

Introduction aux Turbo Codes

Suite du cours Codage de Canal

Thomas Grenier

Codage de canal: but & enjeu

➔ Bénéficiaire de la diversité de l'information

- Notations:

- k : nb de bits de chaque bloc d'information.

- n : nb de bits du bloc après codage.

- $R=k/n$ défini le rendement de codage

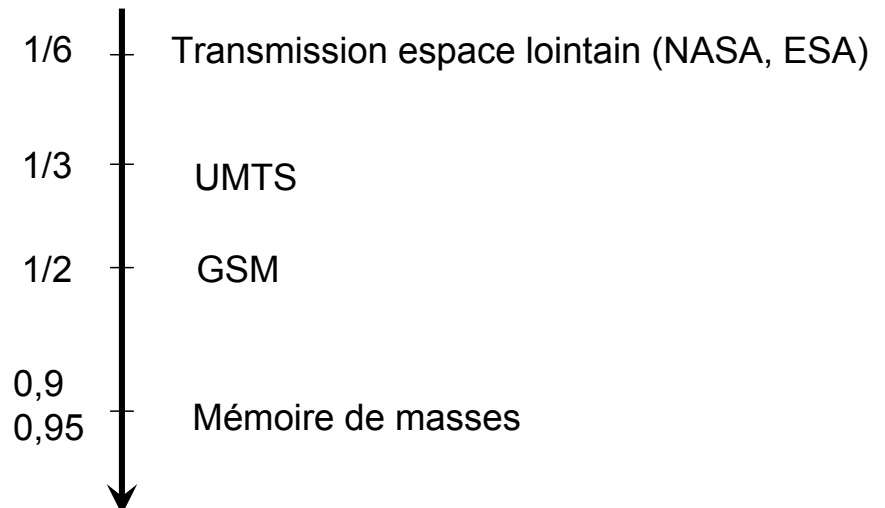
- k et R fixé par les normes. Ex:

- ATM: $k=53$ octets,

- GSM: $k=192$ bits, $R=1/2$

Codage de canal: enjeu

- Ordre de grandeur des rendements et applications:



Code correcteur

- Le plus simple : codage par répétition
- Le code de Hamming
Code parfait pour $k=4$ et $n=7$ ($D_{\min}=3$)
- Le code le plus puissant : code Aléatoire
Utilisé par Shannon pour établir la loi du théorème de codage de canal

$$\overline{D_{\min}} \approx \frac{n-k}{2}$$

Borne réaliste :

$$\overline{D_{\min}} \approx \frac{n-k}{4}$$

Ex: sur du MPEG ($k=188$ octets, $R=1/2$) $\rightarrow D_{\min}=375$

\rightarrow correction de 190 erreurs

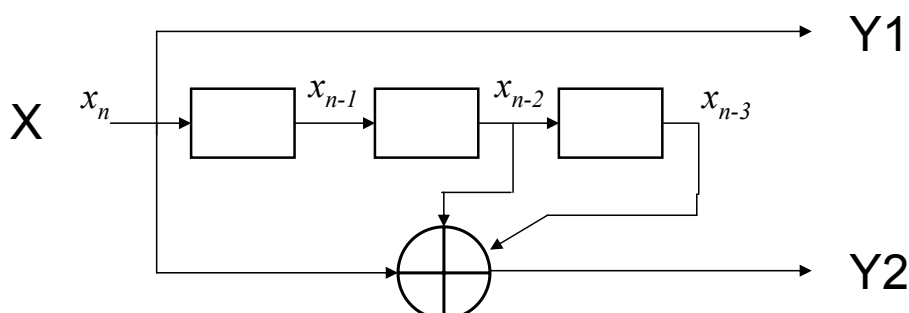
Code correcteur

- Le code aléatoire existe sans possibilité de décodage:
Pour chaque bit à décoder : considérer 2^k cas!

