

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 88 (1962)
Heft: 20: Automation

Artikel: Applications des circuits logiques dans la transmission des informations numériques
Autor: Desblache, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-771851>

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: 26.01.2026

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

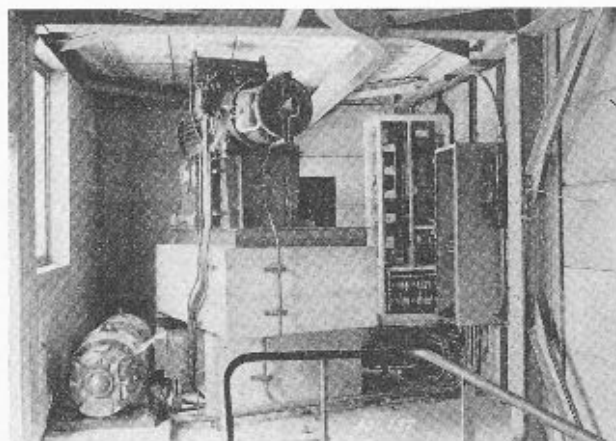


Fig. 20. — Salle des machines d'un ascenseur sélectif-collectif à Ward-Leonard. Au fond, à droite, armoire comportant l'automatisme et les organes de régulation. A droite, à l'avant, boîtier d'appareillage pour le groupe.

jusqu'à l'arrêt de l'ascenseur à l'étage désiré, toutes les opérations se font sans relais ni contacteurs, à l'exception d'un seul contacteur auxiliaire qui diminue l'excitation du moteur pendant les arrêts.

Calculateur de processus pour agglomération de minerais

Le dernier pas vers une automatisation de plus en plus poussée est fourni par le calculateur d'optimisation qui est également un élaborateur d'ordres mais ne se limite plus, comme l'élaborateur d'ordres logiques, à de simples décisions logiques : ses possibilités de calcul lui permettent de faire apparaître dans ces décisions des fonctions fort compliquées qui s'efforcent de représenter le mieux possible le processus à commander : le *modèle mathématique*.

Ce modèle mathématique qui relie entre elles toutes les variables du phénomène doit permettre au calculateur, en tenant compte des mesures qui lui sont fournies, de donner des consignes aux variables d'entrées en vue d'obtenir un certain résultat à la sortie.

Il est bon de préciser ces idées en se basant sur le problème en cours de réalisation : l'agglomération de minerais.

Consignes générales

Dans la majorité des cas, les consignes générales se rapportent aux résultats de sortie :

- rendement et prix de revient ;
- volume de production ;
- qualité du produit : l'aggloméré est notamment défini par sa composition chimique et sa constitution physique (granulométrie, friabilité, cohésion).

Dans d'autres fabrications, ces consignes pourraient également porter sur les proportions des matières premières à l'entrée ou les quantités relatives de produits finis (essence et fuels de différentes compositions, par exemple).

La consigne donnée au calculateur est d'optimiser l'une de ces valeurs ou une fonction qui en inclut plusieurs. Il n'est évidemment pas possible de demander au calculateur d'optimiser deux valeurs (sauf le cas pratiquement inexistant de deux variables indépendantes) : l'optimum de l'une ne saurait coïncider avec l'optimum de l'autre. Pour les autres valeurs, on doit se contenter d'imposer des contraintes sous lesquelles on ne descendra pas. Les caractéristiques de l'installation imposeront également d'autres contraintes : température maximum, etc.

Dans l'installation prévue, on cherchera d'abord à produire du bon aggloméré de qualité optimum.

Lorsqu'une qualité suffisante aura été atteinte, on pourra imposer cette qualité comme contrainte et demander un prix de revient minimum.

Mise en marche de l'installation

À la mise en marche de l'installation, le modèle mathématique que permet de bâtir la bibliographie existante n'est pas suffisant pour intégrer immédiatement le calculateur dans la boucle. Il fera uniquement du *data logging* : scrutation d'un grand nombre de mesures et du *data handling* : manipulation de ces données.

Lorsqu'une quantité suffisante d'informations aura été recueillie, une calculatrice à usage général recherchera les corrélations et bâtira un premier modèle mathématique qui sera alors fourni au calculateur de processus. À ce stade, on aura besoin d'un modèle de remise à jour qui devra corriger le modèle mathématique. Ce n'est que lorsqu'on disposera d'un modèle suffisamment sûr qu'il sera possible de passer à l'optimisation.

Conclusions

Ces quelques exemples montrent qu'aucun des procédés utilisés pour fournir les données à des automatismes à programme variable n'exclut les autres.

La chargeuse de haut fourneau fournit l'exemple d'un programme qui se reproduit constamment et peut être simplement affiché sur commutateurs. Les exemples à bandes et cartes perforées montrent plusieurs manières de donner les valeurs numériques : sur la bande dans le cas du tour, par des tableaux à fiches ou des fins de course dans le train réversible à billettes.

D'autre part, chaque exemple montre qu'il faut pouvoir intervenir dans tous les processus par des claviers, des commutateurs ou des boutons-poussoirs.

Le calculateur nous a montré, enfin, les grandes possibilités de l'optimisation qui n'excluent toujours pas, cependant, les interventions manuelles.

Il faut enfin souligner combien il est heureux que l'on dispose, à l'heure actuelle, pour ces problèmes, de circuits logiques statiques qui présentent la sécurité nécessitée par ces grands complexes et qui forment la transition idéale vers les calculateurs puisque tous deux emploient les mêmes techniques et le même langage.

621.391 : 53.083.7

APPLICATIONS DES CIRCUITS LOGIQUES DANS LA TRANSMISSION DES INFORMATIONS NUMÉRIQUES¹

par M. A. DESBLACHE²

Le problème de la transmission des informations en général est un vieux problème. Sans remonter plus haut que le XX^e siècle, on peut dire que celui-ci a été traité d'une manière extensive pour le téléphone et le télégraphe.

Pour le téléphone, il y a séparation complète des deux actions :

- 1^o Recherche du correspondant.
- 2^o Transmission de l'information parlée.

Les moyens logiques mis en œuvre pour la recherche du correspondant correspondent à une technique très

¹ Conférence présentée le 18 décembre 1962 devant la Section genevoise de l'Association suisse pour l'Automatique (ASSPA).

² Ingénieur, à la Compagnie IBM France.



Fig. 1. — Distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence.

empirique mais souvent difficile, par suite de la diversité des fonctions logiques associées à la recherche :

- sélection du correspondant ;
- sonnerie ;
- retour d'appel ;
- occupation ;
- taxation ;
- etc.

La technique télégraphique dissocie également la sélection du correspondant du message proprement dit, mais déjà les caractères codés représentant ces deux informations sont les mêmes, et rien ne permet de les distinguer en ligne, si ce n'est leur ordre d'arrivée. La plupart des systèmes de télégraphie distinguent cependant les fonctions de commutations et de transmission, en ce sens que les lignes de deux correspondants sont mises physiquement en communication par l'intermédiaire de contacts établis. Dans un nouveau type de commutation, il n'y a pas communication directe entre les deux lignes, mais les messages sont échangés par l'intermédiaire d'une mémoire qui joue le rôle d'un organe de stockage central. Les messages sont ensuite acheminés dans certaines directions grâce à l'analyse logique d'une partie de leur contenu comprenant l'indicatif du correspondant désiré.

On peut placer ces dispositifs dans une catégorie d'appareils que l'on appelle « échangeurs de messages ». Ces échangeurs seraient probablement l'outil idéal pour travailler à des vitesses supérieures à la vitesse télégraphique dans le domaine de transmission des informations numériques à des milliers de chiffres binaires à la seconde ; en effet, à de telles vitesses il devient aberrant d'utiliser des systèmes de commutation manuels ou électromécaniques qui demandent plus de temps pour connecter deux abonnés que pour transmettre un message.

Cependant, les premiers besoins de transmission d'informations à grande vitesse existent déjà et il faut bien les satisfaire à l'aide des moyens existants créés pour une autre destination.

Les problèmes posés par la transmission

Ce sera le but principal de notre étude de répondre à la question suivante :

Les machines numériques peuvent-elles utiliser les réseaux téléphoniques existants pour communiquer entre elles ?



