

Les turbocodes
ou
l’histoire d’un candide
chez les experts

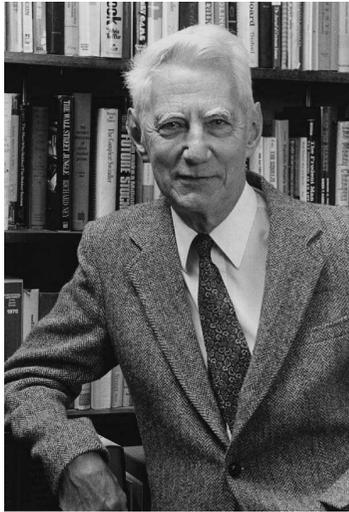
Claude Berrou

Armorhistel

5 février 2013

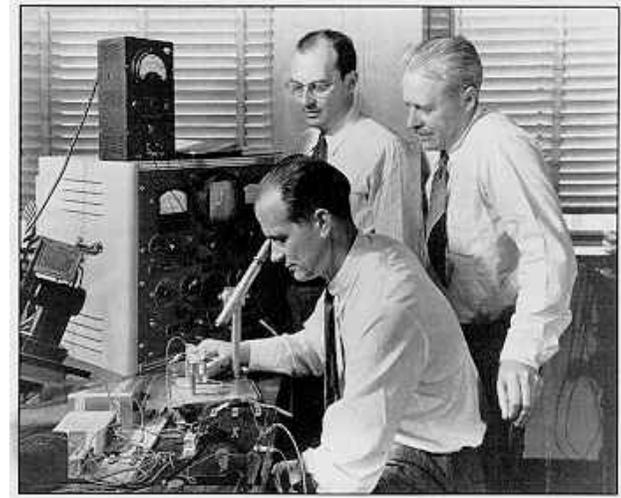
Bretagne : fibre optique, minitel, Transpac, ATM, TNT, analyse et synthèse de la parole, turbocode, ...





Claude Shannon
(1916-2001)

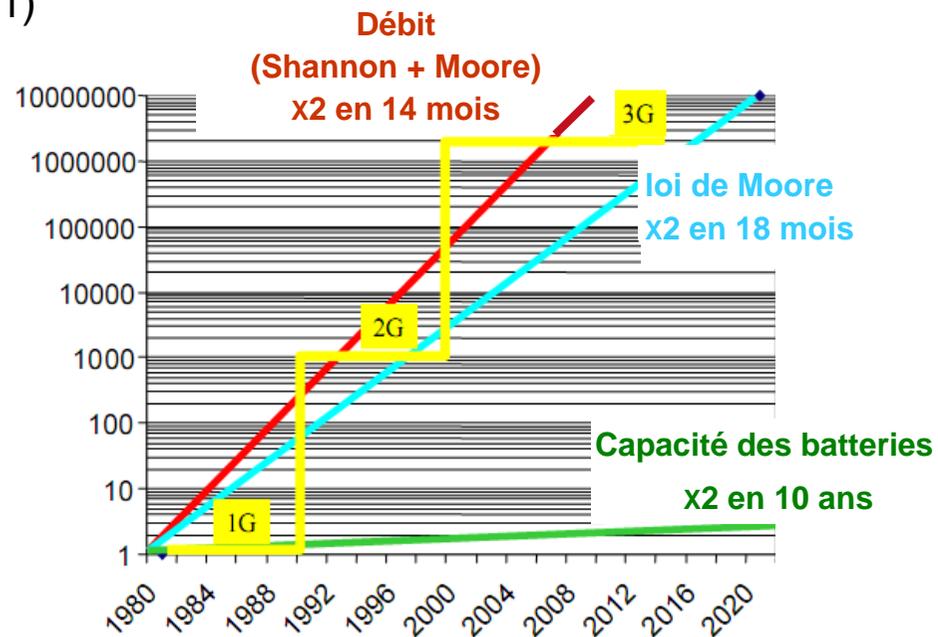
...1948...
Bell Labs,
New Jersey



John Bardeen
(1908-1991)

Walter Brattain
(1902-1987)

William Shockley
(1910-1989)



