

A close-up photograph of an analog computer's control panel. The panel is dark grey or black and features a row of vacuum tubes. In the foreground, several thick, yellowish-brown cables are plugged into a series of connectors. To the right, a single vacuum tube is mounted on a small metal base. Below it, a small white label with the number '50' is visible. The background is slightly blurred, showing more of the computer's structure.

**ACONIT**

**Bulletin N°21 (Avril-Mai)**

**Le Classement du calculateur analogique SEA OME  
40**

**Le Déménagement de l'association ACONIT**

**La Transmission des données chez TRT**

## Sommaire

<b>Le Mot du Président</b>	<b>p 3</b>
<b>La Vie de l'Association</b>	<b>P 4 à 5</b>
<b>Témoignage sur le Calculateur SEA OME 40</b>	<b>P 6 à 8</b>
<b>La Transmission des données chez TRT</b>	<b>P 9 à 15</b>
<b>Citations Informatiques</b>	<b>P 16</b>
<b>General Motors contre Bill Gates</b>	<b>P 17</b>
<b>ACONIT</b>	<b>P 18</b>

**Couverture:**

**Laetitia Giorgino et Emilie Terrasse**

**Détail du calculateur analogique SEA OME 40**



## Le Mot du Président

Que d'événements depuis le dernier bulletin...

Le déménagement est achevé, mais notre réinstallation ne fait que commencer !

L'entreprise ECTRA nous a transporté sans aucune casse toutes les machines, documents et mobilier, avec une bonne humeur constante, malgré les conditions difficiles de rangement dans nos nouveaux locaux.

Je tiens à remercier particulièrement toutes les personnes qui ont participé à cette opération, car les conditions n'étaient vraiment pas des plus confortables...

Là aussi tout c'est déroulé dans une ambiance très sympathique, ou chacun donnait de son temps sans compter.

Nous avons signé la convention qui nous lie au CNAM Musée des Arts et Métiers et va nous permettre de mener à bien la mission que Daniel Thoulouze nous a confiée.

Nous serons pour cela aidés (entre autre) par Catherine Cuenca qui a réalisé déjà en pays de Loire un travail remarquable.

Le calculateur analogique SEA OME 40 a été classé monument historique et rejoint la tabulatrice BULL T30 sauvegardée et préservée par la FEB Fédération des Équipes BULL

Cet événement a une très grande importance, malgré les contraintes et les devoirs que nous avons maintenant à son égard, car c'est la reconnaissance au plus haut niveau de l'importance de sauvegarder le patrimoine informatique et d'en assurer sa préservation pour les générations à venir.

La reconnaissance de l'importance et de la nécessité de sauvegarder le patrimoine informatique ont également été mises en valeur dans un article du journal de la CPI Conservation du Patrimoine de l'Isère, nous permettant d'espérer être associé aux grands projet de la ville de Grenoble et de sa région.

A ce sujet, nous avons été interviewé à l'initiative de la METRO par une équipe d'experts, pour évaluer la pertinence de notre action dans le cadre de la future cité de l'innovation, dont l'étude est en cours.

Enfin, le projet de réhabilitation du Rabot et notamment de l'institut Dolomieu, prends forme et la dernière réunion avec Philippe Wisler secrétaire général de l'UJF Université Joseph Fourier, laisse apparaître un enthousiasme certain de toutes les personnes concernées.

La demande de participation spontanée au projet de grandes personnalités, me conforte dans l'idée que nous allons enfin pouvoir parler d'avenir...

*Jacques Pain, Président de l'association ACONIT*

## La Vie de l'Association

L'association ACONIT a déménagé. Après un effort de 10 jours et une préparation de 2 mois, nous avons réussi à déplacer plus de 1500 machines et documents ce qui représente certainement



plus de 25 voyages de semi-remorques. Depuis un mois, nous aménageons



notre nouveau local. Il reste encore beaucoup d'efforts à fournir, mais nous



sentons que c'est une nouvelle ère pour l'ACONIT.

L'association ACONIT est fière aussi de vous annoncer le classement du cal-

culateur analogique SEA OME 40. En effet, suite à une procédure d'inscription à l'inventaire des monuments historiques, le calculateur est passé en commission pour le classement au titre des monuments historiques au mois de février. Nous avons été fortement soutenu par les instances locales et nationales comme la CPI et le Cnam-Musée des Arts et Métiers qui ont toujours manifesté leur attachement au patrimoine scientifique et technique.

Le calculateur SEA OME 40 est une machine datant des années 50. Elle est impressionnante par son poids et son volume : 1500 Kg environ et 3,6 m<sup>3</sup> et très représentative de la technologie électronique des années 50 : tubes électroniques, diodes, triodes, potentiomètres de précision.

OME 40 n'est pas un ordinateur ; il ne sait ni ordonner des caractères, ni trier des informations. C'est bien un calculateur, capable de traiter les problèmes. C'est une machine « analogique » qui associe (par analogie) une tension électrique à une grandeur physique quelconque (courant d'eau, déplacement, température).