Fig. 2. — Décalage des spectres des fréquences transmises en ligne.

Ce problème est certainement parmi les plus difficiles, mais quelle passionnante vue d'ensemble permet-il d'avoir sur la technique des télécommunications ! Adapter des machines à des conditions de fonctionnement aussi diverses que celles rencontrées dans la transmission de la parole humaine semble une gageure : d'un côté de la balance nous avons l'intelligence humaine et toute la souplesse de ses appareils vocaux et auditifs, de l'autre nous avons les machines qui pensent, seulement en fonction de ce qu'on a mis dans leurs boîtiers, à l'aide d'une logique basée sur la distinction du « zéro » et du « un ».

Nous allons voir que pour étudier ces problèmes posés, il faut examiner les techniques les plus terre à terre, comme l'analyse des contacts ou la réalisation des soudures, ou au contraire étudier les théories les plus abstraites de l'algèbre moderne pour construire le « langage » à utiliser par les machines.

Avant toute chose, il nous faut regarder de près la constitution du support qui assure (tant bien que mal parfois) la transmission de la voix humaine. Ce support ou canal téléphonique est défini principalement par les caractéristiques suivantes :

— Il assure la transmission d'une certaine bande de fréquences. La figure 1 donne un exemple de la caractéristique d'affaiblissement en fonction de la fréquence pour un circuit réel.

— Cette bande de fréquence transmise est décalée par exemple par rapport au 1000 pps transmis et peut être reçue comme du 1002 pps. Tout le spectre des fréquences transmises est lui aussi décalé fig. 2.

— La phase des ondes transmises est aussi décalée non linéairement en fonction de leur fréquence.

— Le canal est affecté de bruits d'origines variées : par couplage avec les circuits voisins, par les coupures brèves

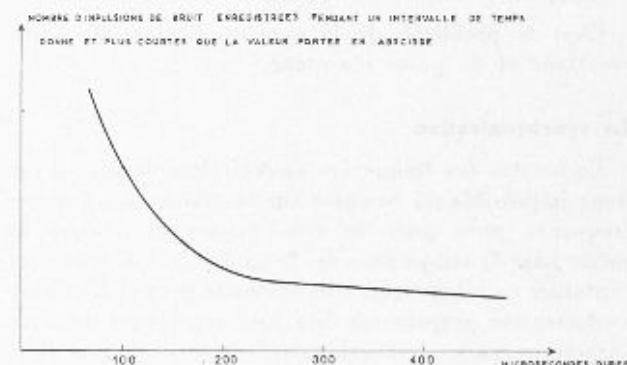


Fig. 3. — Distribution en durée des bruits sur une ligne téléphonique (les impulsions très courtes sont très nombreuses à l'arrivée de la ligne).

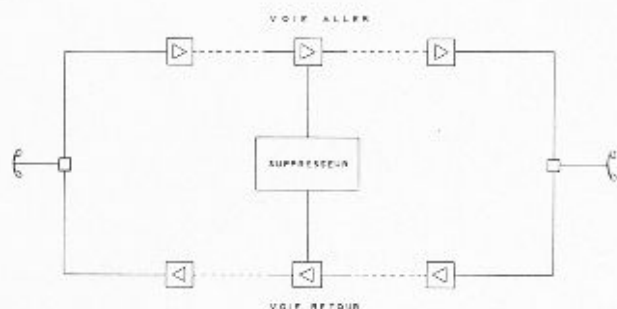


Fig. 4. — Supprimeur d'écho coupant le sens retour des communications sur liaisons longues.

des lignes, par décharge de la capacité formée par les lignes par vibration des contacts des sélecteurs électromécaniques dans les centraux.

Le bruit de fond calculé suivant les normes habituelles des téléphonistes est en général très bas (50 ou 60 décibels) au-dessous du niveau pratique de conversation ; l'oreille humaine est exigeante sur ce sujet, alors que les appareillages de transmission numérique le sont beaucoup moins et s'accommodent de niveaux de bruit beaucoup plus près du niveau du signal. Malheureusement, les bruits dits impulsifs dont nous avons parlé plus haut ne sont plus gênants pour l'oreille parce que leur durée est trop brève (celle-ci analyse les sons dont la durée est d'au moins 10 millisecondes). Il en est de même avec les coupures brèves alors que ces deux phénomènes deviennent catastrophiques pour une transmission à grande vitesse où nous avons des signaux élémentaires d'une durée d'environ 1 milliseconde. La figure 3 nous montre une distribution typique des impulsions de bruit sur une ligne téléphonique et montre que les impulsions très courtes sont très nombreuses à l'arrivée de la ligne.

Outre ces perturbations involontaires, notre appareillage va avoir à subir les dispositifs systématiques existant sur les lignes : supprimeurs d'écho par exemple, coupant le sens retour des communications sur liaisons longues (suivant le principe de la figure 4). Il y a aussi des impulsions de comptage des unités de taxation qui viendront brouiller complètement la transmission sur lignes à longue distance et bien d'autres dispositifs qu'il n'est pas de notre propos d'évoquer ici.

Finalement, si nous regardons la ligne téléphonique comme une boîte dont nous ne voulons pas percer le secret, nous allons constater que le signal envoyé d'une extrémité et qui code notre message en valeurs binaires 0 ou 1 à l'allure parfaite de la figure 5, alors qu'à l'autre bout nous allons trouver un signal plus ou moins déformé (ou distordu, comme disent les télégraphistes), et dont certains caractères auront même disparu pendant des périodes plus ou moins longues.

Le premier problème logique que nous avons alors à traiter est :

Comment reconnaître l'information du message reçu ?

C'est le problème de la synchronisation du poste émetteur et du poste récepteur.

La synchronisation

Le spectre des fréquences pouvait être décalé ; il est donc impossible de compter sur la transmission d'une fréquence pure pour se synchroniser et assurer la même base de temps dans des lieux distants de plusieurs centaines de kilomètres. Une méthode permet d'utiliser l'information proprement dite pour repérer les instants caractéristiques, c'est-à-dire les instants où l'on doit reconnaître si l'information reçue est un 1 ou un zéro.

La technique s'est ici fortement inspirée des dispositifs déjà existants en télégraphie où le même problème

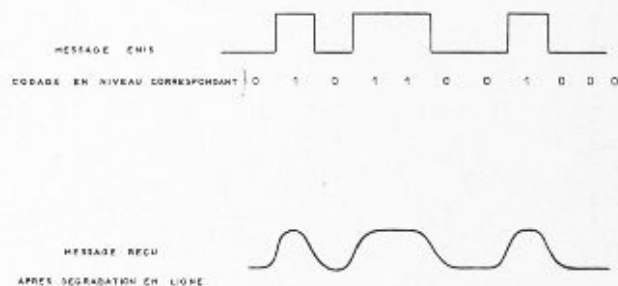


Fig. 5. — Messages échangés sur une ligne téléphonique (distorsion du message reçu par rapport au message émis).

existe et a été traité depuis fort longtemps ; cependant, l'utilisation des circuits purement électroniques est nécessaire et a permis la réalisation des dispositifs les plus souples.

Les systèmes appartiennent principalement à deux catégories :

1^o Les systèmes start-stop (fig. 6)

utilisés pour la transmission des messages courts. Dans ce cas, le dispositif est constitué essentiellement à la réception par un circuit oscillant à faible inertie : il lui suffit de quelques impulsions dérivées de l'information pour assurer une base de temps valable. Ces systèmes à faible inertie ont en contrepartie une faible précision dans le temps : la fréquence de la transmission de l'information étant f_1 , celle de l'oscillation libre du récepteur est f_2 avec $\frac{f_2 - f_1}{f_1}$ de l'ordre de quelques pour-cent.

La conséquence en est que les appareillages terminaux perdront vite leur synchronisme si l'émetteur cesse d'envoyer (suite de 0) ou envoie trop longtemps une suite de 1 (codage en niveaux).

2^o Les systèmes à grande inertie, ou systèmes synchrones

Dans ces systèmes, les fréquences propres f_1 et f_2 des deux équipements terminaux sont beaucoup mieux fixées. Par exemple, des oscillateurs pilotés par quartz permettent d'avoir des différences relatives de l'ordre de 10^{-4} ou 10^{-5} . Une fois mis en phase, ces oscillateurs sont capables de rester presque synchrones pendant des temps très longs à l'échelle des messages (10 000 informations binaires par exemple).