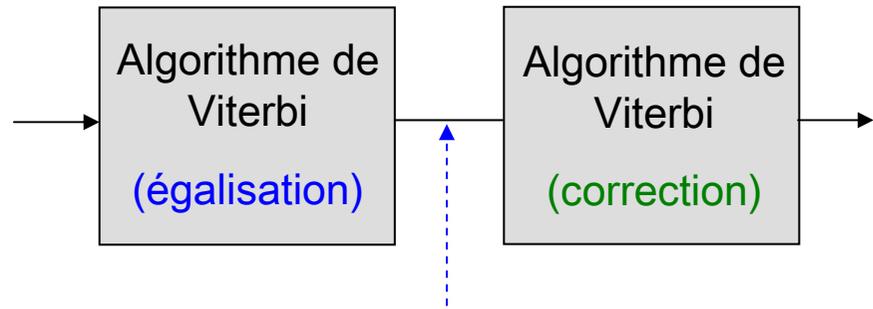
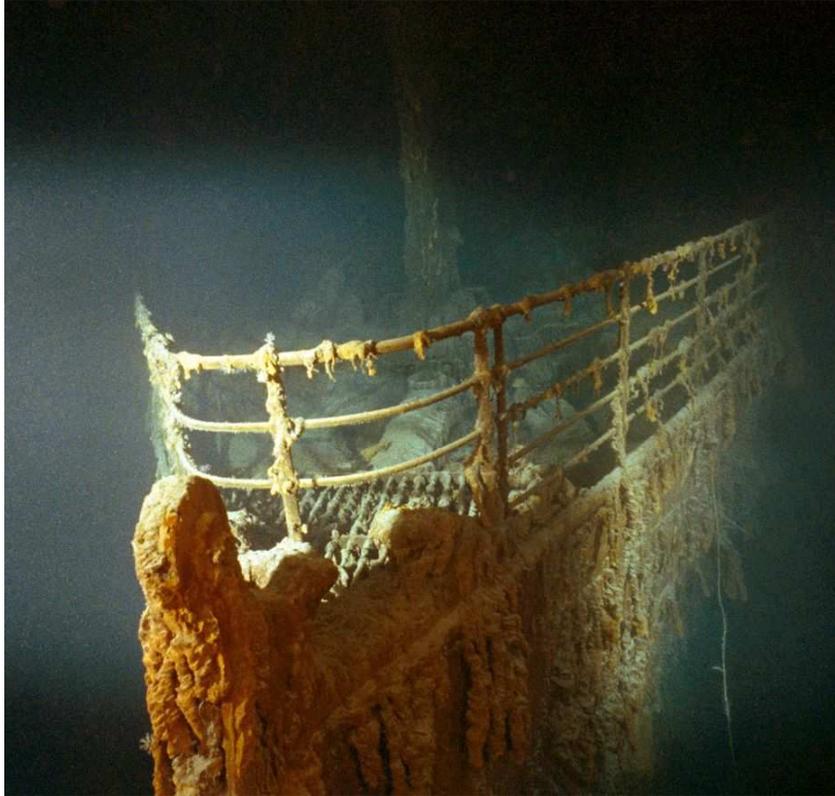
Bell Labs : transistor, cellule photovoltaïque, théorie de l'information, radioastronomie, électret, CCD, OFDM, ...



De l'autre côté de l'Atlantique (1986)...



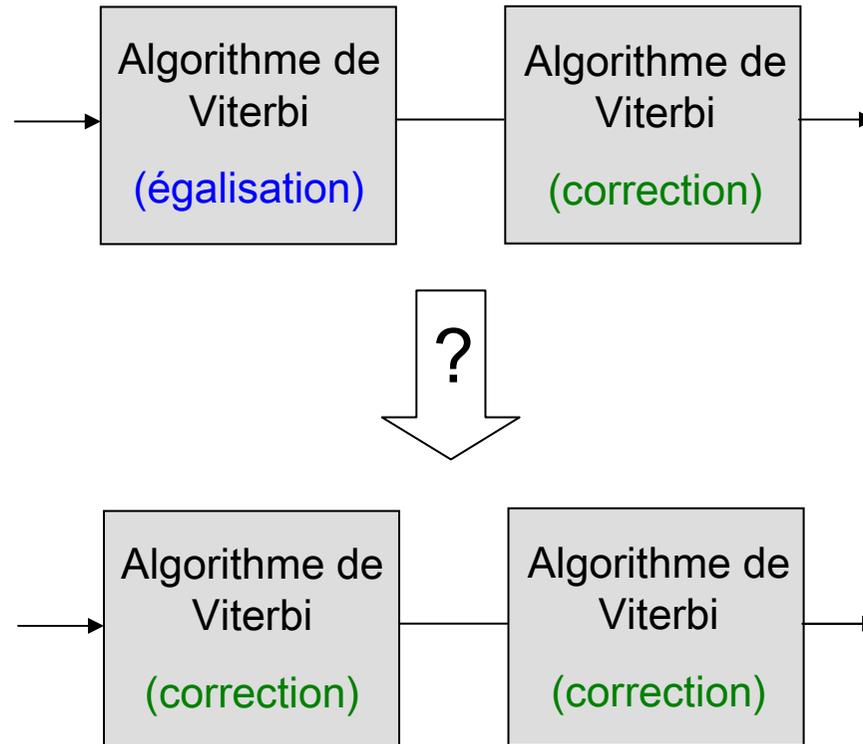
L'amitié



Décisions pondérées



La première idée naïve



Le codage correcteur : le principe

On veut transmettre "matin" dans une ambiance très bruyante

- Simple répétition :

"matin matin" est reçu "matin malin"

Aucune correction sûre possible

- Utilisation d'un synonyme :

"matin aube" est reçu "matin auge"

Correction possible en se référant à
un dictionnaire d'équivalence

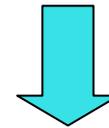
Quid de "matin potron-minet" ?

Le codage correcteur : de la redondance bien pensée

Information d'origine
(k bits)

Redondance
($n - k$ bits)

