

# COMPARAISON GOLAY(24,12) – HAMMING(7,4)

*Projet CCE*  
On ne corrige pas les correcteurs



## Les codes correcteurs d'erreur

ECOLE CENTRALE D'ELECTRONIQUE

**ece**

— GROUPE ECE —

## I. Objectifs

Ce comparatif a pour but de comprendre et savoir dans quel cas Golay (24,12) est plus performant que Hamming (7,4) et vice versa.

## II. Résultats mathématiques

Nous avons tout d'abord fait une étude mathématique de ces deux codes (voir Analyse mathématique de Hamming (7,4) et Golay(24,12)). De cette étude sont ressorties plusieurs indications intéressantes qui sont les suivantes :

- Taille du message codé (donc celui qu'il faudra faire transiter par le canal de transmission)
- Robustesse aux erreurs successives

Ainsi nous avons pu trouver que le code de Hamming rajoute 75% de redondance alors que le code de Golay en rajoute 100%.

D'autre part, le code de Hamming ne peut corriger qu'une seule erreur parmi les 7 bits du message codé tandis que Golay peut en corriger 3 parmi les 24 bits transmis.

Nous pouvons donc conclure qu'il est préférable d'utiliser Hamming lorsque le canal de transmission est relativement sûr et donc à un BER (Bit Error Ratio) faible. Golay quant à lui servira sur des communications où le canal de transmission est très brouillé. En effet avec ces 100% de redondance et sa capacité à corriger 3 erreurs parmi ses 24 bits transmis, il sera plus apte à retrouver les informations altérées.

## III. Les simulations avec CCE Testeur

### a. *Protocole de test*

Pour effectuer la comparaison entre Hamming et Golay avec le logiciel, nous avons sélectionné une image de base qui sera identique pour tous les tests. Ensuite nous faisons varier tous les paramètres possibles de génération d'erreur. Ainsi nous obtenons 17 tests pour chaque code. Le logiciel nous retourne ensuite un certain nombre de résultats que nous devons sélectionner puis comparer.

Les 17 tests sont composés comme suit :

- Wifi : présélection du logiciel ( $\approx$ BER à  $10^{-4}\%$ )
- Cuivre : présélections du logiciel ( $\approx$ BER à  $10^{-6}\%$ )
- Fibre Optique : présélection du logiciel ( $\approx$ BER à  $10^{-9}\%$ )
- Pour les trois présélections ci-dessus, nous avons fait varier le nombre d'erreur successive (n-uplets) de 1 à 3.
- Bruit blanc (avec des BER de 1%, 3%, 5% et 7%)
- Pourcentage (avec des BER de 2%, 5%, 8% et 11%)

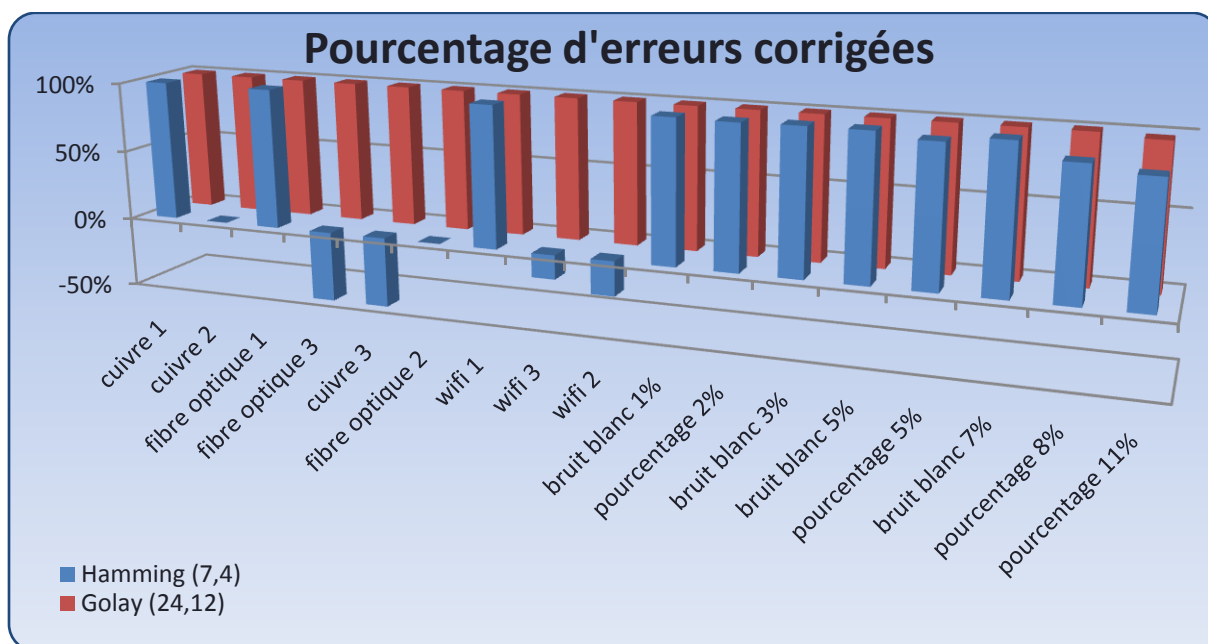
Tous les tests ont été effectués sur le même ordinateur.