Deux domaines d'applications sont connus à Grenoble :

- C'est une coopération avec le service technique de l'aéronautique qui permettra à l'université de Grenoble d'acquérir un calculateur analogique SEA OME 40 en 1952. Cette machine permettra de nombreux calculs d'aérodynamique (signalons

que, quelques années après, ce sera grâce à des batteries de calculateurs analogiques que la SNECMA réalisera les simulations du vol du Concorde

- Utilisation aussi en partenariat avec EDF, pour des simulations d'hydraulique (barrage, conduites forcées, tout développement de la « Houille Blanche ».

C'est le dernier exemplaire à notre connaissance d'une lignée de machines produites à quelques dizaines d'exemplaires et diffusées dans les principaux centres de recherche français à partir de 1949. (*Extrait du dossier du classement réalisé par P.Denoyelle*)

Le mois de mai s'annonce aussi riche en événement puisque que nous allons redémarrer l'inventaire en partenariat avec le Cnam-Musée des Arts et Métier. Nous avons besoin de toutes les bonnes volontés pour accomplir cette tâche. N'hésitez pas à nous contacter si vous êtes intéressés pour nous aider. Cette mission est de la plus haute importance puisque cet inventaire sera utilisé dans le cadre de la convention CNAM/ACONIT sur la sauvegarde du patrimoine national scientifique et technique contemporain.

Il y aura aussi le congrès INFORSID du mardi 24 mai au vendredi 27 mai à l'IUT2 sur les « Systèmes d'informations ». ACONIT présentera une exposition sur l'histoire de l'informatique et animera des ateliers sur la mécanographie. Philippe Denoyelle réalisera une conférence sur « la conservation des logiciels? » le mercredi 25 mai à 18h00 à l'IUT2.



# Témoignage Calculateur Analogique électronique OME

## 40

Souvenir de l'utilisation de l'OME de la SEA dans le cadre des travaux réalisés pour le titre de Docteur 3eme Cycle en Servomécanisme.

Après avoir obtenu en 1958, mon diplôme d'Ingénieur IEG à l'Institut Polytechnique de Grenoble, j'entreprenais un 3<sup>e</sup> Cycle au Laboratoire de Servomécanismes que venait de créer un jeune Maître de Conférence René Perret au sein de l'Ecole.

Une fois suivi la première année de cours, je commençais un travail de thèse dont le sujet était:

Couplage d'un alternateur au réseau général par l'intermédiaire d'une auto Inductance

Thèse que je soutenais en septembre 1961.

Ce travail se faisait en collaboration avec la société Naphtachimie qui possédait, au sein de sa raffinerie de LAVERA, une centrale électrique autonome.

### 1. Le problème posé

Certains ensembles industriels possèdent leurs propres centrales électriques, afin de fournir en énergie leurs



différentes unités industrielles. Dans beaucoup de cas, pour des raisons de sécurité de fonctionnement et des raisons économiques, ces centrales sont couplées au réseau général EDF. La solution adoptée par la Société Naphtachimie était de coupler

la centrale par l'intermédiaire d'une auto-inductance.

Les objectifs des travaux étaient:

D'étudier les chutes de tension aux bornes des charges prioritaires de la raffinerie ainsi que la stabilité en cas d'incidents.

De valider la solution adoptée et d'optimiser la valeur de l'auto-inductance.

### 2. Déroulement de l'étude

Nous avons décidé, avec le professeur Perret, après avoir fait plusieurs campagnes de mesures sur le site industriel (une grande première à cette époque là) d'établir un modèle simplifié de la centrale et de son couplage, afin de faire des simulations des différents types de fonctionnement et situations.

### 3. Les problèmes de simulation

#### La défaillance du numérique et l'orientation vers l'analogique.

Aujourd'hui étant donné la vitesse et les capacités de mémoire des ordinateurs numériques personnels, la simulation d'un tel système d'équations paraît enfantin. En 1960, c'était tout à fait différent, la technologie, n'était pas encore à la hauteur des problèmes posés...

Pensant simulation numérique, ma première réaction a été de me rapprocher du laboratoire de Calcul qui possédait un calculateur numérique GAMMA et de chez BULL, pour demander que l'on me simule mon système d'équations. J'entends toujours la réponse du responsable du Centre, le professeur Gastinel, me dire:

«Dites Deguerry, ce n'est pas possible car si vous voulez faire varier les paramètres vous allez m'occuper la machine au minimum une à deux semaines si ce n'est pas plus. Et qu'est ce que je fais des élèves et des autres chercheurs pendant ce temps. Il est plus facile de traiter ce type de simulation en analogique, allez donc demander à Raybaud, le responsable du Calculateur Analogique»

Et c'est ainsi que je me trouvais en face de ce «géant» de l'électronique à courant continu à tubes: l'OME de la SEA...un choc.