01110101...001011001	101...011
----------------------	-----------



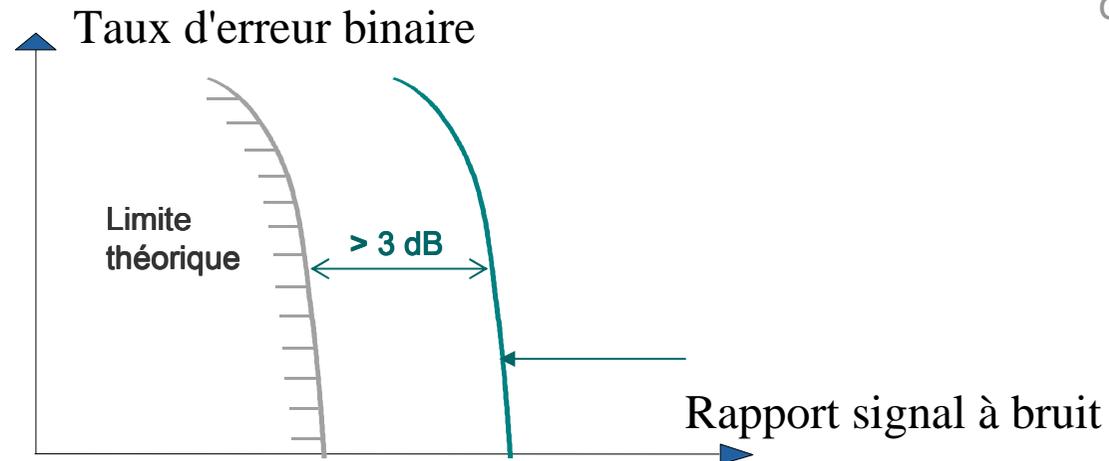
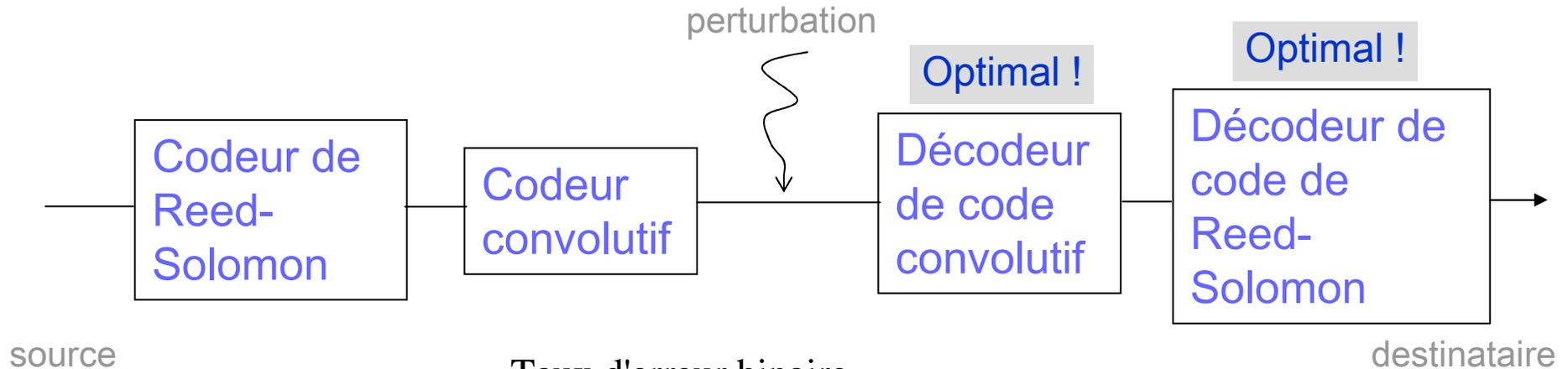
La redondance est construite selon une loi mathématique offrant un grand pouvoir de discrimination (grande distance minimale) :

Hamming, Golay, BCH, Reed-Solomon, convolutif, code produit, turbocode, LDPC...

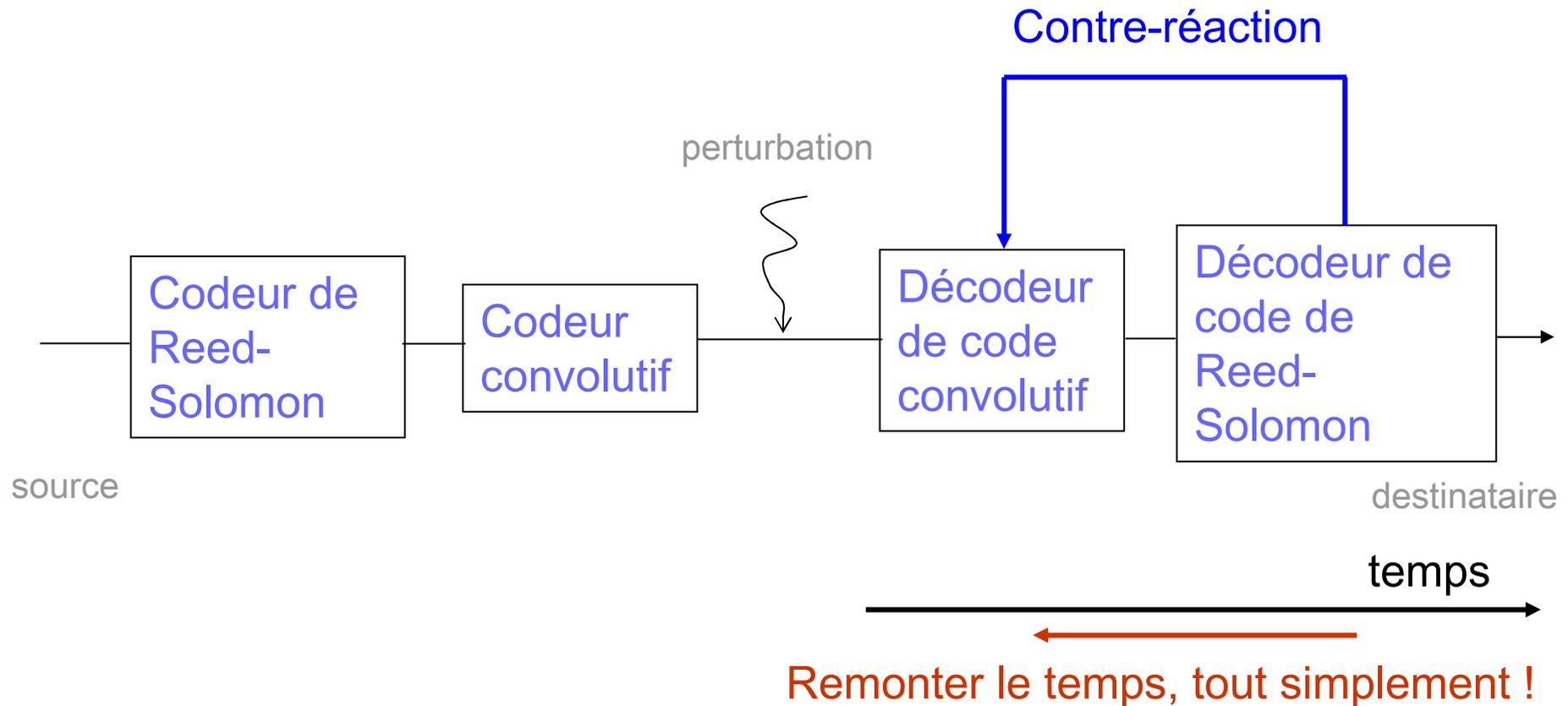
Le codage de canal : l'état de l'art en 1990 (le code de la TNT)

