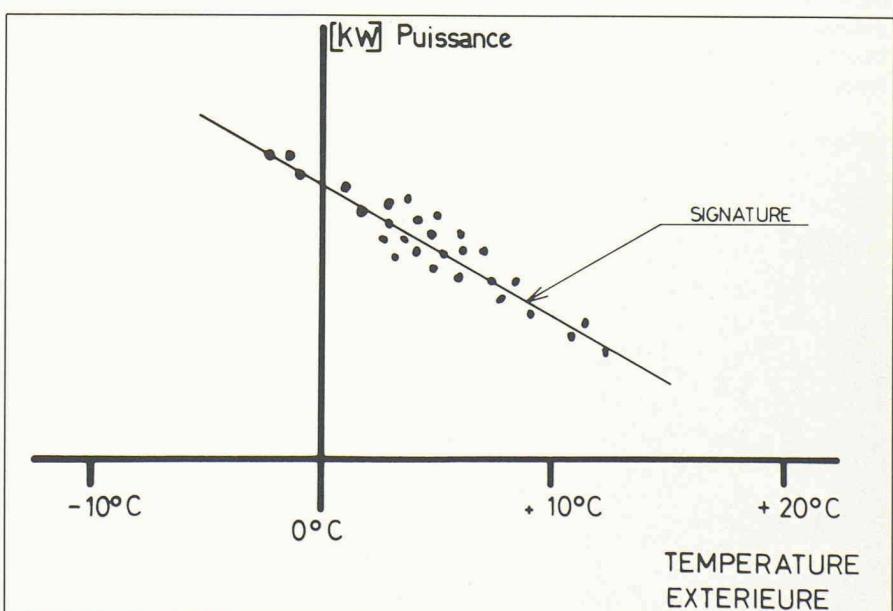


Fig. 1. — La signature énergétique.

Pour aboutir à la signature et à d'autres paramètres tout aussi importants pour la prédition des économies d'énergie, sept études se sont déroulées chez nous entre 1981 et 1985.

3. Travaux suisses de prédition

De ces études originales qui démontrent l'évolution vers des méthodes d'appréciation et de détection d'économies possibles d'énergie dans le bâtiment, quatre ont pour objet un immeuble au chemin de la Chaumière à Lausanne. Le Groupe de recherche en énergie solaire de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, qui s'est attelé à cette tâche, publie son rapport final en 1982.

Sur cette base, le Service de l'énergie de la Ville de Lausanne fait entreprendre des améliorations pour réduire la consommation d'énergie dans plusieurs autres bâtiments. Les résultats sont publiés en 1983. Suivent deux études, effectuées par P. Favre et Ch. Trachsel et publiées en 1985, qui concernent la création de la méthode baptisée de leurs initiales F+T permettant un ensemble de prédictions d'économies d'énergie. La dernière étude porte sur la confrontation des pronostics aux données réelles, consécutives à des actions de conservation sur La Chaumière et sur d'autres immeubles.

4. «La Chaumière», un nom qui fait le tour du monde

Construit en 1957, le bâtiment La Chaumière est représentatif d'une grande partie du parc immobilier suisse, notamment par ses murs de 25 cm d'épaisseur en briques de terre cuite, sans isolation. Dès 1981, les données récoltées tous les quarts d'heure, pendant plus d'un an, sur quelque 600 points de mesure, représentent plus de 25 millions de lectures sur la vie thermique du bâtiment (fig. 2). Cette récolte minutieuse enregistrée sur ordinateur a vite été sollicitée par plusieurs pays membres de l'AIE pour leurs propres travaux.

On peut appeler «dure réalité» les données qui ne se prêtent pas à des modifications visant à réaliser des économies d'énergie, tels par exemple le rapport surface/volume, le climat extérieur, la distribution de la chaleur et l'insolation.

