

# HUITIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 1<sup>er</sup> au 5 JUIN 1981

---

TRANSMISSION D'IMAGES ET CODES CORRECTEURS D'ERREURS :

SITIN-PBD ET DOLVRON-1

M<sup>elle</sup> M.C. GENNERO, M<sup>rs</sup> F. DELAMOTTE, A. PCLI

A.A.E.C.C. , lab. L.S.I. Université P.SABATIER, 118 r<sup>te</sup> de Narbonne , 31077 TOULOUSE Cédex - FRANCE

---

## RESUME

Nous présentons un bref survol d'une expérience faite au laboratoire L.S.I. de l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE. Cette expérience consiste à utiliser des codes correcteurs d'erreurs lors d'une transmission d'images numérisées au travers d'un canal bruité. La version hardware de cette expérience permet de traiter des images en temps réel.

## SUMMARY

We give an outline of an experiment, made in laboratory L.S.I. (university Paul Sabatier, TOULOUSE, FRANCE). That experiment consists to use error correcting codes when numerical transmission is done with noisy channel. The hardware experiment gives results immediately (1/25 s).



TRANSMISSION D'IMAGES ET CODES CORRECTEURS D'ERREURS : SITIN-PBD et  
DOLVRON-1.

Auteurs : M<sup>elle</sup> M.C. GENNERO, M<sup>rs</sup> F. DELAMOTTE, A. POLI

INTRODUCTION. L'utilisation de codes correcteurs d'erreurs dans la transmission de données digitalisées reçoit une impulsion nouvelle, grâce aux récents progrès de la technologie.

Un certain nombre d'applications **ont** déjà été réalisées. La plus spectaculaire est sans doute l'obtention très récente des images de Saturne. D'autres applications ont été décrites en particulier lors du colloque organisé par le C.C.E.T.T. (Rennes - avril 1980) "Traitement des erreurs en transmission numérique", où nous avons présenté certains de nos résultats (1).

L'expérience que nous nous sommes proposée est, à notre connaissance, originale en Europe : appliquer une protection par des codes correcteurs à des images numérisées comprimées. Deux versions de notre travail ont vu le jour.

SITIN-PBD et DOLVRON-1.

SITIN-PBD est la version software, et l'automate électronique DOLVRON-1 est la version hardware. Ces deux versions nous ont paru nécessaires, car chacune a des avantages spécifiques

- . SITIN-PBD est un logiciel paramétré, ayant de grandes capacités d'adaptation à des codes variés
- . DOLVRON-1 permet de visualiser, sur trois moniteurs vidéo, respectivement l'image initiale (IM1), l'image initiale brouillée (IM2), l'image initiale codée, brouillée, décodée (IM3). DOLVRON-1 opère en aval d'une caméra vidéo, en temps réel.

BASES THEORIQUES DE NOTRE TRAVAIL.

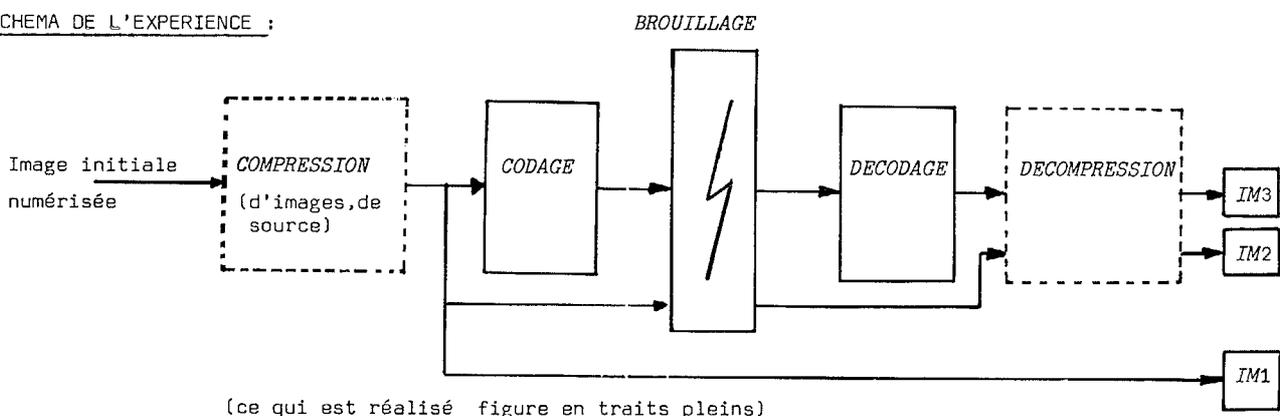
Les bases théoriques de notre expérience sont les suivantes :