#### AMADOUER L'ENGIN

Mr Raybaud avec toute sa gentillesse et sa patience m'apprit à amadouer ce

géant qui paraissait plus complexe qu'il n'était en réalité.

le calculateur comprenait 24 amplificateurs permettant de réaliser par câblage 24 opérateurs. La simulation en utilisait 17 (5 intégrateurs, 5 déphaseurs, 6 sommateurs, 1 non-linéarité).

le câblage était simple.

#### La lutte contre les pannes

Ce calculateur, étant peu utilisé à l'époque où je m'en servis (je pense être un des derniers à l'avoir utilisé pour des travaux de recherche), et ayant déjà 15 ans d'âge, les composants n'étaient pas dans leur prime jeunesse. La machine réservait toujours des surprises à la mise sous tension.

les condensateurs chimiques de filtrage avaient parfois tendance à rendre l'âme avec un bruit de pétard et un petit filet de fumée, réveillant tout chercheur ou élève endormi.

La lutte était permanente avec les tubes (diodes, triodes et pentodes). En moyenne je pense que le temps moyen entre deux pannes était de 4 heures (MTBF). Il y avait souvent un tube qui claquait au beau milieu d'une simulation... et il me fallait tout recommencer.

le premier problème était de savoir quel organe était en panne puis quel tube et enfin ....de la remplacer.

Petit à petit je m'organais:

D'une part, j'empruntais un testeur de tubes pendant mes manipulations afin de gagner du temps.

D'autres part pour remplacer les composants défaillants, je courais chez

Charlas (un magasin de distribution de matériel électronique, situé près du Laboratoire de chez lequel nous avons un compte ouvert).

J'appris lors de ma thèse à tester des tubes et à faire des achats prévisionnels pour faire face rapidement à mes besoins.

Je sais que nos factures chez Charlas ont augmenté de manière significative durant ma période de simulation de la centrale.

### Les parasites

Les amplificateurs à courant continu pour réaliser les opérateurs étant à très grand gain, ils étaient très sensibles aux parasites (courant alternatif) et saturaient facilement. la simulation demandait un certain doigté que j'acquis petit à petit.

le pire se produisait lorsque les parasites atteignaient l'enregistreur à aiguille et encre qui se transformait en sulfateuse...

Voici donc les quelques souvenirs de ce calculateur analogique que j'ai retrouvé avec une certaine émotion presque quarante ans après dans la collection de l'ACONIT.

Cette machine n'est plus en état de marche, elle a un repos bien mérité... mais je sais qu'elle se souvient de moi, de mes énervements, de mes courses chez Charlas, de mon testeur de tubes et de l'encre de l'enregistreur...car je lui ai permis à un âge avancé de passer une thèse et ...de faire une dernière fois un pied de nez au numérique...Elle a eu son temps et mérite son entrée officielle

au Patrimoine National, car elle a été une étape importante du développement des calculateurs et de la simulation. Et enfin, c'est très belle machine imposante, témoin d'une époque et d'une technologie.

*Michel Deguerry*

*Le 31 janvier 2005*



*Panneau de commande*



*Une partie des potentiomètres d'affichage des coefficients de calcul*

## La Transmission de données à TRT

*Suite à différents problèmes que nous avons rencontrés lors de l'impression du dernier bulletin, une partie expliquant le texte de Monsieur Michel Stein a été supprimé par mégarde. Nous vous prions de nous excuser pour ce méfait. Bonne lecture.*

Michel Stein a été de longues années à la tête de l'activité «transmission de données» de la société TRT Transmissions Télégraphiques et Téléphoniques, filiale de Philips Télécommunication.

Il a rédigé cet article pour Contact (le bulletin des anciens de TRT). C'était une gageure que d'expliquer dans un langage simple les principes et l'évolution des «modems»! Nous avons trouvé cet article remarquable de clarté et avons souhaité en faire profiter nos lecteurs. Michel Stein et le comité de rédaction de Contact nous ont tout de suite donné leur accord et nous les en remercions chaudement.

Le texte est repris tel qu'il a été rédigé pour Contact. Les paragraphes qui font référence à l'histoire de TRT ont été mis en italique. Les lecteurs peuvent soit les sauter, soit découvrir la place qu'une société française avait prise dans ce domaine de pointe.

### Les premiers Pas

Les principes qui viennent d'être rappelés s'appliquent à toutes les formes de transmission numériques, et quel que soit le support de transmission utilisé. Dans le cas particulier de la téléinformatique à TRT, le problème était plus circonscrit: Il

s'agissait de permettre à deux terminaux de communiquer entre eux au moyen du support de transmission le plus répandu, un canal téléphonique.

Le mot terminal doit être pris dans son sens le plus général: un terminal informatique d'accès, une machine de traitement tel qu'un ordinateur, un noeud de réseau, etc. Un terminal peut être émetteur d'information, récepteur, ou le plus souvent, l'un et l'autre. Nous n'échapperons pas, cette fois encore à quelques définitions:

Si entre deux terminaux A et B l'information circule dans un seul sens, de A vers B par exemple, la liaison est dite unilatérale ou «simplex».