→ Idée pour le codage de canal :
construire un code très proche du code aléatoire, de manière à obtenir un D_{min} très (très) grand, mais décodable 😊

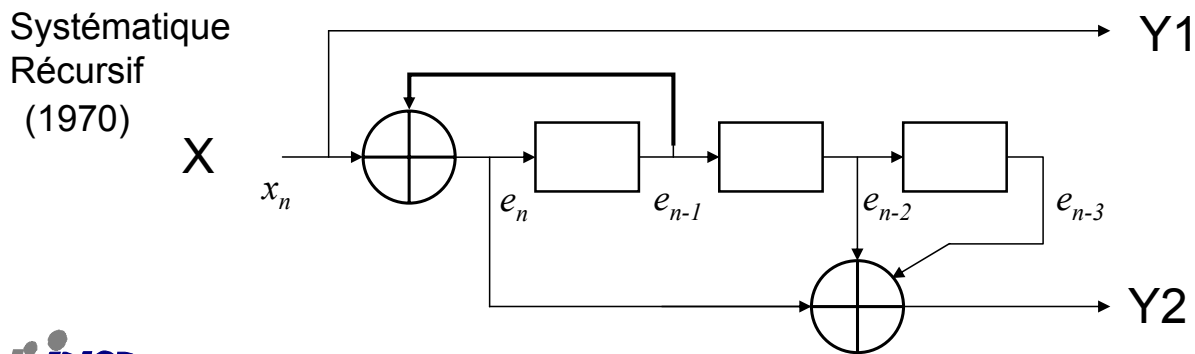
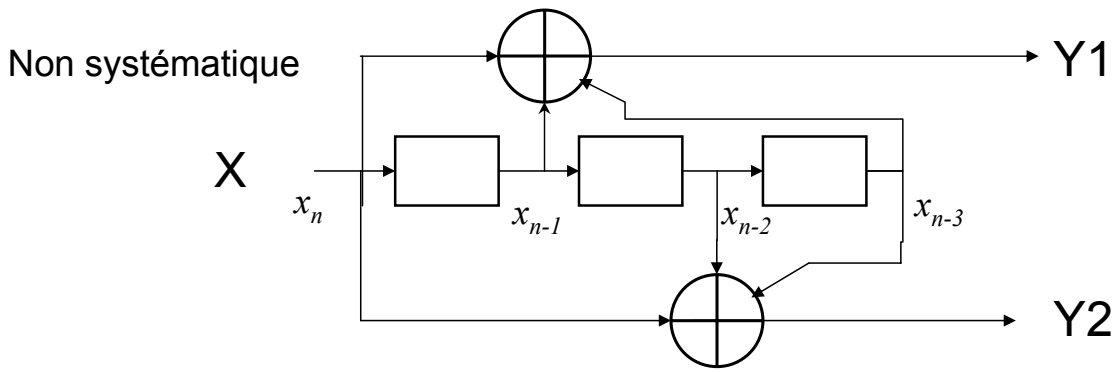
Code convolutif (1954)

- L'information est considérée comme une suite de donnée (en non pas en « bloc »)
- Codage = Convolution discrète de l'information