La figure 7 montre un système de synchronisation à démultiplieurs. Ce système est un véritable petit servo-mécanisme qui permet le rattrapage de phase entre l'information reçue et l'oscillation propre au récepteur. La fréquence F_2 de l'onde issue du quartz est divisée par 32 ; cependant elle peut être divisée par 31 ou 33 suivant que l'on veut accélérer ou ralentir l'oscillation propre au récepteur. De cette manière, une mise en phase progressive est réalisée et le démultiplieur fonctionne normalement avec une division par 32 de la fréquence de base.

Finalement, avant de pouvoir transmettre une information, les machines auront d'abord une série de signaux échangés pour pouvoir les mettre en état de travailler sur la même base de temps.

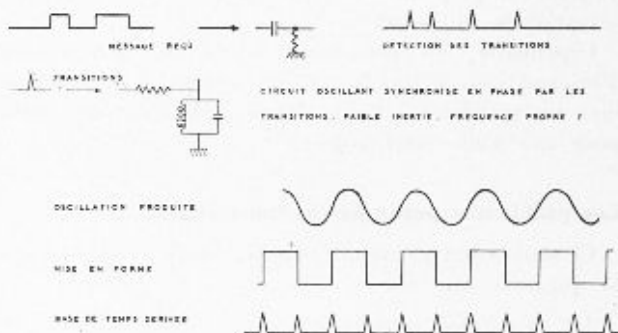


Fig. 6. — Principe d'un système à synchronisation rapide (système start-stop).

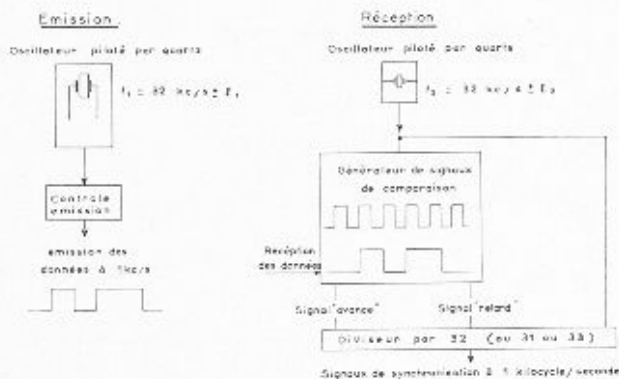


Fig. 7. — Système de synchronisation à démultiplieurs [rattrapage de phase entre l'information reçue et l'oscillation propre au récepteur].

Interprétation des messages

Maintenant, nous nous trouvons au cœur du problème : une fois la synchronisation réalisée, le récepteur délivre une séquence de signaux binaires qu'il va falloir interpréter.

Synchronisation des caractères

Tout comme les hommes, les machines utilisent en général des alphabets qui sont composés à l'aide d'un nombre fixe de signaux binaires ou bits. La machine devra cadrer le découpage des caractères dans le message reçu. Pour cela, il y aura généralement en tête du message une séquence caractéristique dont l'analyse fixera le départ de ce découpage que nous appellerons la synchronisation des caractères (fig. 8).

La structure « en caractère » du message ne pose pas de problèmes fondamentaux à la transmission ; elle a seulement à être connue par la machine pour la disposition des messages en mémoire et pour les transcriptions dans d'autres alphabets. Dans le reste de notre analyse, nous considérons le message formant un bloc de longueur donnée, n bits.

Nous appellerons bit l'élément d'information ou chiffre binaire (de l'anglais binary digit).

Avant de pouvoir coder nos messages, nous avons à nous poser le problème fondamental suivant :

Quelle est la répartition des erreurs que l'on peut attendre après une transmission de message ?

En effet, le code représente toutes les règles permettant l'interprétation de l'information, l'alphabet étant simplement un tableau de correspondance entre certains éléments définis par le code et les caractères utilisés dans notre langage humain.

En particulier, il sera inutile de définir les conditions de détection et correction des erreurs si l'on ne connaît pas à l'avance sous quelle forme elles apparaissent, et ce sera le but de notre développement suivant de connaître quels seront les résultats d'essais sur les réseaux à utiliser. Nous étudierons ensuite les codes utilisés dans les messages.

Etudes statistiques des résultats de transmission sur les lignes

Depuis plusieurs années, de nombreux organismes s'occupant de télécommunication se sont intéressés au problème de la transmission des informations numériques et des appareillages plus ou moins complexes ont été utilisés pour connaître la distribution des erreurs.

Ces appareillages peuvent être classés en plusieurs catégories :

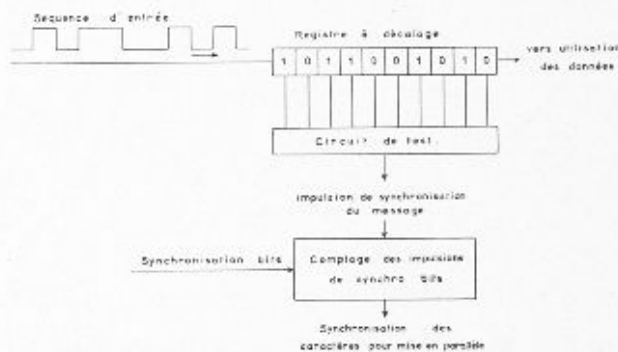


Fig. 8. — Reconnaissance de la synchronisation des caractères.

- Les modulateurs démodulateurs placés sur la ligne de transmission.
- Les générateurs de messages de test.
- Les équipements d'enregistrement des résultats.

Les machines à calculer classiques sont en outre utilisées pour effectuer les études statistiques sur les résultats.

Les modulateurs démodulateurs sont en général du type à modulation de fréquence (une fréquence f_1 est affectée à la valeur binaire 1 et f_2 pour la valeur binaire 0), à modulation par retournement de la phase de l'onde envoyée en ligne ou à modulation d'amplitude.

Les modulateurs de phase sont en général de deux types : ceux dont le codage est fait par comparaison de la phase avec une phase de référence (codage avec retour à zéro), et ceux dont le codage affecte une valeur binaire aux changements d'état (codage par transition ou non retour à zéro). En général, l'existence d'une transition est codée 0 et l'absence de changement de phase est codée 1. Ces deux modes d'utilisation nous intéressent au premier degré pour nos statistiques, parce que le codage par transition amène des erreurs doubles systématiques.

En effet, il est évident que la mauvaise interprétation de la phase due aux bruits en ligne amènera le changement d'un "zéro" en "un" et à la position suivante encore un changement de "zéro" en "un" ou de "un" en "zéro". On peut tenir compte de cette apparition systématique des erreurs doubles dans les études statistiques et obtenir des résultats comparables avec des méthodes différentes de codage.

Ces modulateurs permettent en général de travailler à des vitesses de modulation pouvant atteindre 2000 bauds¹. Des appareils plus perfectionnés permettent d'atteindre 4000 bauds ou plus.

Du résultat des études réalisées à ce jour, il apparaît que la vitesse de modulation ne change pas les types de lois auxquelles les résultats sont soumis. Nous devons cependant préciser que la plupart des essais faits à ce jour sur les réseaux téléphoniques commutés l'ont été à 1200 bauds. Les lignes point à point sans commutation sont essayées à des vitesses plus grandes ; en effet, le canal de transmission étant fixé, il est possible de compenser dans ce cas les distorsions d'amplitude et de phase qui peuvent exister.

Les générateurs de messages engendrent soit des messages de composition aléatoire, soit des messages fixes.

La génération des messages aléatoires se fait souvent à partir de bruit blanc. Les messages aléatoires permettent l'étude de la répartition des erreurs dans le temps, sans tenir compte de la structure même du message.

Les messages fixes sont créés à partir d'un organe de stockage (mémoire). Ils peuvent également être créés à partir d'un générateur qui utilise les propriétés des registres à décalage avec boucle de réinjection et dont nous traiterons un exemple dans le chapitre des codes.

¹ Le baud est l'unité de vitesse de modulation des télégraphistes, la vitesse de transmission de l'information étant elle exprimée en bits par seconde ; s'il n'y a aucun temps mort pour l'information, les deux vitesses sont égales.