Si l'information circule dans les deux sens, nous devons distinguer deux cas:

- Si la transmission s'effectue en même temps dans les deux sens, la liaison est dite bilatérale simultanée ou «duplex» (et surtout pas «full duplex» comme on l'entend trop souvent).
- Si la transmission a lieu alternativement dans un sens et dans l'autre, on dira que la liaison est bilatérale à l'alternat ou «semi-duplex».
- Si les débits sont les mêmes dans les deux sens, la liaison est «symétrique», s'ils sont différents, la liaison est «asymétrique» ou «dissymétrique».

Un terminal comporte une ou plusieurs interfaces d'entrée-sortie numériques au niveau desquelles s'échangent généralement des signaux binaires et les

signaux d'horloge associés. Ces signaux ne sont pas directement applicables à un canal téléphonique dont la vocation est de transporter des signaux vocaux. Il est donc nécessaire de convertir les informations délivrées par le terminal «source» en signaux compatibles avec le canal téléphonique et de réaliser la conversion inverse à l'extrémité réception de la liaison. Un canal téléphonique est capable de transmettre des signaux sinusoïdaux de fréquence comprise entre 300 et 3400 Hz, la bande utilisable en pratique est en général plus étroite. La solution consiste à utiliser une onde sinusoïdale dont la fréquence est comprise dans la bande passante du canal et à la moduler par le signal numérique à transmettre. C'est pourquoi les convertisseurs de signaux sont communément appelés «modems», terme dérivé de «modulateur».

Les premières études de transmission numérique sur canal téléphonique ont été réalisées à TRT dans le cadre de la télégraphie harmonique. Elle consistaient à diviser la bande téléphonique en sous-canaux et à utiliser chaque sous-canal pour une liaison télégraphique à 50 ou 75 bauds. A la fin des années 50 et au début des années 60, des études avancées de transmission à 6 Kbit/s pour la transmission de la parole sous la forme numérique, puis pour la transmission de données à 4800 bit/s ont été menées par Jacques Daguët, Pierre BREANT et Claude Gaquere. Parallèlement; des études de modems 600 bauds avaient lieu en Hollande. C'est à partir de ces bases qu'ont démarré les premiers développements à vocation

industrielle sous la direction de Michel Coiron. Le premier modem construit en série, le Sematrans, est sorti en 1964. Il transmettait 600 ou 1200 bit/s et a équipé diverses administrations et sociétés, civiles ou militaires.

C'est à la même époque que sont apparues les premières recommandations du CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique). C'est grâce à cet organisme de normalisation, subdivision de l'UIT la mission de standardiser la transmission de données sur le réseau téléphonique et par conséquent les modems. Les organisations membres du CCITT habilitées à élaborer et à voter les textes des normes sont les opérateurs téléphoniques publics ou privés, mais les constructeurs ont la possibilité de participer aux délibérations, de proposer des solutions et apportent leur expertise technique. Dès le début, TRT, avec le soutien de l'Administration française, a joué un rôle actif dans ces travaux. Cette participation à la normalisation s'est révélée déterminante, elle a permis tout à la fois de maintenir en permanence un contact privilégié avec les acteurs majeurs du secteur, de suivre en temps réel les progrès de la technique, d'anticiper et parfois d'influencer la standardisation, d'acquiescer auprès des grands clients et prescripteurs que sont les opérateurs, une reconnaissance et une crédibilité au niveau international.

Les premiers modems ont été standardisés en 1964, ce sont les recommandations V21 (300 bit/s) et V23 (1200 Bit/s). A l'image des systèmes de télégraphie harmonique qui les avaient

précédés, ces modems utilisaient le principe de la modulation de fréquence. Les signaux étaient à deux états, chaque état étant représenté par une fréquence de l'onde porteuse. Ce système était le plus simple à mettre en oeuvre avec la technologie de l'époque. A la rapidité de 300 bauds, il était possible de diviser la bande téléphonique en deux sous-bandes, chacune étant utilisée pour un sens de transmission et donc de réaliser une transmission duplex symétrique à 200 bit/s sur une ligne téléphonique ordinaire «2 fils» du réseau commuté, celle à laquelle nous avons accès par notre prise téléphonique.

Malheureusement, pour des raisons qu'il serait trop long de développer ici, la technique de la modulation de fréquence est gourmande en bande passante et à 1200 bauds, la largeur de bande occupée par le signal ne permet pas de la partage de la bande téléphonique en deux sous-bandes égales, tout au plus peut-on la partager en une sous-bande large utilisée à 1200 bauds et sous-bande étroite susceptible de transmettre des signaux dans l'autre sens à 75 bauds. Le modem V23 permet donc une transmission duplex dissymétrique 1200/75 bauds ou une transmission semi duplex 1200/1200 bauds sur une ligne téléphonique ordinaire. Si l'on veut réaliser une transmission duplex symétrique à 1200 bauds, il faut faire appel à une ligne «spécialisée» 4 fils, autrement dit deux lignes 2 transmissions. Il va de soi que le coût de location d'une ligne spécialisée 4 fils est plus élevé que celui d'une ligne ordinaire.