Il existe par contre une foule de variables sur lesquelles il est plus ou moins facile d'agir. C'est le cas du rendement de la chaudière, de la courbe de chauffe, du taux de renouvellement d'air, de l'isolation thermique, de même que de la gestion du bâtiment et du comportement des habitants.

L'étude de La Chaumière a fait ressortir ces différentes influences et la dynamique thermique du bâtiment a été mise en évidence. L'ensemble de ces données a finalement permis de concevoir la méthode F+T.

5. Méthode F+T: signature et «Chause»

Cette méthode comporte quatre étapes:

- un calcul traditionnel d'abord, avec les coefficients k de déperdition, permet de déterminer la puissance de chauffage théorique;
- puis la signature thermique est établie en très peu de temps (2 à 3 semaines) grâce à un appareil électronique surnommé «Chause», puisqu'il sert au *contrôle horaire automatique de la signature énergétique*; il est commercialisé;
- il faut ensuite déterminer les pertes de maintien en température et les pertes de distribution; on aboutit ainsi à une signature utile, qui correspond plus ou moins au calcul théorique;
- on peut enfin prédire ainsi les économies d'énergie produites par des actions de conservation; il en résulte des bilans énergétiques dont les figures 4 et 5 illustrent de façon très explicite les différents rendements.

Cette méthode permet aussi de faire la distinction entre les différents régimes: de nuit, avec le chauffage coupé, de relance matinale et de jour, avec le maintien en température.



Fig. 2. — L'immeuble de La Chaumière, à Lausanne.



Fig. 3. — La maison individuelle éprouvette de Maugwil.

6. Confrontation entre prédictions et réalités

Une étude consacrée à cette recherche a été faite sur cinq immeubles. Nous retrouvons parmi ceux-ci La Chaumière, où trois améliorations ont été effectuées:

- isolation des caissons de stores
- isolation de la dalle des combles
- isolation de la dalle sur la cave.

Pour une saison de chauffe de 212 jours à une température moyenne extérieure de $+4,5^{\circ}\text{C}$, la prédition correspond à une économie de mazout de 7000 l (± 1200 l) pour le cumul des trois isolations. Cette prédition se situe à 5% des 7400 l effectivement économisés. Ces résultats peuvent être graphiquement représentés comme le montre la figure 6.

Les résultats de la confrontation entre prédition et réalité des actions de conservation effectuées sur d'autres bâtiments se sont révélés être du même ordre de précision.

7. Température équivalente

La température équivalente Teq introduite par L. Dubal est un perfectionnement apporté à la signature qui, elle, utilise la température extérieure moyenne comme seule variable mesurant le microclimat.

La température équivalente prend en compte l'influence du rayonnement solaire et du vent, ce qui contribue à la précision des résultats. Elle est utile lorsque la régulation n'est plus faite à partir de la température extérieure, mais par thermostat d'ambiance. C'est une méthode qui permet notamment de prédire les économies obtenues par le calfeutrage des portes et fenêtres pour réduire les vols éoliens, ce qui peut représenter un potentiel de 20% d'économies.

8. Fonction de transfert thermique

L'étude de M. Cuénod, sur trois immeubles lausannois, a conduit à une application de la fonction de transfert thermique.

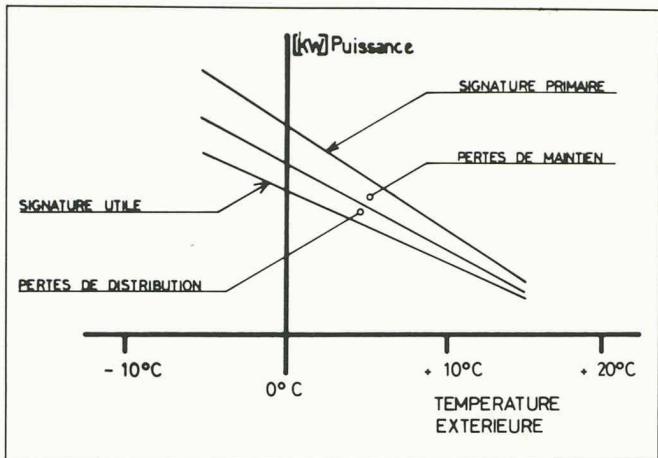


Fig. 4. — La signature énergétique utile.