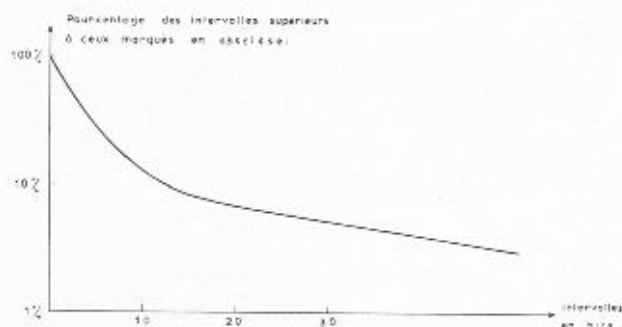


Fig. 9. — Distribution typique des intervalles entre les erreurs. L'échelle verticale étant logarithmique, une loi de Poisson aurait donné une droite partant du point 100 % [résultats d'essais].

A la réception, un générateur équivalent compare les données émises avec une génération locale et détecte les erreurs. Si l'on travaille en boucle, la comparaison à l'émission et à la réception est directe.

Les équipements d'enregistrement des résultats sont, soit des compteurs (qui donnent directement le nombre d'erreurs, le nombre de messages en erreur et toutes indications numériques voulues mais en nombre limité par le nombre de compteurs), soit des perforateurs de bandes de papier, soit encore des enregistreurs sur bandes magnétiques.

Comme exemple, notre compagnie a fait des essais en enregistrant à deux niveaux différents sur les deux pistes d'un enregistreur stéréophonique du commerce. Les quatre signaux enregistrés à la réception après démodulation étaient :

- La synchronisation,
- Le début de chaque message,
- Les erreurs détectées,
- Les coupures de ligne.

Le dernier signal était déclenché chaque fois que le niveau global des signaux reçus tombait en dessous d'une certaine valeur. Ces signaux permettent de localiser exactement les erreurs dans les messages et de procéder ensuite à tous les calculs statistiques nécessaires.

Pour effectuer les statistiques, on ne peut en général passer directement les résultats d'enregistrement sur une machine à calculer. Le processus d'entrée des données durerait beaucoup trop longtemps ; il faut comprimer les données ou effectuer une réduction des données ; finalement, ce qu'il y a d'important, c'est-à-dire la position de chaque erreur dans les messages est enregistrée sous forme de carte perforée ou de tout autre support utilisable par les calculateurs.

Des programmes ont été établis pour calculer les informations suivantes :

- Taux d'erreur moyen,
- Nombre moyen d'erreurs par message,
- Variation du nombre d'erreurs par message en fonction de la longueur de celui-ci,
- Taux des messages en erreur,
- Etude des paquets d'erreurs (deux paquets sont en général définis comme différents lorsque le nombre de bits corrects entre eux est au moins égal à un nombre donné appelé distance de garde),
- Variation des taux d'erreur en fonction de l'heure,
- Taux d'erreur en fonction de la position dans le message,
- Symétrie des erreurs : comparaison des changements de 0 en 1 et des changements de 1 en 0.

En fonction de divers codes, calcul des vitesses réelles des machines utilisant les canaux de transmission testés (efficacité) et étude de la sécurité, c'est-à-dire du nombre de messages faux qui ne seraient pas détectés.

En plus, des programmes spéciaux permettent de convertir les résultats obtenus par codage avec retour à Zéro (RZ) en résultats qui seraient obtenus par codage sans retour à Zéro (NRZ).

La figure 9 montre une distribution typique des intervalles entre les erreurs. L'échelle verticale étant logarithmique, une loi de Poisson pure aurait donné une droite partant du point 100 %. La partie courbe au départ met en évidence

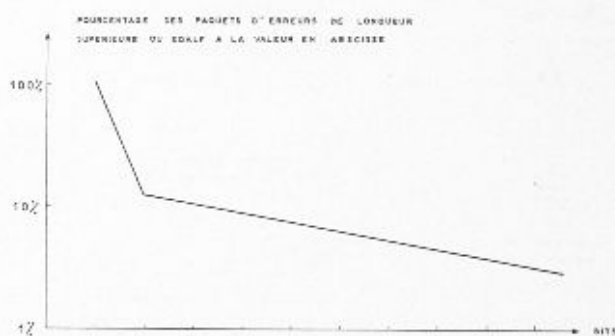


Fig. 10. — Distribution des erreurs dans les paquets ou groupes d'erreurs [résultats d'essais].

un phénomène de groupement des erreurs en paquets ; au-dessus d'une certaine distance, la courbe a tendance à devenir droite et on trouve une loi de Poisson pour les distances supérieures à 20 bits. Cette distance peut être prise comme espace de garde entre les paquets d'erreurs.

La figure 10 montre la distribution des erreurs dans les paquets ou groupes d'erreurs. Un grand nombre d'erreurs sont isolées, ce qui indique des perturbations en ligne dont la durée est inférieure à celle d'une information élémentaire.

Les paquets d'erreurs plus longs sont une longueur dont la distribution est exponentielle, ce qui indique une loi exponentielle pour la durée des perturbations.

La partie de la courbe varie légèrement avec l'espace de garde utilisé pour les calculs. A l'intérieur d'un paquet d'erreurs, le pourcentage des bits faux est très près de 0,5. Ceci indique la génération d'un message aléatoire pendant les perturbations et souligne la difficulté qu'il y aurait à reconnaître de l'information au milieu des bruits de ligne.

A l'intérieur des messages, le contenu lui-même de l'information a une influence sur la distribution des erreurs, mais ce phénomène est très difficile à analyser car il dépend non seulement du système de transmission, mais aussi de la ligne. Par exemple, dans certains cas on peut trouver que le dernier 1 d'une série de 1 est affecté d'un taux d'erreur bien supérieur à celui des autres éléments, ce qui peut être expliqué par les phénomènes de distorsion de temps de propagation en ligne.

Ces phénomènes doivent être connus pour obtenir les meilleurs messages de test des lignes et établir les séquences les moins sensibles aux bruits pour des fonctions particulières (synchronisation par exemple).

La distribution des erreurs en fonction de l'heure indique une forte corrélation entre l'activité humaine et les taux d'erreur, ce qui est normal puisque les réseaux téléphoniques supportent une charge plus forte pendant les périodes de pointe.

Le taux moyen des erreurs ne servira pas à grand-chose pour calculer l'efficacité des machines échangeant l'information. Par suite du groupement des erreurs en paquets, l'efficacité sera donnée par le taux des messages erronés plutôt que le taux des erreurs binaires.

Nous pouvons avoir des taux d'erreurs binaires de 10^{-3} , et cependant avoir 99 % des messages bons après transmission.

Détection et correction des erreurs dans les messages codes utilisés

Codes

On appelle « code » toutes les règles permettant l'interprétation de l'information.

Codes fixes

Ceux qui ont une loi déterminée pour tous les éléments (caractères ou blocs utilisés).

Codes systématiques

Ceux qui sur m bits comprennent toujours le même nombre n de bits d'information et un même nombre k de bits de vérification.

Tableau des divers codes

Codes fixes :	Une loi pour une longueur donnée du message.
Codes systématiques :	m bits d'information. k bits de vérification.
Codes linéaires :	k bits sont dérivés des m bits d'information par des combinaisons linéaires.
Codes cycliques :	Codes linéaires engendrés à l'aide de registres à décalage.

Fig. 11. — Tableau des divers codes.

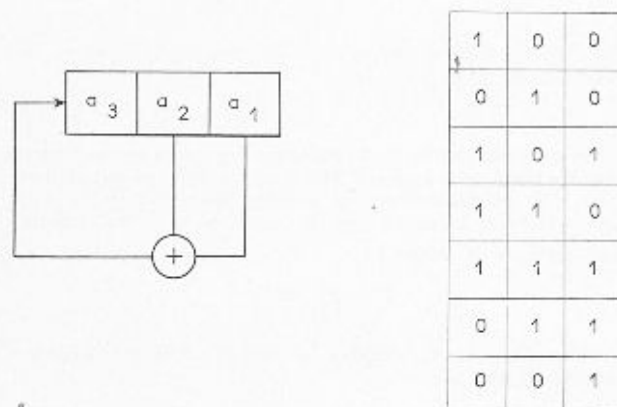


Fig. 13. — Exemple de code cyclique (registre bouclé sur son entrée par ses sorties a_1 et a_2).