Le modem 1200 bit/s de l'avis

V23, si frustré qu'il paraisse à côté des modems d'aujourd'hui, a pourtant connu une belle carrière. Le modem TRT Sematrans 1203, industrialisé vers 1970 a été produit à près de 20000 exemplaires par l'usine de Rouen. Le même principe de transmission a été mis en oeuvre dans le minitel, et TRT a participé pour une modeste part à cette aventure en coopération avec la Radio-technique.

Il est rapidement apparu que sur de nombreux plans, la Transmission de Données se différenciait nettement des autres secteurs de la société. Mis à part certains matériels comme les radio-altimètres, les fusées de proximité ou les mines, les matériels traditionnels de TRT faisaient plutôt l'objet de séries limitées, vendues à un petit nombre de clients institutionnels, avec la performance comme objectif principal. Dans le cas des modems, on a affaire à des séries relativement importantes, la clientèle est très diversifiée, les matériels doivent être peu coûteux et le prix revêt une importance au moins égale à la performance. Ces caractères spécifiques ont eu des conséquences importantes tant dans le domaine technique que dans le domaine commercial. Au plan technique, ils ont conduit à privilégier l'utilisation de circuits intégrés standard ou spécifiques, à attacher beaucoup d'importance à l'industrialisation et à la réduction des prix de revient. Au plan commercial, il a fallu s'organiser pour prospecter et gérer une multitude de marchés d'importance très variable, d'autant que, après une première phase de concurrence interne

au sein du Groupe, TRT a obtenu la responsabilité du domaine au niveau mondial pour l'ensemble de Philips, il a donc fallu superviser de nombreuses organisations commerciales nationales. le département commercial «Téléinformatique» a été confié en 1964 à François Béhar, bientôt rejoint par Pierre Buffet. Son activité, au départ exclusivement nationale, s'est étendue à l'international à partir de 1968, sous l'impulsion de Pierre Buffet. la responsabilité mondiale du domaine, au sein de Philips, a été obtenue après bien des péripéties en 1984, et a conduit, in fine, à la création du département International des Télécommunications d'Entreprise, sous la responsabilité de François Béhar.

## La course au débit

Au cours des quatre dernières décennies, nous avons assisté à une évolution extrêmement rapide des transmissions de données. En exposer le détail nécessiterait, au rythme de parution de Contact, une autre quarantaine d'années, et cela risquerait fort de lasser les lecteurs, ou leurs descendants...Nous nous contenterons donc d'un survol à haute altitude.

Le moteur de cette évolution est la recherche continue de débits toujours plus élevés. elle a pu s'accomplir grâce à plusieurs facteurs:

- L'amélioration de la qualité du réseau téléphonique.
- les progrès de la technologie, particulièrement en ce qui concerne l'intégration et les microprocesseurs.
- Les progrès des techniques de trai-

tement du signal.

pour mesurer le chemin parcouru, souvenons-nous que les premiers modems de série permettaient la transmission duplex sur la même ligne un débit de 56000 bit/s, soit 186 fois plus!

Pour obtenir ce résultat, il a fallu surmonter beaucoup d'obstacles liés aux caractéristiques du support de transmission utilisé, le canal téléphonique. parmi les principaux citons pêle-mêle:

- Bande passante limitée
- Distorsion d'amplitude
- Distorsion de temps de propagation
- Sauts de phase
- Décalage de fréquence
- Bruits
- Echos

Pour comprendre la nature de ces problèmes et les solutions qui ont pu être apportées, il est malheureusement nécessaire de s'appuyer sur quelques notions de théorie du signal.

## Effet de la limitation de bande passante

Nous avons vu précédemment qu'un signal numérique était caractérisé par le fait que ses échantillons prélevés au rythme d'une horloge synchrone de la succession des symboles appartiennent à un ensemble limité de valeurs bien définies. La transmission de ce signal à travers un filtre de bande passante limitée a pour effet de déformer le signal, et cela d'autant plus que la bande est étroite. Il en résulte que les valeurs des échantillons sont modifiées et si l'écart est supérieur à la moitié de la distance

qui sépare deux états du signal, on commet une erreur d'interprétation. On pourrait lutter de façon triviale contre ce phénomène en augmentant la bande passante du filtre ou, ce qui revient au même, en diminuant la rapidité de transmission, mais la bande du canal téléphonique n'est pas extensible et ce n'est pas en diminuant la rapidité de transmission que l'on augmentera le débit. Il existe heureusement une meilleure façon de procéder. La théorie nous indique que si nous considérons un signal numérique de rapidité  $R$  (mesurée en symboles par seconde), il existe une famille de filtres passe-bas qui, bien que déformant le signal, respectent les valeurs de ce signal aux instants d'échantillonnage. Le filtre le plus étroit de cette famille est le filtre rectangulaire idéal de fréquence de coupure  $f_c$  égale à  $R/2$ . Ce filtre irréalisable en pratique ne présente pas d'atténuation pour toutes les fréquences inférieures