Concaténation de codes

1110100101001110100001



Le codage de canal : l'état de l'art en 1990 (le code de la TNT)

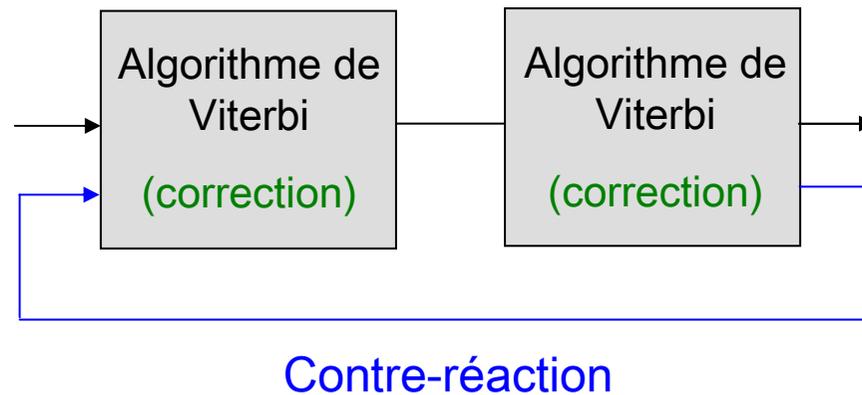


(et la physique est venue se mêler de codage ...)

La deuxième idée naïve est donc :