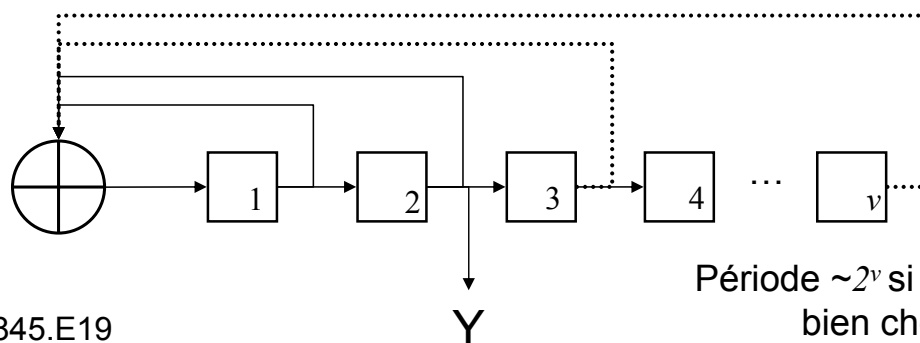
Code convolutif systématique

Codes convolutifs



Rappel qq structures

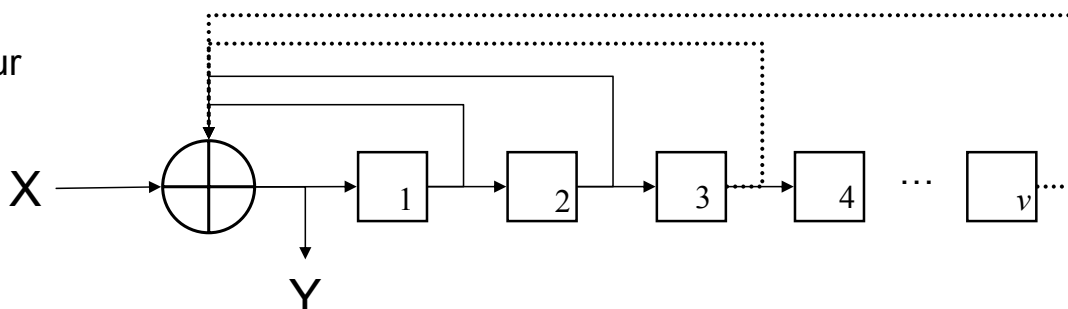
Générateur
pseudo aléatoire



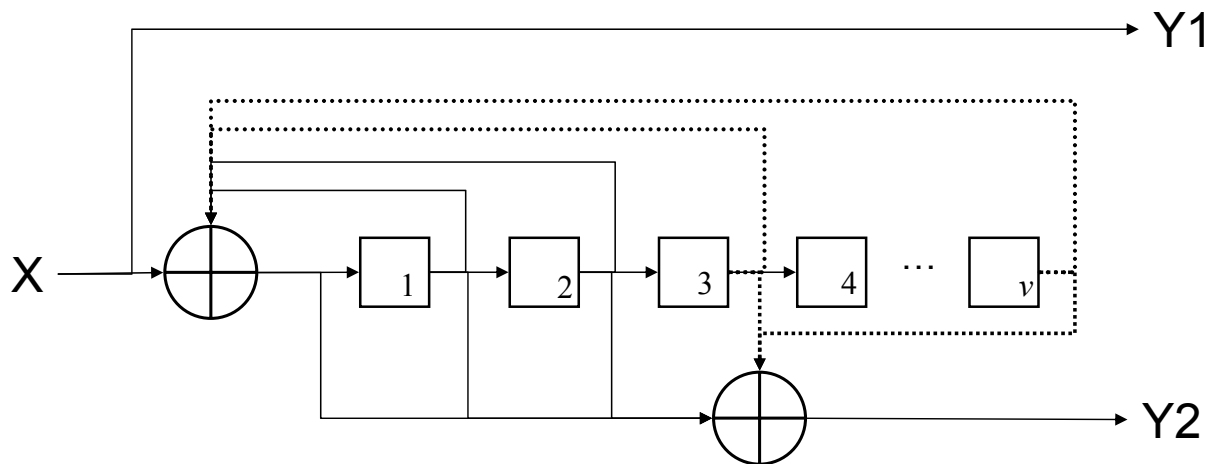
rem: $2^{64}=1,845.E19$

Période $\sim 2^v$ si connexions
bien choisies

Brasseur



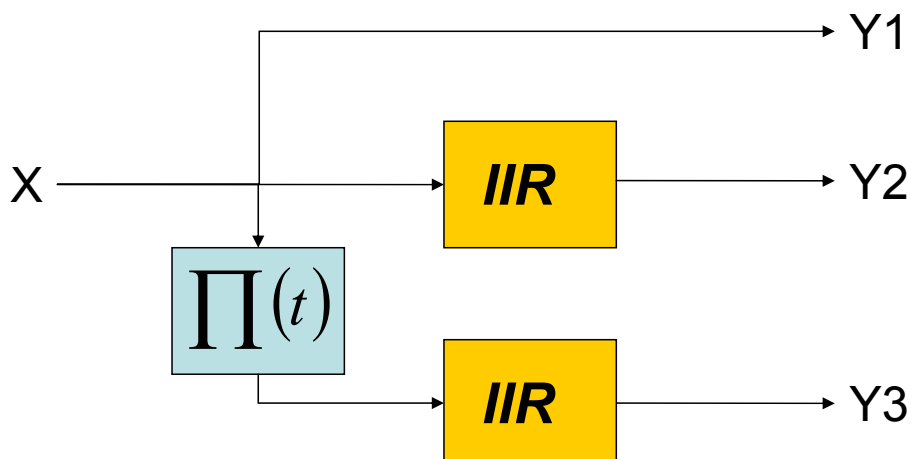
Code convolutif récursif



- ➔ Nature aléatoire des codes convolutifs récursifs
- ➔ Potentiellement optimaux pour le codage de canal !!!
- ➔ Décodage ? : Algorithme de Viterbi, mais décoder 2^v états ☹