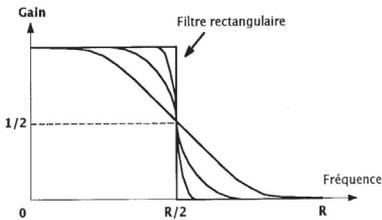


Fig. 2 : Exemples de filtres de Nyquist

à  $f_c$  (gain=1) et une atténuation infinie pour toutes les fréquences supérieures à  $f_c$  (gain=0). Les autres filtres répondant à ce critère ont une courbe de gain en fonction de la fréquence  $f_c$  et de gain  $1/2$ .

Ils doivent également remplir une condition relative au déphasage qu'ils introduisent : celui-ci doit varier linéairement en fonction de la fréquence. on désigne couramment ces filtres sous le nom de « filtres de Nyquist ».

Retenons simplement ceci: il est possible de transmettre un signal numérique à travers un filtre de bande passante  $B$  en respectant la valeur du signal aux instants d'échantillonnage pourvu que ce filtre respecte les conditions de gain et de phase d'un filtre de Nyquist. sa bande passante  $B$  obéit à l'inégalité :

$$B \rightarrow R/2$$

L'égalité correspond au cas limite irréalisable en pratique du filtre rectangulaire idéal.

Tout ce que nous venons de rappeler relativement à la transmission à travers un filtre passe-bas ne s'applique pas directement au canal téléphonique puisque ce dernier ne laisse pas passer les fréquences inférieures à 300Hz. Pour cette raison et quelques autres, on utilise une onde porteuse modulée par le signal numérique, qu'en est-il dans ce cas ?

### Cas des signaux modulés

Pour moduler une onde porteuse sinuïdale, on peut jouer sur deux et seulement deux paramètres indépendants: son amplitude et son angle de phase; la modulation de fréquence n'est qu'un cas particulier de la modulation de phase. Il est rapidement apparu que l'efficacité maximale en termes de bande passante et de résistance au bruit ne pouvait être obtenue qu'en jouant à la fois sur ces deux paramètres. Une

façon simple et imagée de représenter un signal modulé consiste à faire appel à la représentation vectorielle de Fresnel que nous avons tous utilisée sur les bancs du lycée pour l'étude des courants alternatifs. Dans un référentiel constitué de deux axes  $Ox$  est égal

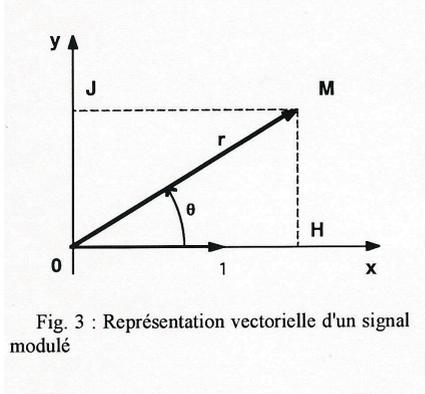


Fig. 3 : Représentation vectorielle d'un signal modulé

au déphasage du signal par rapport à l'onde porteuse non modulée. L'onde porteuse non modulée (amplitude égale à 1 et angle de phase égal à 0) est donc représentée dans le même référentiel par un vecteur de longueur 1 porté par l'axe  $Ox$ .

Au cours du temps, l'extrémité  $M$  du vecteur signal  $OM$  se déplace dans le plan selon une trajectoire continue et cette trajectoire contient l'information transportée par le signal. dans le cas des signaux numériques, le point  $M$  ne peut occuper qu'un nombre limité de positions aux instants d'échantillonnage, ce sont les «états» du signal, chacun de ces états correspond à une valeur de symbole. L'ensemble des états possibles du signal aux instants d'échantillonnage est donc représenté par une constellation de points dans le plan, on appelle

cette figure «diagramme spatial», elle caractérise la méthode de modulation utilisée.

Dans le mode de représentation que nous venons de définir, chaque état du signal est défini par deux coordonnées polaires amplitude et angle de phase. pour chaque valeur de symbole, on définira au moyen d'une table de correspondance une valeur d'amplitude et une valeur de phase. La succession des symboles se traduira donc par une succession de valeurs d'amplitude et une succession de valeurs de phases, soit deux signaux numériques qui serviront respectivement à moduler l'amplitude et la phase de l'onde porteuse.