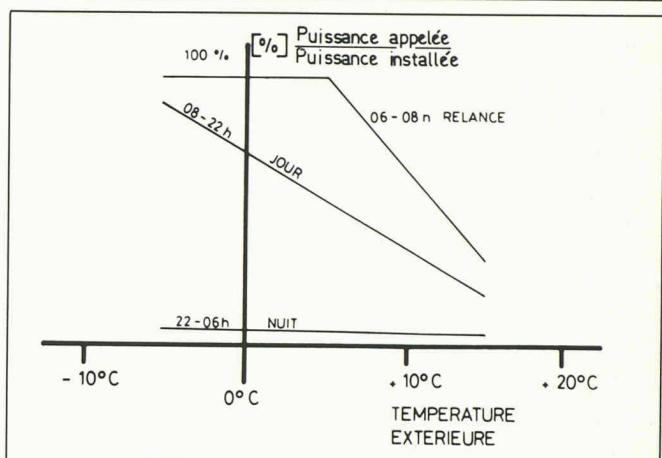


Fig. 5. — La courbe du rendement.

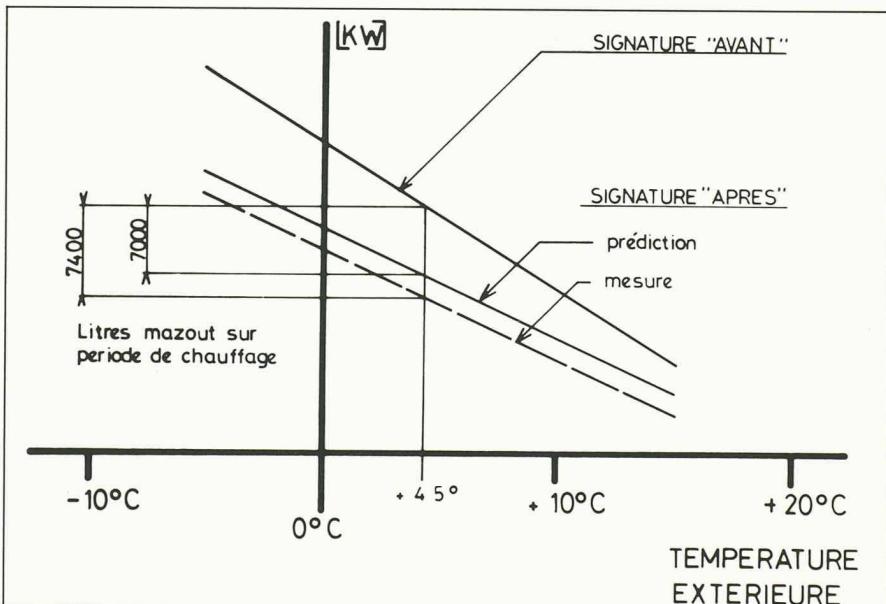


Fig. 6. — La Chaumière: comparaison entre prédictions et mesure de la consommation.

que. Le mesurage des consommations annuelles d'énergie avait en effet révélé l'importance de la masse ou inertie thermique des constructions.

Le comportement thermique d'un bâtiment peut se caractériser par une constante de temps T_i , ou durée nécessaire pour que la température interne retrouve le niveau initial après un «dérèglement». Elle est de un à trois jours suivant le type de bâtiment.

D'une manière générale, grâce aux nouvelles connaissances acquises lors de cette série d'études suisses, l'amélioration des algorithmes de réglage pour la gestion des bâtiments, assistée par microprocesseur, devient possible. Les économies peuvent être supérieures à 10%.