- (A) Compression mixte d'images : utilisation d'un codage par plages, allié à un D.P.C.M.
- (B) Protection des données transmises, par des codes correcteurs.
- (C) Simulation de brouillages, modélisation.

SITIN-PBD et DOLVRON-1 ne traitent pas du point (A). L'étape (A) n'est pas achevée.

Nous n'exposerons donc, dans ce qui suit, que les points (B) et (C).

SCHEMA DE L'EXPERIENCE :



EXPOSE DES MODULES REALISES.

I- CODAGE PAR DES CODES CORRECTEURS.

Le principe est de rajouter à l'information à transmettre une redondance volontaire. Souvent, dans la pratique, il est demandé que le taux de redondance soit inférieur à 10%. Dans certaines applications cependant (satellites très lointains, transmission en milieu très hostile -canal ionosphérique, liaisons sous marines protection à hautes sécurité) on doit envisager des taux de redondance allant jusqu'à 50% et même davantage (satellite Hermes).

L'information est décomposée en blocs d'un nombre constant de bits. Nous avons dû choisir une longueur de blocs de 128 bits, à cause des contraintes liées au matériel d'acquisition et de restitution des images traitées par DOLVRON-1.

Ayant choisi de simuler un brouillage par des erreurs en paquet ("burst", "erreur de coupure"), nous avons utilisé des codes de FIRE, sur lesquels nous avons déjà fait des expériences (1), (6), (3).

Pour des raisons d'économie de circuits, nous avons choisi un codage systématique : les bits d'information précèdent les bits de redondance (l'autre solution consiste en ce que chaque bit "porte" information et redondance). Le polynôme information est de la forme :  $X^k I(X)$ .