Codes linéaires

Ce sont les codes systématiques dont les bits de vérification sont déterminés par des relations linéaires entre les bits d'information.

Codes cycliques

Ce sont des codes linéaires particuliers que nous allons étudier plus en détail. Ils sont très utilisés parce qu'ils permettent une réalisation pratique des circuits relativement économique.

En outre, nous parlerons des Codes récurrents :

Ils donnent les bits de vérification par des relations de récurrence entre les bits d'information : la loi en est indépendante de la longueur des messages.

Exemples de codes fixes

Parmi les codes fixes, les codes m de n utilisent un nombre constant de bits d'une polarité par caractères. Par exemple, le code 2 de 5 est très utilisé dans les calculateurs parce qu'il permet la réalisation d'un alphabet décimal. Il y a $C_5^2 = 10$ combinaisons possibles de 2 éléments pris parmi 5 (fig. 12).

Dans ces codes, on est parfaitement protégé par l'apparition d'erreurs simples. Cependant, les erreurs doubles qui font disparaître 1 bit et en créent un autre ne sont évidemment pas détectées. Ces codes sont intéressants dans les systèmes où les canaux de transmission sont dissymétriques c'est-à-dire où il y a tendance à ajouter des bits, par exemple dans le cas de la modulation d'amplitude sur une ligne bruyante.

Une des utilisations parmi les plus répandues des codes m de n est la transmission télégraphique par voie radio (système Van Duren). Le code utilisé est un code 3 de 7 avec vérification caractère par caractère et demande de retransmission du caractère erroné. Ce système est largement utilisé sur tous les réseaux radiotélégraphiques du monde.

Une autre vérification couramment utilisée est la vérification de parité : à la fin du caractère du bloc, on ajoute un bit qui égale la somme modulo 2 de tous les bits d'information (somme sans report).

Code 2 de 5

●	●				0
	●	●			1
		●	●		2
			●	●	3
●				●	4
	●		●		5
		●		●	6
●		●			7
●			●		8
	●			●	9

Fig. 12. — Exemple de code fixe : code 2 de 5 (10 combinaisons possibles : C_5^2).

Exemple de codes systématiques linéaires : les codes cycliques

Les codeurs décodeurs basés sur les codes cycliques utilisent des dispositifs appelés registres à décalage bouclés. Il nous est nécessaire d'étudier les principes de ces dispositifs avant de parler des codes cycliques.

Supposons le registre de la figure 13 bouclé sur son entrée par ses sorties a_1 et a_2 à travers un additionneur modulo 2. a_1, a_2, a_3 représentent les valeurs binaires des trois étages du registre. Deux états successifs du registre sont reliés par les relations suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Etat 1 : } & a_1 \ a_2 \ a_3 \\ \text{Etat 2 : } & a_2 \ a_3 \ (a_1 + a_2) \end{aligned}$$

Si l'état initial du registre est 100, il prendra successivement les états indiqués à la figure 13, c'est-à-dire toutes les valeurs possibles sauf 000.

On peut considérer les valeurs de a_1, a_2, a_3 comme les coordonnées d'un vecteur $\vec{V} = (a_1, a_2, a_3)$ et on a la relation suivante entre deux vecteurs \vec{V}_{i+1} et \vec{V}_i qui représentent des états successifs :

$$\vec{V}_{i+1} = \vec{T} \vec{V}_i$$

\vec{T} étant la matrice

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Finalement, les sept états successifs du registre sont donnés à partir d'un vecteur initial \vec{V} par

$$\vec{V}, \vec{T}\vec{V}, \vec{T}^2\vec{V} \dots \vec{T}^6\vec{V}$$

Ensuite, $\vec{T}^7\vec{V} = \vec{V}$ ou $\vec{T}^7 = (1)$ matrice d'identité.

Il y a une période égale à 7 dans le cycle des états successifs $\vec{T}^n = \vec{T}^{n+7}$, quel que soit le vecteur contenu au départ dans le registre.

Si nous essayons de généraliser sur un registre de longueur k avec des connexions de boucle $C_1, C_2 \dots C_k$, on a le schéma de la figure 14. Dans ce schéma, C_i est égal à 1 si la connexion est établie et $C_i = 0$ si la connexion est coupée.

De même que dans le cas particulier étudié, on aura la relation :

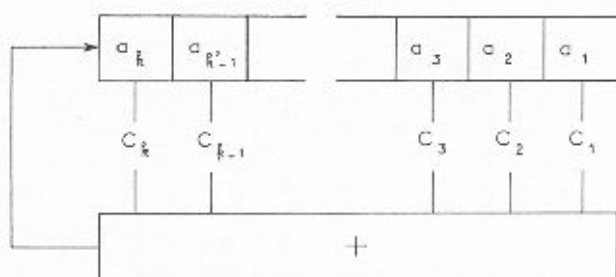


Fig. 14. — Généralisation du code cyclique (registre de longueur k avec des connexions de boucle C_1, C_2, \dots, C_k).

$V_{i+1} = \overline{T}V_i$ entre deux vecteurs successifs représentant les états du registre avec :

$$T = \begin{pmatrix} C_k & C_{k-1} & \dots & C_2 & C_1 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Cependant, tous les registres à décalage bouclés ne sont pas à longueur maximum; en partant d'un vecteur \vec{V} on ne sera pas sûr d'avoir les $2^k - 1$ états possibles du registre.

La théorie complète de ces registres montre que leur comportement est déterminé par l'équation caractéristique $F(T) = 0$ à laquelle T satisfait. Les équations caractéristiques qui permettent de parcourir un cycle complet au registre seront dénommées $M(kT) = 0$.

La matrice T du registre général a l'équation caractéristique suivante :

$$T^k + C_k T^{k-1} + \dots + C_2 T + C_1 = 0.$$

La génération des polynômes $M(kT)$ est très complexe; des tables ont été établies qui donnent les divers polynômes correspondant à des degrés déterminés. Pour le mathématicien, les polynômes $M(kT)$ sont des polynômes irréductibles et premiers.

Application aux codes

Considérons le message codé formé de m bits d'information $a_1 a_2 \dots a_m$, et de k bits de vérification $b_1 b_2 \dots b_k$.

Il se présente dans l'ordre temporel suivant :

$$b_k \dots b_2 b_1 a_m \dots a_3 a_2 a_1$$

en supposant qu'il soit transmis de gauche à droite. Pour déterminer les k bits de vérification, nous utilisons k équations à k inconnues qui s'écrivent :

$$b_k T^{n-1} \vec{V} + \dots + b_1 T^m \vec{V} + a_m T^{m-1} \vec{V} + \dots + a_2 T \vec{V} + a_1 \vec{V} = 0 \quad (2)$$

Les n vecteurs $\vec{V}, T\vec{V}, \dots, T^{n-1}\vec{V}$ étant tous différents, la matrice T satisfaisant à $M(kT) = 0$.

A la réception du message, il sera possible de calculer une expression analogue à (2) en utilisant un registre à décalage identique à celui du codeur. Nous obtiendrons alors :

$$b_k T^{n-1} \vec{V} + \dots + a_1 T^m \vec{V} + \dots + a_1 \vec{V} \quad (3)$$

Les a^i et les b^i représentant les valeurs des bits reçus. S'il n'y a pas d'erreur, l'expression (3) sera égale à zéro, sinon elle sera égale à un certain vecteur \vec{Z} appelé vecteur des erreurs, \vec{Z} a 2^k valeurs possibles et le système, par reconnaissance de \vec{Z} à la réception sera capable de reconnaître $2^k - 1$ erreurs différentes.

Par exemple, si $n = 2^k - 1$ le système sera capable de détecter et corriger toutes les erreurs simples dans le message. Si l'erreur arrive sur la position a_i , on aura en effet $\vec{Z} = T^{i-1} \vec{V}$ qui est différent de tous les autres vecteurs donnés par une erreur sur les autres positions du message.

Nous traiterons en exemple un code capable de corriger les erreurs doubles adjacentes dans un message.