9. Application en Suisse du DOE-2

Le puissant logiciel DOE-2 permet l'analyse, heure par heure, des nombreux phénomènes qui nous intéressent. C'est un programme «lourd», qui n'a pas été conçu pour le calcul de bâtiments courants ou de maisons individuelles. On ne

se sert pas d'un camion avec remorque pour livrer une lettre! Il est par contre couramment utilisé dans la planification de constructions climatisées telles que bâtiments administratifs, banques, centres d'achat.

Ce programme de simulation a été appliqué par le groupe ERG («Energie-Rechen-Gruppe») du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux, le LFEM, sur une maison individuelle inhabitée à Maugwil (fig. 3). L'objectif était de valider le modèle mathématique de l'enveloppe de la villa et de l'intérieur des locaux, afin de permettre d'établir des prédictions valides.

L'une des plus importantes prédictions concerne la simulation d'amélioration thermique de l'enveloppe, ainsi que de divers systèmes de chauffage et de réglage à La Chaumière. Cette étude, réalisée par N. Hopkirk et J. Gass, a été publiée en mai 1986 sous le titre *Etude de cas - La Chaumière*. Elle vise à prédire les économies d'énergie possibles. Elle a également déterminé dans quelles proportions des actions de conservation prises simultanément se compensent, ce qui revient à établir la différence entre la prévision d'économies accumulées et la somme des économies prises simultanément. En remplaçant par exemple la chaudière existante d'une puissance de 158 kW par une chaudière à 2 allures de 81 kW, avec les réglages correspondants, le calcul prédit une économie de l'ordre de 60%, visible sur la figure 7.

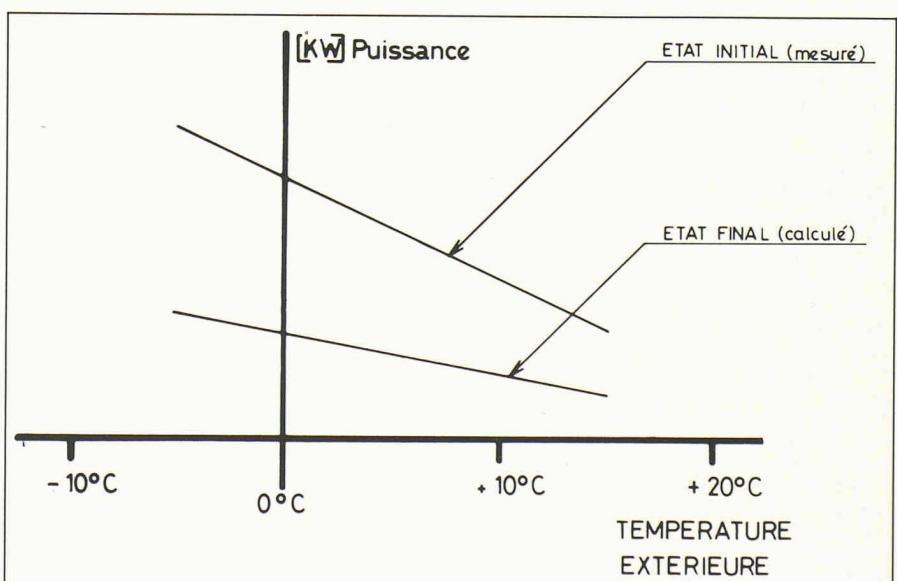


Fig. 7. — Résultats calculés de l'échange de la chaudière de La Chaumière.

Publications dans le cadre du projet « Prédiction d'économies d'énergie dans le bâtiment » de l'Agence internationale de l'énergie

FAIST, A.; FAVRE, P.; HAY, M.; HERZEN, M.; TRACHSEL, CH.: *La Chaumiére, Final Report*, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 1982.

MARCUS, I.; GASS, J.: *Messprojekt Maugwil, Verifikation des Rechenprogramms DOE-2 anhand des gemessenen Energiehaushaltes*, Laboratoire fédéral d'essais des matériaux LFEM, Dübendorf, 1983.