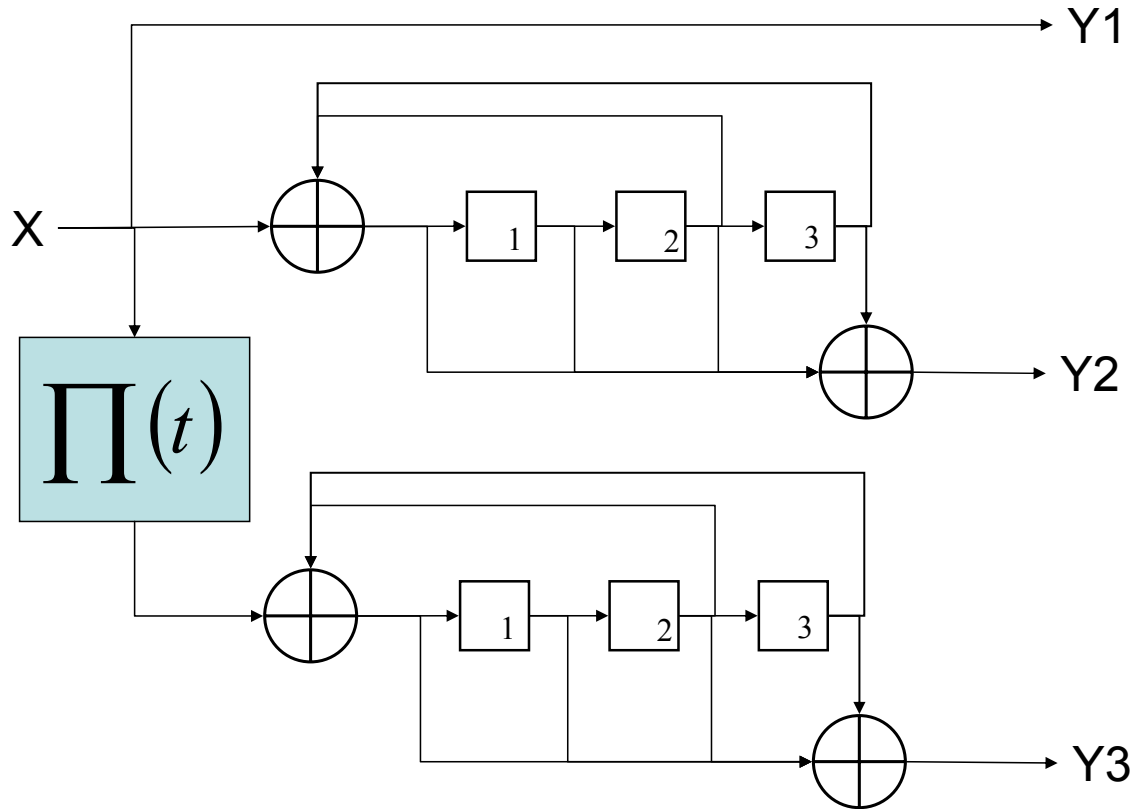
Solution : Turbo Codage

- Créer un codeur équivalent à un codeur convolutif récursif de v très grand



$\Pi(t)$ Permutation ou entrelaceur de bits

Schéma turbo codage



Turbo code

- Valeur équivalente du nb d'états (2^v) ?
Dépend de la matrice/fonction de permutation $\Pi(t)$
 - Mauvais $\Pi(t)$
 - Matrice identité: codage \Leftrightarrow 2 codeurs en //
Performance équivalente à un seul codeur
 - Bon $\Pi(t)$
 - Dans cas idéal $v = 3 + 3 + k \rightarrow 2^{k+6}$ états
(impossible)
- $\rightarrow \Pi(t)$ ne doit pas être régulière

Intérêt turbo code

- Décodage Simple !
 - Décodeur bidimensionnel
 - 2 décodeurs de 3 bascules synchrones
 - Échange de probabilité entre les 2 décodeurs (convergence)

D'où le nom de *turbo*: réinjection de la sortie d'un décodeur dans l'entrée de l'autre

Décodage Turbo

Applications turbo

- Encore de nombreuses recherches
- Brevet France Telecom
- Gain des Turbo Code: 2,5dB à 4dB