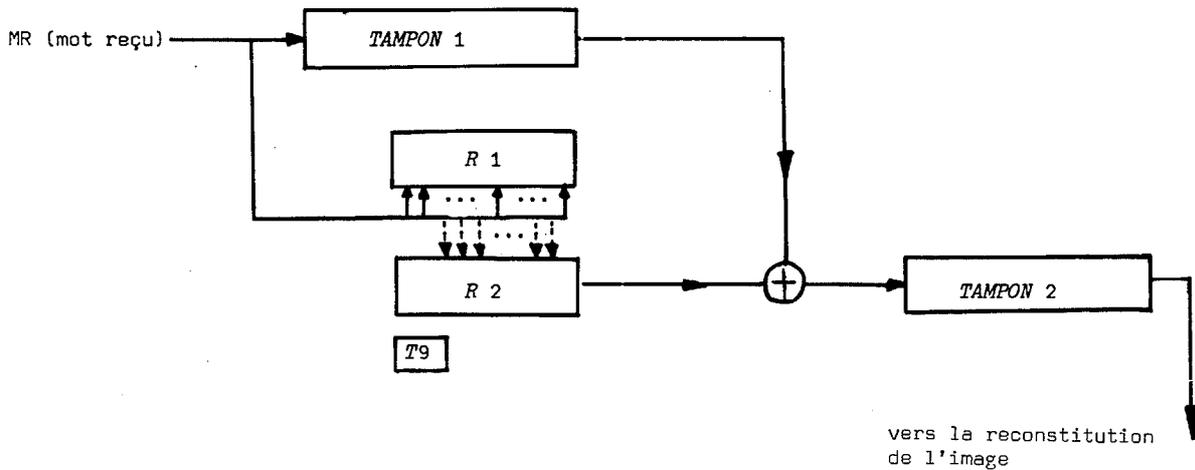
TRANSMISSION D'IMAGES ET CODES CORRECTEURS D'ERREURS :  
SITIN-PBD ET DOLVRON-1

Les bits de redondance sont obtenus de manière classique, en calculant le reste  $r(X)$  de division de  $X^k I(X)$  par le polynôme générateur  $g(X)$  du code de FIRE choisi. Le mot émis est donc représenté par le polynôme  $r(X) + X^k I(X)$ .

II- DECODAGE.

L'erreur due à la transmission peut être représentée par l'ajout d'un polynôme erreur  $e(X)$ . Le mot reçu MR est donc représenté par le polynôme  $r(X) + X^k I(X) + e(X)$ .

Le décodage se fait par un décodeur de MEGGIT (5), (2), (3). Le schéma d'un tel décodeur est le suivant :



- . Le tampon 1 reçoit MR (mot reçu),
  - . Le tampon 2 reçoit l'information émise  $I(X)$ , après correction des erreurs de transmission.
- Il débouche sur la reconstitution de l'image (éventuellement avec masquage d'erreurs),
- . R1 est un registre à décalage avec feed-back et entrées multiples. Il calcule le reste  $s(X)$  de division de  $r(X) + X^k I(X) + e(X)$  par  $g(X)$ . On sait (2) que  $s(X)$  caractérise l'erreur  $e(X)$  si cette dernière est corrigible.
  - . R2 est un registre à décalage avec feed-back. Il reçoit, par un transfert en parallèle le reste  $s(X)$  lorsque celui-ci a été calculé dans R1. Lors des décalages successifs suivants de R2 une logique (T9) permet de savoir si l'erreur  $e(X)$  est corrigible ou détectable.
  - . T9 est une logique simple permettant de savoir si l'erreur est corrigible ou détectable. Dans ce dernier cas T9 pilote un masquage d'erreur par recopie d'un bloc d'information de la ligne précédente.

III- BROUILLAGE.

Pour que l'utilisation des codes correcteurs soit probante il était nécessaire de simuler dans notre expérience

- a) La transmission (dans un canal C perturbé aux temps  $t_1, t_2, \dots, t_n, \dots$  par des erreurs  $e_1, e_2, \dots, e_n, \dots$ ) de l'information non protégée (IM2).
- b) La transmission (dans C, perturbé aux mêmes instants par les mêmes erreurs) de l'information codée (IM3).

Cette contrainte nous a conduit à injecter d'abord des erreurs dans le train des bits de l'information codée, à mémoriser certaines données, puis à injecter les mêmes erreurs dans le train des bits de l'information non protégée.

3-1 Constitution des erreurs.

Les erreurs que l'on injecte sont élaborées à partir de deux registres à décalage. La longueur maximale des erreurs injectées est paramétrée. Actuellement on dispose de deux longueurs maximales : 48 et 20 bits.



TRANSMISSION D'IMAGES ET CODES CORRECTEURS D'ERREURS :  
SITIN-PBD ET DOLVRON-1

### 3-2 Gestion de leurs arrivées.

Un compteur d'attente (CA) paramétré, permet d'assurer un espacement minimal entre deux erreurs consécutives (actuellement 150 bits).

Une logique de simulation d'une variable aléatoire, utilise des registres à décalage et l'information d'entrée.

Nous sommes en mesure, à l'heure actuelle de générer des erreurs de coupure dont la variable aléatoire des espacements entre deux erreurs consécutives suit une loi géométrique (preuve par un test du chi deux), ou bien une loi normale (preuve par la droite de Henry).