FAVRE, P.; TRACHSEL, CH.: « Erste Resultate vom Messgebäude La Chaumiére », *SIA*, pp. 30-31, 1982.

DUBAL, L.: « Die äquivalente Temperatur », *Bauphysik* 2, pp. 52-55, 1985.

FAVRE, P.; TRACHSEL, CH.: *Méthode F+T, application à la prédiction d'économies*

d'énergie dans le bâtiment, Office fédéral de l'énergie, 1985.

CUENOD, M.: *Détermination expérimentale du comportement thermique dynamique de 3 bâtiments de masse thermique différente, à Lausanne*, Office fédéral de l'énergie, 1985.

GASS, J.; HOPKIRK, N.; MARCUS, I.: *Prédiction d'économie d'énergie à l'aide du programme DOE-2*, Laboratoire fédéral d'essais des matériaux LFEM-EMPA, Dübendorf, 1986.

WICK, B.: *Economies d'énergie dans la maison individuelle*, SEATU, 1982 (en vente à la rédaction d'IAS, En Bassenges, 1024 Ecublens; prix: 22 francs).

les effets de mesures d'économies d'énergie :

- le modèle de simulation DOE-2 : il est exigeant en données et nécessite un important investissement en heures

du spécialiste ; il se justifie dans le cas d'immeubles complexes et climatisés ; - la méthode F+T, affinée par la température équivalente : suffisante dans la plupart des cas, tant pour les immeubles que pour les villas.

Mythe ou réalité ?

Les résultats encourageants de ces études suisses montrent bien que la confirmation sur le terrain reste encore largement à faire. Il est donc prématuré de se prononcer sur la validité générale de ces méthodes de prédictions mais on peut dire que la voie est tracée.

Adresse de l'auteur:

Jacqueline Juillard
Ingénieur-conseil EPFL-SIA
en documentation industrielle
et information scientifique
Colovrex-Genève
Case postale 80
1292 Chambésy

10. Conclusion

Suivant la grandeur et la complexité du bâtiment, l'une ou l'autre des méthodes suivantes peut être utilisée pour prédire

Bibliographie

Annuaire suisse de la construction

S'inscrivant dans une longue tradition - sa première édition date de 1899 ! - l'*Annuaire suisse de la construction* pour 1986/1987, édité par Mosse Adress S.A. à Zurich, vient de sortir de presse. Ce répertoire, très complet, des entreprises et artisans travaillant dans les secteurs de la construction, des machines de chantier et de l'électronique du bâtiment, contient 80 000 adresses.

Dans la première partie de l'ouvrage, les adresses sont classées par localités, canton après canton, dans l'ordre alphabétique. Pour chaque canton, l'annuaire fournit la liste, fort utile, des instances compétentes pour tous renseignements en vue d'une implantation industrielle.

La deuxième grande partie de l'annuaire, précédée d'un index des branches retenues, présente les mêmes adresses d'entreprises, cette fois classées par branches.

L'*Annuaire suisse de la construction* comporte en outre un chapitre consacré aux rénovations (adresses utiles), deux autres réservés aux marques (logotypes et appellations), un registre des fournisseurs spécialisés, les adresses des services techniques fédéraux entretenant des rapports avec l'industrie de la construction et des associations professionnelles liées ou appartenant à la construction, enfin une liste des écoles polytechniques et écoles techniques supérieures, avec leurs professeurs et les branches qui y sont enseignées.

Un reproche toutefois - celui-là même que nous formulions l'année dernière déjà, lors de la précédente édition de l'*Annuaire* : un index alphabétique de toutes les maisons répertoriées fait cruellement défaut ; en effet, si vous ignorez la localité dans laquelle l'entreprise dont vous cherchez l'adresse exacte a élu domicile et sa branche d'activité précise, vous n'avez d'autre recours que celui du téléphone, au service d'information de Mosse Adress S.A. ...