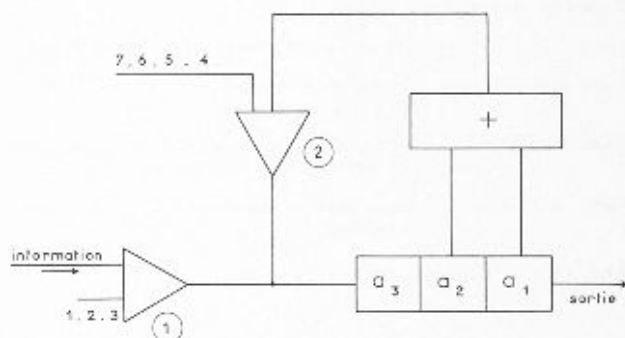


Fig. 15. — Codeur permettant de réaliser le calcul des vérifications 7, 6, 5, 4.

Ce code est identique au précédent qui corrige des erreurs simples mais on lui ajoute une position linéaire supplémentaire qui est simplement la somme modulo 2 de tous les bits transmis. Dans ce cas, la matrice de transformation des vecteurs \vec{V} devient :

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & T_1 \end{pmatrix}$$

Dans ce cas, T_1 satisfait à $M(kT_1) = 0$ et l'équation caractéristique est :

$$(T + 1) M(kT) = 0$$

avec

$$2^k - 1 = n$$

Supposons un message formé de trois bits d'information et de quatre bits de vérification $k = 3$.

En prenant $M(3T) = T^3 + T + 1$, on aura une équation caractéristique pour T :

$$T^3 + T^3 + T^2 + 1 = 0$$

ce qui correspond à une matrice :

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

et en prenant le vecteur $\vec{V} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

l'équation :

$$b_4 T^3 \vec{V} + b_3 T^2 \vec{V} + b_2 T \vec{V} + b_1 T^0 \vec{V} + a_3 T^2 \vec{V} + a_2 T \vec{V} + a_1 T^0 \vec{V} = 0$$

$$b_4 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + b_3 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + b_2 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + b_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + a_3 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + a_2 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + a_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = 0$$

Ces relations linéaires nous donnent alors la valeur des bits de vérification :

$$\begin{aligned} b_1 &= a_1 + a_2 \\ b_2 &= a_2 + a_3 \\ b_3 &= a_3 + b_1 \\ b_4 &= b_1 + b_2 \end{aligned}$$

chaque équation se déduit de la précédente par permutation circulaire. C'est une propriété générale des codes cycliques.

Nous voyons alors que la génération des bits de vérification va être très facile.

Le codeur de la figure 15 permet de réaliser le calcul des vérifications 7, 6, 5, 4. La porte 1 laisse passer l'information aux temps élémentaires 1, 2, 3, et la porte 2 la laisse passer aux temps 4, 5, 6, 7. Ce codeur nécessite un registre à décalage de longueur $n-k$. D'autres schémas équivalents permettent de réduire la longueur des registres à celle de la partie de vérification, soit k les éléments.

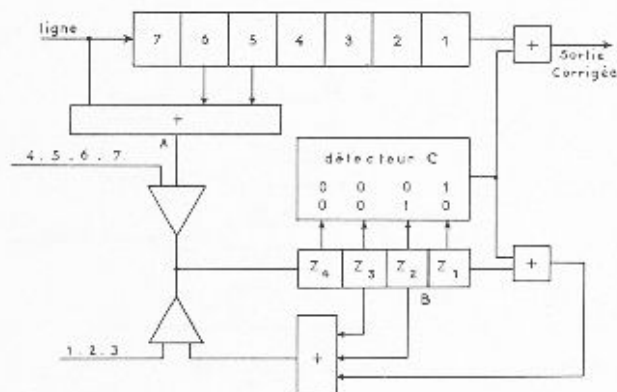


Fig. 16. — Décodeur.

Décodage

Le décodeur est montré à la figure 16. Il commence par calculer le vecteur des erreurs \vec{Z} :

$$\begin{aligned} Z_1 &= a_1 + a_2 + b_1 \\ Z_2 &= a_2 + a_3 + b_2 \\ Z_3 &= a_3 + b_1 + b_3 \\ Z_4 &= b_1 + b_2 + b_4 \end{aligned}$$

Les valeurs des Z indiquent la nature et la position des erreurs; elles sont introduites aux temps 4, 5, 6, 7 dans le registre B . Aux temps 1, 2, 3 suivants, B travaille comme un registre de décalage bouclé dont la matrice est T^{-1} .

Supposons qu'une erreur simple survienne: $\vec{Z} = T^{r-1} \vec{V}$ et le réseau de détection c indiquera une coïncidence après $r-1$ décalages. La sortie de c viendra corriger les données.

Si maintenant nous supposons des erreurs adjacentes en position r et $r+1$, le vecteur \vec{Z} sera:

$$\vec{Z} = T^{r-1} (1 + T) \vec{V}$$

A nouveau la séquence $(1 + T) \vec{V}$, soit $(0 0 1 0)$ sera détectée dans c après $r-1$ décalages et le r^{e} bit sera corrigé. Le circuit de détection ajoute \vec{V} au contenu $(1 + T) \vec{V}$ du registre B de telle façon qu'il ne contient plus que $T \vec{V}$; ceci conduira à la détection de \vec{V} au prochain temps élémentaire et par suite déterminera la correction du $r+1^{\text{e}}$ bit.

Utilisation pour la détection des erreurs

Un code cyclique utilisant k check bits sera capable de détecter des paquets d'erreurs de longueur $k+1$ (sauf un paquet particulier).

Ceci peut être démontré facilement. Le vecteur des erreurs \vec{Z} est dans le cas d'un paquet de longueur $k+1$:

$$T^{k+1} \vec{V} + \alpha_k T^k \vec{V} + \dots + \alpha_2 T^2 \vec{V} + \alpha_1 T \vec{V}$$

$$\text{ou } T^k (T \vec{V} + \alpha_k T^{-1} \vec{V} + \dots + \alpha_2 T^{-k+2} \vec{V} + \alpha_1 T^{-k+1} \vec{V})$$

Les α_i étant égaux à 1 ou 0 suivant l'existence ou non d'une erreur.

Le polynôme caractéristique du code $M(kT) = 0$ est le polynôme de plus petit degré satisfaisant à une équation $F(T) = 0$ et par suite le vecteur erreur \vec{Z} ne peut être nul. La détection des erreurs consistera simplement à vérifier si le registre contenant le vecteur \vec{Z} a des coordonnées non nulles. Un seul groupement d'erreur de longueur $k+1$ ne sera pas reconnu; c'est celui qui est représenté par le polynôme $M(kT)$ lui-même.

Avantages principaux des codes cycliques

- Détection des groupes d'erreurs.
- Faible nombre de bits de vérification.
- Réalisation pratique avec un minimum de matériel.

Codes récurrents

Ces codes sont définis indépendamment de la longueur des messages. On introduit entre chaque bit d'information

p = probabilité d'un message erroné non détecté.

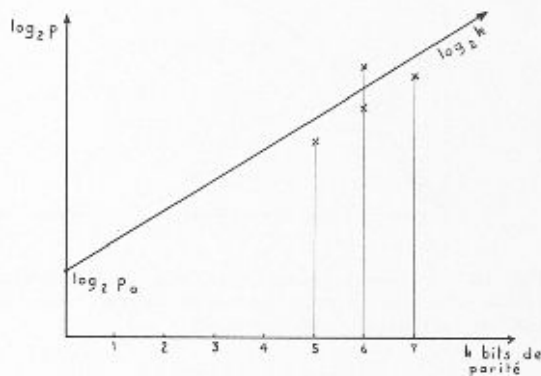


Fig. 17. — Evaluation de la qualité d'un code.

un bit de vérification. De cette manière, le message primitif:

$$I_1 I_2 I_3 \dots I_k \dots$$

devient

$$C_1 I_1 C_2 I_2 C_3 I_3 \dots C_k I_k \dots$$

et chaque bit de parité est défini par une relation telle que:

$$C_i + I_{i+m} + I_{i+n} = 0 \text{ mod. } 2.$$

On engendre ainsi d'une façon continue des bits de parité à l'aide d'une information qui en est éloignée d'une distance constante. Ces codes permettent de corriger des erreurs groupées en paquets et conviennent à une transmission continue de l'information. Cependant, ils nécessitent 50 % de redondance dans l'information transmise.