### 3-3 Tableau récapitulatif (version hardware).

DOLVRON-1 peut simuler, par simples commutations trois codes de FIRE, ainsi que deux longueurs maximales d'erreurs injectées. Cette commutation est simulée pour SITIN-PBD par une lecture sur carte, ou entrée sur console du paramètre correspondant.

CORRECTION (1 coupure de longueur)	DETECTION (2 coupures de long.totale)	CA	Longueur information	Longueur redondan <sup>ce</sup>	Long; erreurs injectées
20	45	150	128	64	20 ou 48
15	31	150	128	48	20 ou 48
10	21	150	128	32	20 ou 48

Donnons maintenant une description plus détaillée de SITIN-PBD et de DOLVRON-1

## SITIN-PBD ET DOLVRON-1

SITIN-PBD. Ce logiciel est disponible en deux versions :

- . Une version FORTRAN IV utilisable sur B6700 et IRIS 80
- . Une version BASIC sur TRS80 (modèle I)

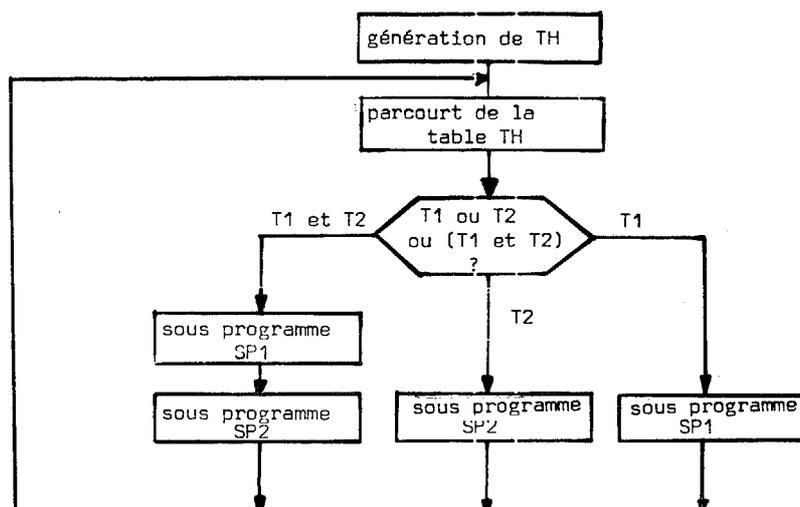
ces deux logiciels contiennent les modules suivants :

### 1) Génération de la table des horloges.

Pour des raisons de souplesse d'utilisation la version hardware possède deux horloges, l'une de 10 Mhz, l'autre de 15 Mhz. Il était donc nécessaire de simuler la suite ordonnée (dans le temps) des tops des deux horloges.

En fonction de l'horloge qui bat on exécute soit le traitement T1 (lié à l'horloge 10Mhz), soit le traitement T2 (lié à l'horloge 15 Mhz), soit T2 puis T1 s'il y a simultanéité des deux horloges.

L'organigramme fonctionnel est donc le suivant :





TRANSMISSION D'IMAGES ET CODES CORRECTEURS D'ERREURS :  
SITIN-PBD ET DOLVRON-1

---

2) Sous-programme SP1.

Dans ce sous-programme on effectue le décalage de tous les registres pilotés par l'horloge H1 (10 Mhz). On calcule le reste de la division du mot d'information par le polynôme générateur  $g(X)$  du code.SP1 gère l'arrivée des erreurs sur la chaîne de bits d'information, en fonction de renseignements provenant de SP2.

3) Sous-programme SP2.

Ce sous-programme décale tous les registres pilotés par l'horloge H2 (15 Mhz), et effectue les calculs nécessaires au contrôle de l'arrivée des erreurs sur la chaîne des bits d'information plus redondance. Il peut éventuellement générer ces erreurs, et élaborer alors les paramètres nécessaires à SP1. SP2 effectue des calculs de décodage, il gère la conclusion (erreur corrigible - erreur détectable) et donc le déclenchement éventuel du masquage.