L'*Annuaire suisse de la construction* peut être commandé auprès de Mosse Adress S.A., Räffelstr. 25, 8045 Zurich, tél. 01/463 77 00, au prix de 160 francs.

Les modems pour transmission de données

par Michel Stein. - Un vol. 15,5 x 24 cm broché, 384 pages. Editions Masson, Paris 1987. Prix: FF 230.00.

La téléinformatique, c'est-à-dire la réunion du domaine de l'informatique et de celui des télécommunications, a connu un développement explosif au cours de la dernière décennie.

L'informatique manipule des informations et des signaux numériques alors que les supports de télécommunication sont aptes à transporter des signaux de type continu ou analogique. Les « modems » représentent le trait d'union entre le monde numérique et le monde analogique :

leur rôle consiste à établir des canaux de communication entre machines de traitement numérique et à acheminer les informations numériques d'une extrémité à l'autre sous la forme de signaux analogiques adaptés aux caractéristiques particulières du support de transmission utilisé. Les « modems » ont constitué un champ d'application privilégié pour les progrès techniques réalisés au cours des dernières années, tant en ce qui concerne l'intégration des composants que le traitement du signal.

Le débit maximal sur une ligne téléphonique, qui était, il y a quelques années, de 1200 bits/s est passé à 2400 puis à 4800, à 9600 et est aujourd'hui de l'ordre de 16 000 b/s.

Parallèlement à cette évolution, les types de matériel et les modes d'exploitation se sont diversifiés. L'ouvrage s'attache à présenter les principaux constituants d'une liaison de transmission de données : lignes et « modems ».

Une large part de l'ouvrage est consacrée à la standardisation et à la mise en œuvre des matériels, en particulier en ce qui concerne l'interface numérique auquel se raccordent les équipements informatiques.

Les problèmes d'exploitation de réseau et de télémaintenance font également l'objet d'un chapitre.

Les aspects théoriques indispensables à une bonne compréhension sont présentés sous une forme aussi simple que possible en mettant l'accent sur les résultats plutôt que sur les démonstrations ; celles-ci et certains approfondissements sont détachés du texte de manière à pouvoir être éventuellement sautés lors d'une lecture rapide.

Sommaire: Chap. 1: Signaux numériques. - Chap. 2: Supports de

transmission. - Chap. 3 : Transmission numérique sur support à bande passante limitée. - Chap. 4 : Transmission en bande de base. - Chap. 5 : Transmission en bande transposée. - Chap. 6 : Synchronisation et adaptation à la ligne. - Chap. 7 : Standards du CCITT. - Chap. 8 : Installation et maintenance.

Exercices d'analyse non linéaire

par Jean-Pierre Aubin. - Un vol. 16 x 24 cm broché, 192 pages. Editions Masson, Paris 1987. Prix: FF 99.00.

Ce recueil de 165 exercices et de 48 problèmes corrigés a deux objectifs: Fournir d'abord au lecteur du manuel « L'analyse non linéaire et ses motivations économiques » les moyens de s'exercer à la manipulation des nouveaux concepts et théorèmes dont il prend connaissance.

Ces exercices et, surtout, ces problèmes corrigés sont aussi conçus pour donner au lecteur des informations supplémentaires qui ne pouvaient trouver leur place dans un manuel d'introduction. Ces résultats que le lecteur découvrira le convaincront de la richesse de l'analyse non linéaire. Les exercices sont classés par chapitre et suivent l'ordre d'exposition du manuel de cours. Sauf exceptions qui sont mentionnées explicitement, ils n'utilisent pas les énoncés exposés ultérieurement. Seuls quelques exercices supposent connue la résolution d'un ou deux exercices antérieurs.

Les problèmes utilisent à priori toutes les connaissances du manuel et sont plutôt classés par thèmes.