Sécurité que l'on peut attendre des codes détecteurs d'erreurs

Si la vitesse de transmission dépend de la correction des erreurs, la détection des erreurs sera, elle, responsable de la sécurité des transmissions et le problème fondamental qui se pose est: quelle est la probabilité d'avoir un message erroné non détecté?

Supposons que le message de n bits comprenne k bits de vérification et que les divers types d'erreurs soient également probables. Pour un message transmis, il y a alors $2^{n-k} - 1$ messages faux possibles à l'arrivée; ces messages correspondent à 2^k groupes possibles de vérification. Il y a donc 1 chance sur 2^k pour que l'on trouve à l'arrivée un message situé dans le même groupe de vérification. Il sera alors non détecté. Nous apercevons alors la règle fondamentale suivante: la probabilité de trouver un message erroné non détecté dépend seulement du nombre de bits de vérification et non de la longueur de l'information elle-même.

Ce résultat suppose une répartition égale de tous les types d'erreurs, ce qui n'est pas vrai, mais nous avons vu que les codes utilisés sont adaptés à la forme même des types d'erreurs qui apparaissent. Finalement, nous allons pouvoir apprécier la valeur d'un code en le comparant à cette distribution équiprobable des messages erronés.

La figure 17 indique comment on peut évaluer la qualité d'un code.

Tout d'abord, si $k = 0$, la probabilité p_0 d'avoir un message erroné non détecté dépend seulement de la ligne; c'est la probabilité d'avoir un message faux. La droite à 45° indique la probabilité d'avoir un message faux non détecté pour $k = 1, 2, 3 \dots$ bits de parité

$$p = p_0 2^{-k}$$

d'après ce que nous avons vu.

Les points marqués indiquent les résultats expérimentaux obtenus avec des codes de types différents; plus ils sont hauts placés, plus le code correspondant est efficace. On catalogue en général les codes cycliques par leur polynôme caractéristique $M(kT)$. Par exemple, les codes $T^{12} + T + 1$, $T^{12} + 1$.

Le résultat très appréciable est que pour de nombreux codes, les points se trouvent près de la droite d'équipartition des messages faux. La conséquence fondamentale est que le taux d'erreur non détecté varie comme 2^{-k} .

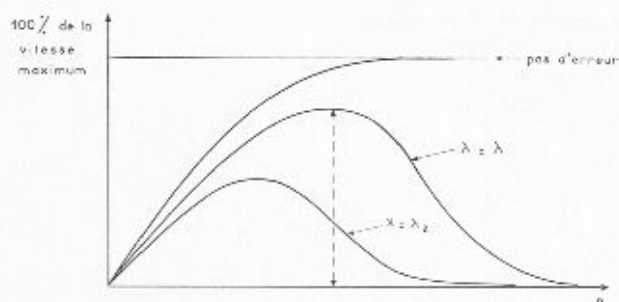


Fig. 18. — Aspect général des courbes représentant la vitesse effective en pour-cent de la vitesse réelle, en fonction de la longueur des messages.

Cette loi est excessivement intéressante car elle permettra à l'utilisateur des machines de passer avec peu de redondance depuis des taux de messages erronés non détectés de 10^{-4} à 10^{-8} ou 10^{-10} c'est-à-dire qui deviennent négligeables devant les taux admissibles par les utilisateurs les plus exigeants.

Systèmes utilisant les transmissions par bloc d'information

A. Systèmes semi duplex

Le plus souvent, les lignes de transmission ne sont utilisables qu'à l'alternat, exactement comme pour une conversation entre personnes humaines. Dans ce cas, une machine envoie des messages d'une certaine longueur: n éléments et attend après chaque message transmis un signal en retour lui indiquant que l'information a été bien reçue, ou au contraire qu'une erreur s'est glissée en cours de transmission, qu'elle a été détectée mais non corrigée. Dans ce dernier cas, il faut retransmettre le message et les systèmes semi duplex sont équipés de dispositifs permettant la retransmission du message en cas de mauvaise réception par le correspondant. Le principal problème qui se pose alors à l'utilisateur du système sera celui de définir la longueur n des messages transmis. Si celui-ci est très court, on perdra beaucoup de temps dans les attentes des réponses. S'il est très long, la probabilité de transmettre un message correct va être trop petite et il faudra faire de nombreuses retransmissions avant de pouvoir envoyer un message sans erreur.

Il faut laisser écouler un certain temps entre la fin d'un message et le début du message suivant; cet intervalle est dû à la durée de la transmission dans chaque sens, au temps nécessaire pour recevoir l'information en retour et l'analyse, et enfin dans certains cas, il faudra allouer une marge pour pouvoir basculer les supprimeurs d'écho en ligne. Soit p ce temps exprimé en bits.

La vitesse réelle de transmission qui est B bits par seconde va devenir:

$$\frac{Bn}{n+p}$$

si l'on suppose que la transmission n'est pas entachée d'erreur.

Si l'on suppose que les erreurs arrivent par paquets indépendants à une distance moyenne λ (loi de Poisson), la vitesse va alors devenir:

$$\frac{Bn}{n+p} \cdot e^{-\frac{n}{\lambda}}$$

La figure 18 donne l'aspect général des courbes indiquant la vitesse effective en pour-cent de la vitesse réelle en fonction de la longueur des messages.

Les courbes mettent en évidence des points de fonctionnement optimum pour une qualité donnée de la ligne; cependant, on devra faire très attention aux variations de qualité de la ligne au cours d'une journée et ajuster les longueurs de message sur une valeur pessimiste plutôt

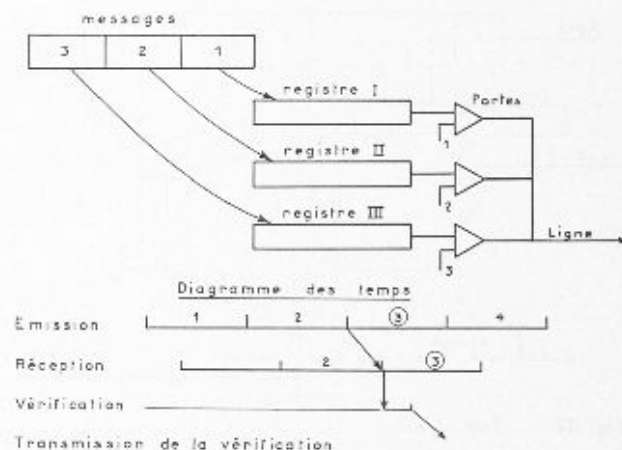


Fig. 19. — Principe de transmission du système duplex total.

qu'optimiste du taux d'erreur, sinon le rendement des machines tomberait très bas à certaines heures. L'ordre de grandeur des longueurs de messages envoyés en ligne dans des conditions satisfaisantes est de 500 à 5000 bits pour les lignes usuelles.

B. Systèmes « duplex total »

Ces systèmes utilisent un canal de retour, soit parce que les deux sens de transmission ont été séparés dans les lignes téléphoniques, soit parce que le canal téléphonique a eu sa bande subdivisée en deux parties. Dans ce dernier cas, la bande réservée au contrôle de l'information transmise est en général plus faible; par exemple 200 cycles sont réservés pour le canal de supervision et 2000 cycles sont réservés pour la transmission de l'information proprement dite.

Tout ce que l'on demande en général au canal de supervision, c'est de retransmettre l'information « bon » ou « mauvais » après la transmission d'un message. Dans ce cas, quelques bits sont suffisants et ils sont envoyés à faible vitesse, 50 bauds par exemple. Un des avantages du système duplex total, c'est que l'on peut envoyer des messages sans interruption. La figure 19 nous donne le principe de cette transmission.

Les messages chargent circulairement les registres I, II, III, et ces derniers sont envoyés en ligne dans l'ordre d'arrivée. Le diagramme montre le temps nécessaire pour reconnaître que le message 2 est bon. Si 2 est mauvais, il faut retransmettre les messages 2 et 3 des registres pour permettre de conserver l'ordre de succession des messages en ligne. Les portes 1, 2, 3 sont ouvertes une à la fois pour laisser passer le message convenable.