Au lieu des coordonnées polaires, on pourrait tout aussi bien repérer chaque état du signal par ses coordonnées rectangulaires abscisse  $X$  et ordonnée  $y$ . De la même façon, le vecteur  $OM$  est égal à la somme de deux vecteurs  $OH$  et  $OJ$  de longueur  $x$  et  $y$ ,  $H$  et  $J$  étant les projections du point  $M$  sur les axes  $Ox$  et  $Oy$ . En raisonnant ainsi, on voit que le vecteur  $OJ$  est un signal obtenu en modulant en amplitude la porteuse par un signal numérique constitué des valeurs successives de  $x$  et que le vecteur  $OJ$  peut être obtenu en modulant en amplitude, au moyen des valeurs successives de  $y$ , une onde porteuse en quadrature (déphasée de  $90^\circ$ ) représentée par un vecteur unitaire porté par l'axe des ordonnées. Il y a donc équivalence entre modulation en amplitude et en phase d'une porteuse par les coordonnées polaires des points du diagramme spatial et addition de deux porteuses en quadrature, modulée en amplitude par

les coordonnées rectangulaires X et Y des mêmes points. Pour des raisons de simplicité de réalisation, c'est généralement ce deuxième mode que l'on adopte pour synthétiser le signal modulé.

Notons au passage que les deux porteuses en quadrature ainsi modulées occupent la même bande de fréquences, et qu'il en va donc de même du signal complet résultant de leur sommation. Cette bande est donc égale à celle qu'occuperait une seule porteuse modulée en amplitude par un signal numérique de même rapidité R (R étant la rapidité de succession des symboles du diagramme spatial). Mais quelle est donc cette bande?

Ayant suffisamment abusé de la patience du lecteur, nous nous contenterons de rappeler sans le justifier le résultat suivant:

Si le spectre d'un signal, c'est-à-dire la répartition de sa puissance en fonction de la fréquence, est limité à une fréquence maximale  $f_m$ , et si on module l'amplitude d'une porteuse sinusoïdale de fréquence  $f_0$  par ce signal, le spectre du signal modulé se répartit selon deux bandes latérales symétriques de part et d'autre de la fréquence  $f_0$ . La bande supérieure équivaut à une translation égale à  $f_0$  du spectre du signal modulant, et s'inscrit donc dans la bande  $f_0$ ,  $(f_0 + f_m)$ . La bande inférieure est symétrique de la précédente par rapport à  $f_0$  et se situe donc entre  $f_0$  et  $(f_0 - f_m)$ . Au total, les deux bandes latérales occupent donc une bande de fréquence centrée sur  $f_0$  et comprise entre  $(f_0 - f_m)$  et  $(f_0 + f_m)$ , soit le double de la bande occupée par le signal modulant, lui-même

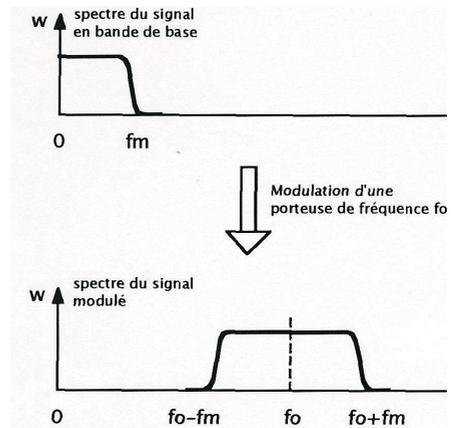


Fig. 4 : Spectre d'un signal modulé

souvent désigné par le terme «signal en bande de base».

Tout ce qui a été dit à propos de la limitation de bande des signaux en bande de base, c'est à dire la nécessité de respecter les conditions des filtres de Nyquist s'applique symétriquement à chacune des deux bandes latérales du signal modulé et l'inégalité devient après modulation :

$$B > R$$

**Michel Stein**

## Citations Informatiques

Informatique: alliance d'une science inexacte et d'une activité humaine faillible

*Luc Fayard*

C'est assez difficile de trouver une erreur dans son code quand on la cherche. C'est encore bien plus dur quand on est convaincu que le code est juste.

*Steve Mc Connell*

Le danger, avec les ordinateurs, ce n'est pas tellement qu'ils deviennent aussi intelligents que les hommes, mais c'est que nous tombions d'accord avec eux pour les rencontrer à mi-chemin.

*Bernard Avishai*

Le vrai problème n'est pas de savoir si les machines pensent, mais de savoir si les hommes pensent.

*B.F. Skinner*

Si on ment à un compilateur, il prendra sa revanche.

*Henry Spenser*

L'information n'est pas le savoir.

Le savoir n'est pas la sagesse.

La sagesse n'est pas l'amour.

L'amour n'est pas la musique, et la musique, c'est ce qu'il y a de mieux.

*Frank Zappa*

La question de savoir si un ordinateur peut penser n'est pas plus intéressante que celle de savoir si un sous-marin peut nager.

*E.W. Dijkstra*

On ne peut pas davantage créer des fichiers numériques non copiables que créer de l'eau humide.