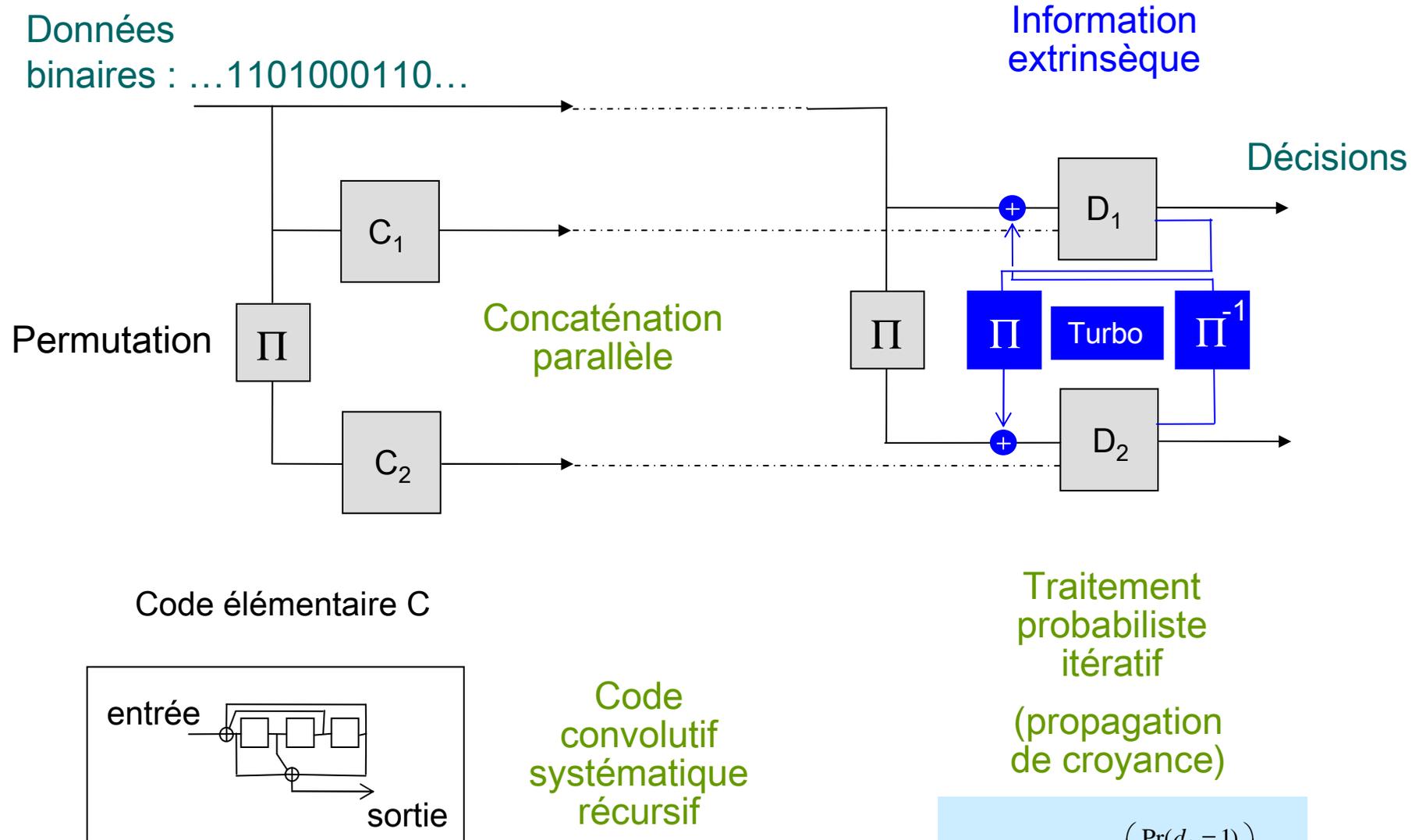
Amplificateur de
rapport signal à bruit

Amplificateur de
rapport signal à bruit



(analogie avec les mots croisés)

les turbocodes



$$LRV(d_i) = \text{Log} \left(\frac{\text{Pr}(d_i = 1)}{\text{Pr}(d_i = 0)} \right)$$

Ce qui est reçu



Après une itération de turbo-décodage

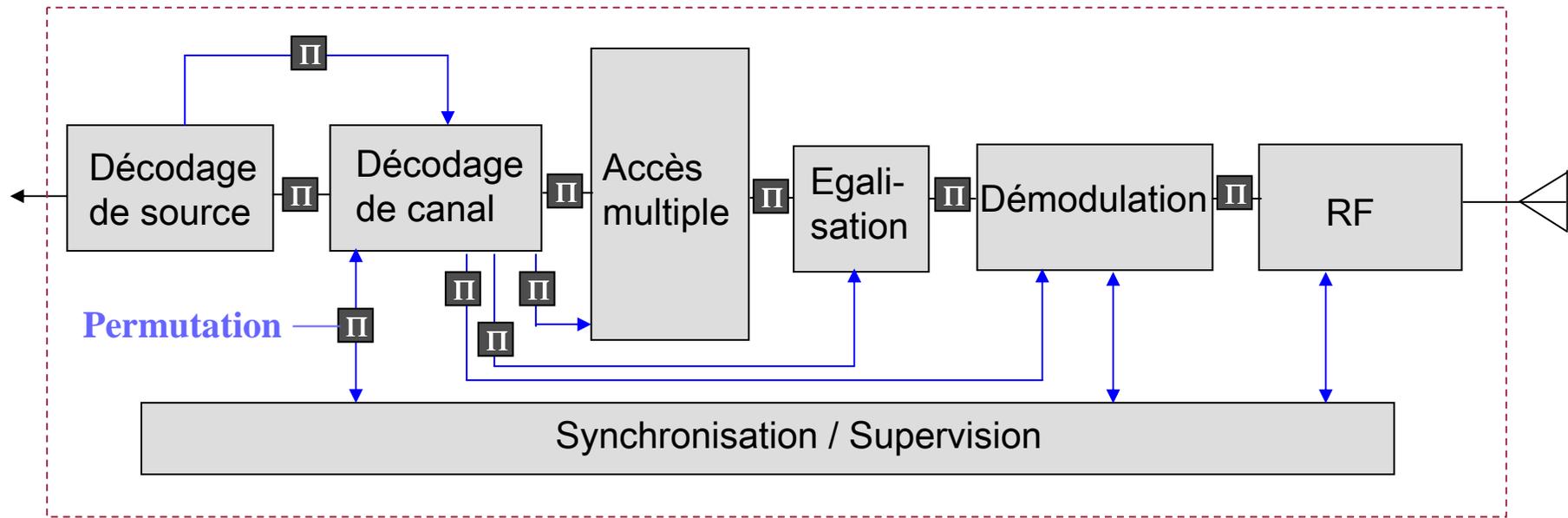


Après huit itérations de turbo-décodage



Courtesy Joseph Boutros, ENST

Le principe turbo généralisé

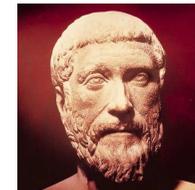


Reproduction
totale ou partielle



“Les mots les plus anciens et les plus brefs – oui et non – sont ceux qui demandent le plus de réflexion.”

Pythagore, V^e siècle avant J.-C.



Sudoku et codage distribué !