Les systèmes « duplex » permettent également le transfert des informations dans les deux sens, à condition d'intercaler des messages de contrôle en temps voulu.

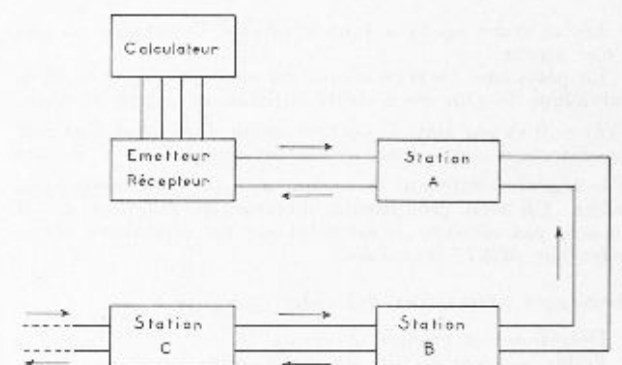


Fig. 20. — Exemple de système utilisant des canaux de transmission communs à plusieurs utilisateurs (plusieurs stations émettrices réceptrices de messages communiquant avec un ordinateur central).

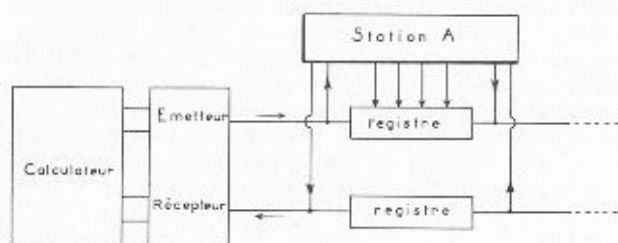


Fig. 21. — Exemple de système utilisant des canaux de transmission communs à plusieurs utilisateurs (les stations ont toutes des horloges ou bases de temps synchrones).

C. Systèmes à canaux communs de transmission

Certains systèmes utilisent des canaux de transmission communs à plusieurs utilisateurs. C'est le cas de plusieurs stations émettrices réceptrices de messages qui communiquent avec un calculateur central, figure 20.

Dans ces systèmes, les messages émis sont précédés d'un préfixe indicatif. Ce préfixe est analysé par toutes les stations pour connaître le destinataire. En général, les stations interrogent le calculateur pour demander des renseignements ou effectuer des transactions. Pour éviter l'occupation des lignes par des messages simultanés, l'ensemble du réseau est dirigé par le programme du calculateur ; il donne successivement aux stations l'autorisation d'émettre. La station envoie un message court qui doit être synchronisé rapidement à la réception. En retour, le préfixe permet d'adresser les réponses au bon destinataire.

Les stations éloignées A B C... doivent alors posséder des organes de stockage de l'information à transmettre. Le réseau fonctionne d'une manière asynchrone ; chaque extrémité a une base de temps qui lui est propre.

Dans le système de la figure 21, au contraire, toutes les stations ont des horloges ou bases de temps synchrones. Les stations peuvent avoir des horloges très stables synchronisées par les données passant sur la ligne. Les lignes passent en série dans des registres à décalage dont la longueur est au moins égale à celle d'un message. La station se porte en écoute à l'entrée du registre ; si aucun message n'est en cours de transmission, elle peut envoyer le sien en un seul

temps en parallèle dans le registre et faire transmettre en ligne le contenu de ce dernier.

D. Systèmes divers

Des systèmes divers sont basés sur les concepts de transmission par message que nous avons développés.

Signalons en particulier le cas des émissions sans contrôle en retour qui peut être le cas des engins téléguidés. Dans ce cas, on comprendra l'importance des codes correcteurs d'erreurs pour avoir le maximum de probabilité d'avoir à la réception un message bon.

En plus, toute une catégorie nouvelle de machines est en train de naître pour reconnaître, stocker, assembler, retransmettre des messages. Des machines analogues pour les vitesses faibles sont déjà en service dans les centraux télégraphiques les plus récents ; nous pouvons les appeler échangeurs de messages.

Conclusions

L'apparition des machines à calculer a créé un nouveau besoin dans le domaine des télécommunications, c'est celui de la transmission à grande vitesse des messages. La vitesse du télégraphe a permis de couvrir les besoins de transmission à vitesse humaine et les grandes vitesses sont nécessaires aux machines qui manipulent des quantités énormes de données. Si les principes fondamentaux sont connus depuis longtemps, la souplesse de l'électronique permet des réalisations bien plus ambitieuses et ce n'est pas un maigre résultat de savoir que des messages transmis sur des lignes imparfaites, et non créées pour ce besoin particulier, sont reçus avec une précision et une sécurité qui dépasse tout ce que l'esprit humain peut concevoir. Mais ce résultat n'est peut-être qu'une étape vers un projet beaucoup plus ambitieux : la communication directe des hommes avec les machines qui interpréteront, calculeront et répondront à l'interlocuteur humain. Il reste encore beaucoup de chemin à faire pour y arriver.

BIBLIOGRAPHIE

Pour le tourneur-mécanicien : **Technologie professionnelle appliquée. — Tome I : Les machines, les outils, coupe des métaux, montages, opérations d'usinage, contrôle**, par E. Sodano, professeur technique, chef d'atelier d'école d'industrie. 4^e édition. Paris, Dunod, 1962. — Un volume 12x18 cm, xviii + 280 pages, nombreuses figures. Prix : broché, 5,80 NF.

Cet ouvrage, en deux volumes, réalise une parfaite liaison entre la théorie technologique et la pratique. Cette liaison est d'ailleurs le résultat d'expériences vécues, bien souvent faites sur le « tas » par un professionnel doublé d'un enseignant. Rédigé avec la clarté et la simplicité que l'on trouve dans les autres ouvrages de l'auteur, il constitue un guide complet, sans cesse amélioré, d'initiation rationnelle et d'adaptation facile aux travaux de mécanique.

S'adressant particulièrement aux élèves des collèges d'enseignement technique, des écoles professionnelles et des centres d'apprentissage, son utilité débord largement du cadre purement didactique, car en fait, les ouvriers, les techniciens et tous ceux qui, dans l'industrie, ont à traiter de l'usinage des métaux, sont à même d'y puiser une documentation abondante et utile.

Sommaire :

Les machines. Description du tour parallèle. Eléments caractéristiques des outils. La coupe des métaux. Montage des pièces entre pointes. Montage des pièces en plateau. Montage mixte. Montage en mandrins de reprise. Opérations de tournage extérieur. Opérations de tournage intérieur. Vérification et contrôle des dimensions.

STS

SCHWEIZER. TECHNISCHE STELLENVERMITTLUNG
SERVICE TECHNIQUE SUISSE DE PLACEMENT
SERVIZIO TECNICO SVIZZERO DI COLLOCAMENTO
SWISS TECHNICAL SERVICE OF EMPLOYMENT

ZÜRICH, Lutherstrasse 14 (près Stauffacherplatz)

Tél. (051) 23 54 26 — Télégr. STSINGENIEUR ZÜRICH

Emplois vacants

Section industrielle

243. *Technicien électricien ou mécanicien*, éventuellement *technicien en génie civil* ayant des connaissances d'électrotechnique, pour projets, offres, surveillance de montage et le service commercial. Installations de signaux de circulation routière. Fabrique. Berne.

245. *Ingénieur électricien* EPF ou EPUL, ayant quelques années de pratique dans le domaine de l'électronique industrielle, pour conseiller la clientèle et former les représentants en France et Allemagne de l'Ouest. Langues : français et allemand. Stage au laboratoire. Fabrique d'appareils électroniques. Canton de Zurich.

247. *Ingénieur ou technicien en chauffage*, ayant quelques années de pratique comme chef de département en chauffage central. Argovie.

249. *Aide de laboratoire* (homme ou femme), ayant fait un apprentissage en chimie analytique. Institut scientifique. Zurich.

Sont pourvus les numéros, de 1960 : 263, 327, 365, 411 ; de 1961 : 153, 167, 233, 325, 329, 401 ; de 1962 : 147.

Section du bâtiment et du génie civil

440. Un *architecte*, un *technicien en bâtiment* et un *dessinateur ou dessinatrice*, pour travaux de bureau. Bureau d'architecture. Lausanne.