*Bruce Schneier*

Compter en octal, c'est comme compter en décimal, si on n'utilisa pas ses pouces.

*Tom Lehrer*

Faire des logiciels, c'est comme chercher un chat noir dans une pièce sombre.

Faire des systèmes-experts, c'est comme chercher un chat noir dans une pièce sombre dans laquelle il n'y a pas de chat.

Faire de l'intelligence artificielle, c'est comme chercher un chat noir dans une pièce sombre dans laquelle il n'y a pas de chat et où quelqu'un s'écrie: «je l'ai!»

*Lu sur un tableau d'affichage de la syntelligence corp*

L'ordinateur est un appareil sophistiqué auquel on fait porter une housse la nuit en cas de poussière et le chapeau durant la journée en cas d'erreur.

*Philippe Bouvard.*

## General Motor contre Bill Gates

Lors d'un salon informatique (Comdex), Bill Gates a comparé l'industrie informatique avec l'industrie automobile pour obtenir la conclusion suivante:

*«Si General motors (GM) avait eu la même progression technologique que l'industrie informatique, nous conduirions aujourd'hui des autos coûtant 25 dollars et qui parcouraient 1000 miles avec un gallon d'essence».*

General Motors (via Mr Welch en personne) répondit ouvertement les choses suivantes lors d'une conférence de presse:

*Si General Motors avait développé sa technologie comme Microsoft, les voitures que nous conduirions aujourd'hui auraient les propriétés suivantes:*

1. Votre voiture aurait un accident sans raison compréhensible 2 fois par jour.

2. Chaque fois que les lignes blanches seraient repeintes, il faudrait racheter une nouvelle voiture.

3. Occasionnellement, une auto quitterait l'autoroute sans raison connue. Il faudrait simplement l'accepter, redémarrer l'auto et reprendre la route.

4. Parfois, lors de manoeuvres particulières, comme par exemple prendre une courbe à gauche, l'auto ferait un simple tout droit puis refuserait de repartir. Pour cela, il faudrait procéder à un échange standard du moteur.

5. Les autos ne seraient livrées qu'avec un seul siège, car il faudrait choisir entre «Cab95» et «CarNT». Chaque siège supplémentaire devrait être commandé à l'unité.

6. Macintosh développerait des voitures fonctionnant à l'énergie solaire, fiable, cinq fois plus rapides et deux fois plus légères. Mais elles ne pourraient emprunter que 5% des routes.

7. Les témoins d'huile, de température et de batterie seraient remplacés par un unique témoin «Défaillance Générale».

8. Les sièges exigeraient que chaque passager ait la même taille et le même poids.

9. L'airbag demanderait «Etes vous sur?» avant de s'ouvrir.

10. Occasionnellement, la condamnation centralisée de la voiture se bloquerait. Vous ne pourriez alors la réouvrir qu'au moyen d'une astuce, comme par exemple simultanément tirer la poignée de porte, tourner la clé dans la serrure et d'une autre main attraper l'antenne radio.

11. General Motors vous forcerait à acheter avec chaque voiture un jeu de cartes routières Deluxe de la société Rand Mc Nally (depuis peu filiale de GM), même lorsque vous ne souhaitez pas ou n'avez pas besoin de cartes. Au cas où vous ne prendriez pas cette option, la voiture roulerait 50% moins vite (ou plus). A cause de cela GM deviendrait une cible fréquente de procès.

12. A chaque fois que GM sortirait un nouveau modèle, chaque conducteur devrait réapprendre à conduire, car aucune des commandes ne fonctionnerait exactement comme dans les modèles précédents.

13. Enfin, il faudrait appuyer sur le bouton «démarrer» pour stopper le moteur.

***www.auduteau.net Conception et réalisation Alain Auduteau.***

# ACONIT

Association pour un conservatoire de l'informatique et de la télématique

12 rue Joseph Rey 38000 Grenoble

- France

Téléphone +33 04 76 48 43 60

info@aconit.org

www.aconit.org



L'association pour un conservatoire de l'informatique et de la télématique (ACONIT) a été créé en 1985, à Grenoble, par des ingénieurs d'EDF et Merlin-Gerin avec le parrainage de personnalités de l'Université et de l'industrie. Aconit a reçu le soutien de nombreuses institutions et organismes nationaux, régionaux et locaux.

Les missions de l'ACONIT sont :

- La conservation du patrimoine matériel, intellectuel et les savoir-faire constitués au cours de l'évolution de l'informatique. Mettre ce patrimoine à la disposition de tous.
- Contribution au développement et à la diffusion de la culture scientifique et technologique auprès du grand public.
- Susciter et soutenir des recherches pluridisciplinaires pour mieux comprendre l'informatique et ses interactions avec la société.

Aconit a constitué une des plus importantes collections européennes de matériels, de logiciels et documentations techniques et commerciales illustrant l'histoire de l'informatique.