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

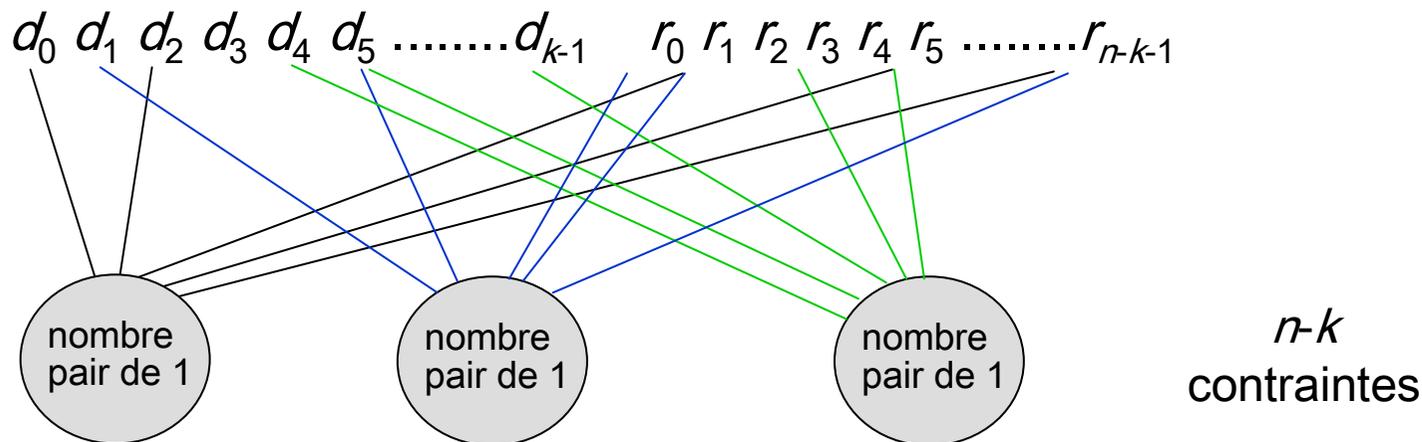
La valorisation

- Brevets
- Circuits
- Publications
- Conférences
- Normalisation
- Prix ...



1997 : le retour de l'Amérique
avec les codes LDPC (*low density parity check*)

Le principe des codes LDPC



$$d_0 + d_2 + r_1 + r_5 + r_{n-k-1} = 0 \quad \text{modulo 2}$$

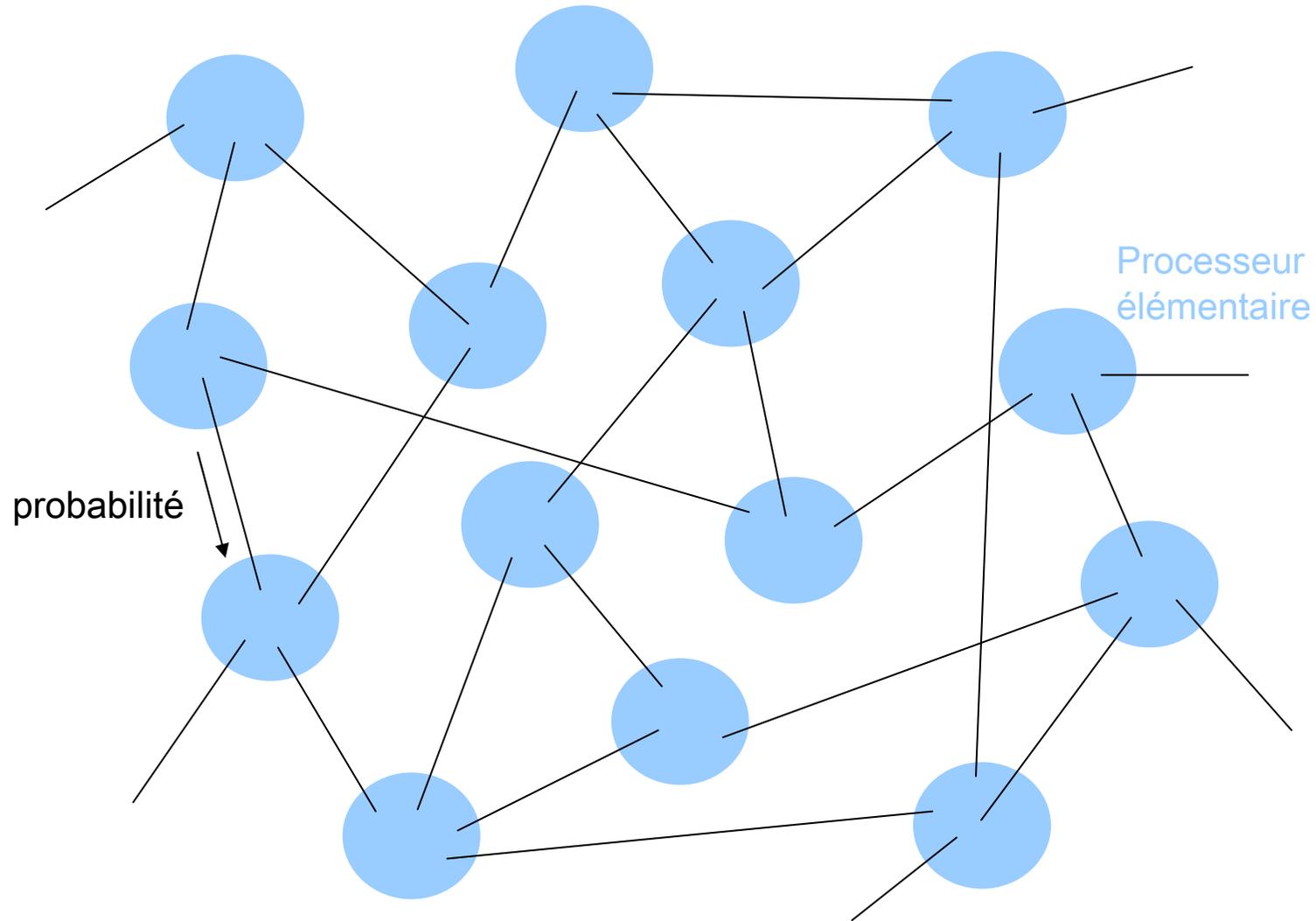
$$d_1 + d_5 + r_0 + r_1 + r_{n-k-1} = 0 \quad \text{modulo 2}$$