4) Reconstitution des images.

Une procédure par clés permet ou bien d'obtenir une image (IM1 ou IM2, ou IM3) ou bien d'obtenir les trois simultanément.

Source des images : . bandes 1600 bpi pour la version FORTRAN IV  
. Disquettes "8 pouces" pour la version BASIC

Reconstitution des images:

. Sur listing ou sur bande (version FORTRAN IV)  
. Sur listing (version BASIC)

DOLVRON-1. Cet automate respecte les mêmes étapes logiques que celles décrites précédemment.

Des problèmes spécifiques à la réalisation électronique sont néanmoins à signaler :

- . Construction d'une file d'attente FIFO pour mémoriser certaines données, d'une profondeur importante, qui était introuvable dans le commerce.
- . Evaluation mathématique de la profondeur de cette file d'attente.
- . Nombreux multiplexages - démultiplexages permettant de changer de codes et de longueur maximale d'erreurs de coupure.
- . Problèmes liés à la capacité et à la vitesse des circuits utilisés. Ce qui nous a conduit à utiliser conjointement les technologie CMOS et TTL.

Source des images : Une caméra vidéo en temps réel, donnant tous les 1/25 secondes des images de 256 lignes à 128 points par ligne.

Restitution des images: moniteurs vidéo

PERSPECTIVES

NOS PERSPECTIVES.

Réaliser l'ultime étape de notre plan d'expérience, c'est à dire inclure la compression et la décompression d'images. Nous disposerons alors de la version software définitive SITIN, et de la version hardware DOLVRON-2.

CONCLUSION

Cet exposé est très succinct. Des développements complets sont déjà parus (3), (6). Le lecteur désirant approfondir notre exposé peut obtenir ces documents en nous écrivant.

Les deux réalisations SITIN-PBD et DOLVRON-1 ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients que l'on peut résumer par le tableau suivant :



TRANSMISSION D'IMAGES ET CODES CORRECTEURS D'ERREURS :  
SITIN-PBD ET DOLVRON-1

AVANTAGES	INCONVENIENTS
SITIN-PBD <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paramétrage important</li> <li>• Portabilité</li> <li>• Souplesse d'utilisation</li> <li>• Possibilité rapide d'adaptation à de nouveaux codes ou à de nouvelles simulations d'erreurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne traite pas des images en temps réel</li> <li>• Ne peut fournir qu'un petit nombre d'images test</li> </ul>
DOLVRON-1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisation assez modulaire pour pouvoir changer certains modules sans avoir tout à recabler</li> <li>• Travaille en temps réel</li> <li>• Fournit un nombre aussi grand que l'on veut d'images test.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le temps de câblage éventuel d'un nouveau module est non négligeable</li> </ul>

o o o

BIBLIOGRAPHIE

-----

- (1) A. AYACHE, G. CULLMAN, J. DELEZIR, M. DOLFO, A. POLI, P. SAVRON  
"Transmission, en temps réel, d'images iconiques et codes correcteurs"  
(à paraître - annales des télécom)
- (2) ER. BERLEKAMP  
"Algebraic coding theory"  
U.S.A. ; Mc Graw Hill Boock Cie - 1968
- (3) M. DOLFO "Transmission d'images iconiques, en temps réel, protégée par un code algébrique "  
Thèse C.N.A.M. - 1981
- (4) S. HARARY, D. NASSE  
"Protection contre les erreurs en enregistrement magnétique numérique de télévision"  
annales des télécom. 36 ; n° 7-8 - 1979
- (5) W.W. PETERSON  
"Error correcting codes"  
New York ; J. Wiley & sons Inc - 1961
- (6) P. SAVRON "DOLVRON-1"  
diplome d'ingénieur E.N.S.E.E.I.H.T. - 1980

o o o