$$d_4 + d_5 + d_{k-1} + r_3 + r_5 = 0 \quad \text{modulo 2}$$

Chaque grandeur dispose de plusieurs estimations

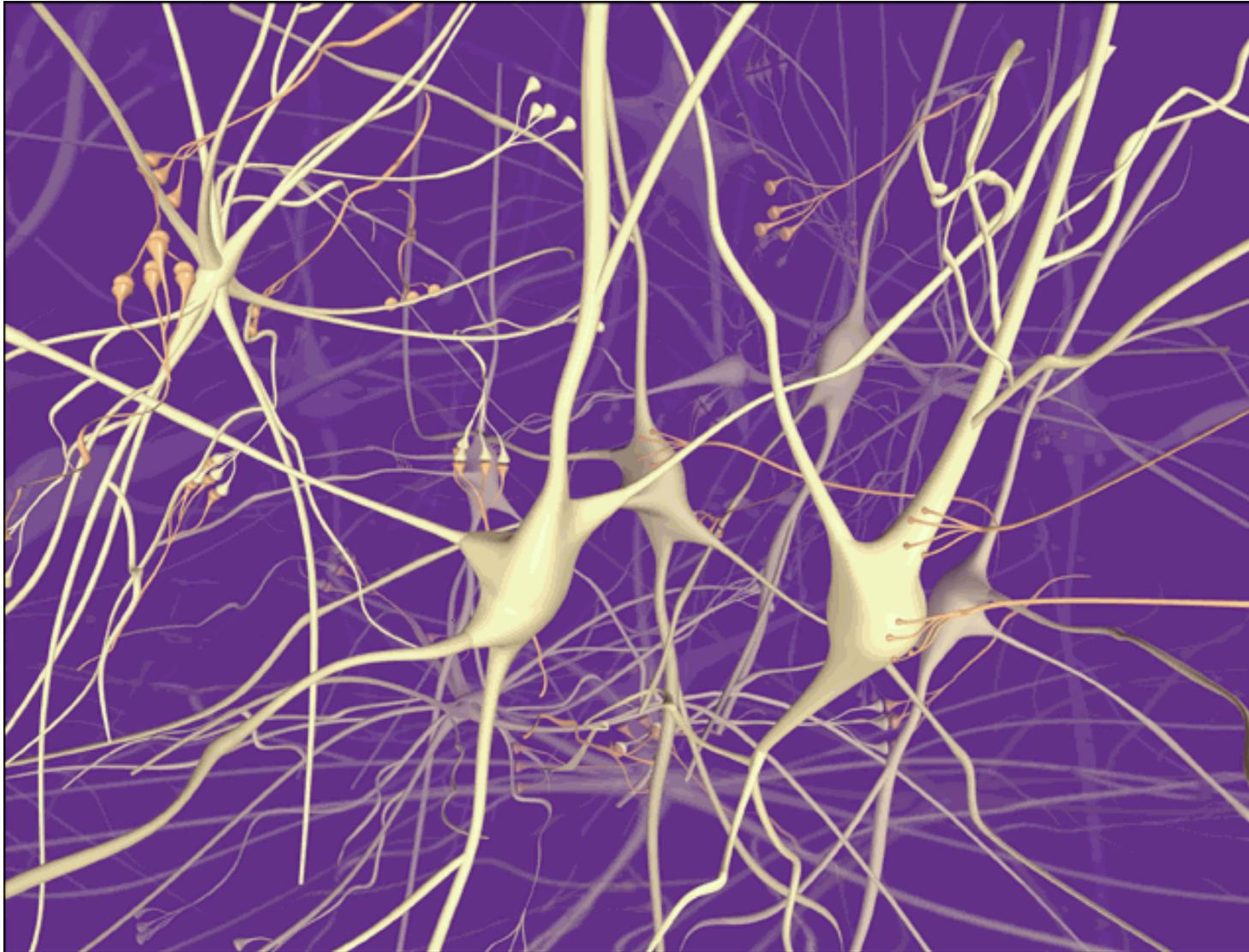
Par exemple, d_5 a été reçu en tant que tel et peut être aussi estimé en tant que $d_1 + r_0 + r_1 + r_{n-k-1}$ ou $d_4 + d_{k-1} + r_3 + r_5$

Le traitement moderne et quasi-optimal de
l'information : **distribué et probabiliste**



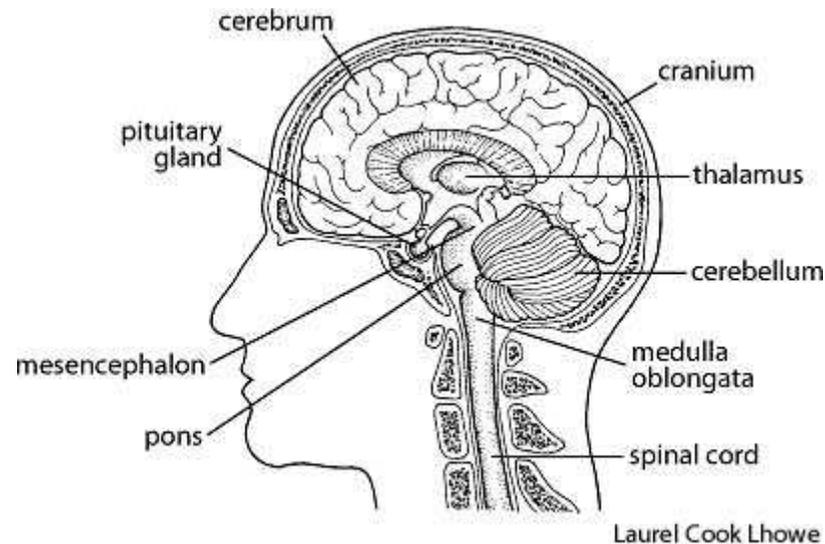
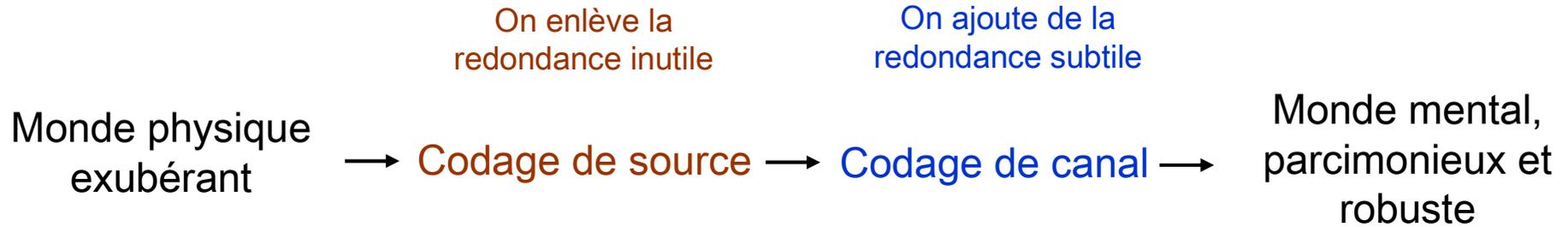
small + communication is beautiful

Forte similitude avec le réseau neural biologique



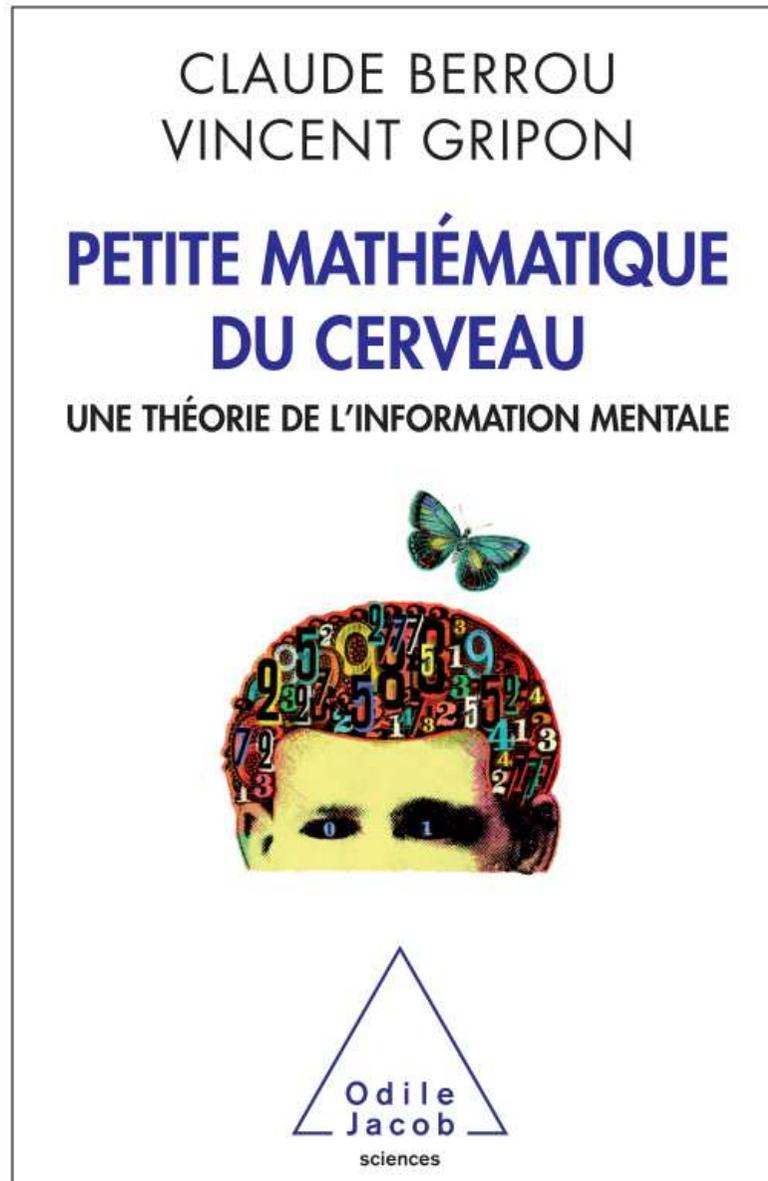
"Si vous voulez comprendre la vie, ne cherchez pas du côté des matières visqueuses vibrantes et palpitantes, pensez aux technologies de l'information"
(Richard Dawkins, *L'horloger aveugle*, 1986)

Modèle de Shannon appliqué au cerveau



L'information mentale est robuste et pérenne,
et donc nécessairement redondante.

Pour en savoir plus...



Tout le monde savait que c'était impossible.
Un ignare ne le savait pas et il l'a fait.