### b. *Résultats*

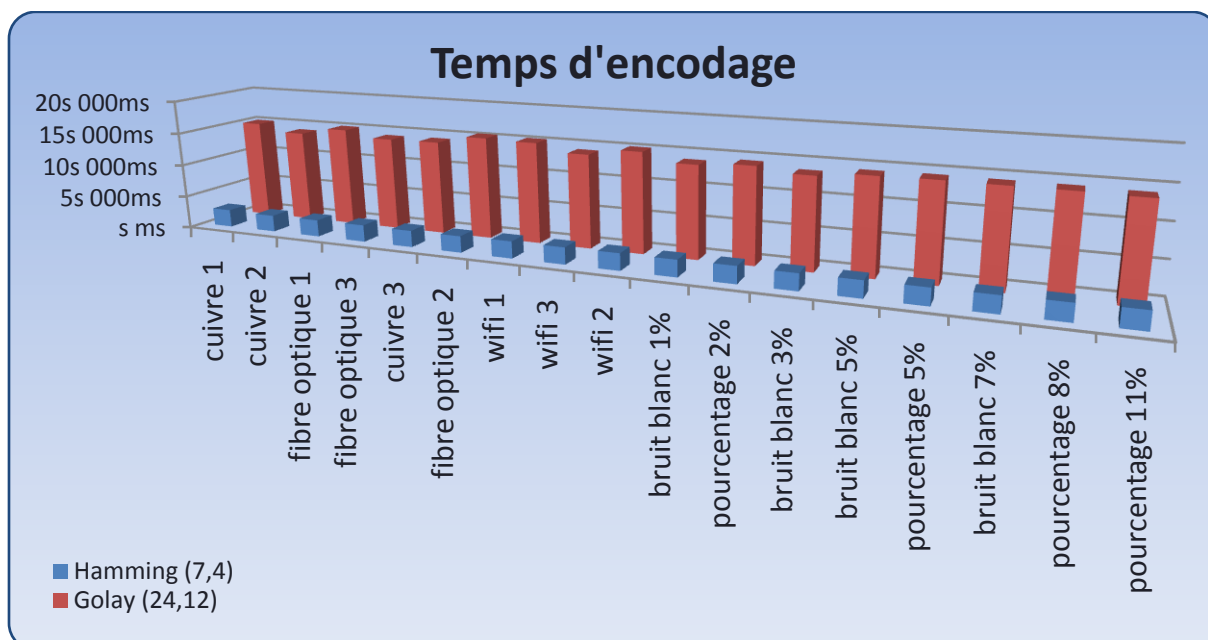
|                          |               |               |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Taille du fichier source |               | 5760054       |
|                          | Hamming (7,4) | Golay (24,12) |
| Taille du fichier encodé | 10080094      | 11520108      |
| Redondance ajouté (en %) | 75%           | 100%          |

| Nom du test     | Correcteur  | Mémoire utilisé pendant l'encodage | Temps d'encodage | Mémoire utilisé pendant la correction | Temps de correction | Nb erreurs générées | Nb non corrigées | Pourcentage d'erreurs corrigées |
|-----------------|-------------|------------------------------------|------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------------------|
| cuivre 1        | Hamming 7.4 | 110Mo 0440Ko                       | 2s 662ms         | 159Mo 0992Ko                          | 3s 545ms            | 1                   | 0                | 100%                            |
| cuivre 2        | Hamming 7.4 | 214Mo 0852Ko                       | 2s 507ms         | 159Mo 0740Ko                          | 3s 366ms            | 1                   | 1                | 0%                              |
| fibre optique 1 | Hamming 7.4 | 170Mo 0724Ko                       | 2s 540ms         | 159Mo 0764Ko                          | 3s 371ms            | 0                   | 0                | 100%                            |
| fibre optique 3 | Hamming 7.4 | 65Mo 0864Ko                        | 2s 544ms         | 159Mo 0752Ko                          | 3s 387ms            | 2                   | 3                | -50%                            |
| cuivre 3        | Hamming 7.4 | 214Mo 0892Ko                       | 2s 489ms         | 156Mo 0500Ko                          | 3s 259ms            | 2                   | 3                | -50%                            |
| fibre optique 2 | Hamming 7.4 | 65Mo 0872Ko                        | 2s 490ms         | 135Mo 0788Ko                          | 3s 276ms            | 1                   | 1                | 0%                              |
| wifi 1          | Hamming 7.4 | 110Mo 0544Ko                       | 2s 564ms         | 159Mo 0576Ko                          | 3s 397ms            | 43                  | 0                | 100%                            |
| wifi 3          | Hamming 7.4 | 65Mo 0864Ko                        | 2s 527ms         | 151Mo 0532Ko                          | 3s 239ms            | 47                  | 55               | -17%                            |
| wifi 2          | Hamming 7.4 | 214Mo 0832Ko                       | 2s 552ms         | 135Mo 0780Ko                          | 3s 330ms            | 53                  | 66               | -25%                            |
| bruit blanc 1%  | Hamming 7.4 | 65Mo 0880Ko                        | 2s 519ms         | 136Mo 0948Ko                          | 3s 347ms            | 460783              | 0                | 100%                            |
| pourcentage 2%  | Hamming 7.4 | 65Mo 0900Ko                        | 2s 566ms         | 159Mo 0700Ko                          | 3s 889ms            | 921979              | 5816             | 99%                             |
| bruit blanc 3%  | Hamming 7.4 | 214Mo 0896Ko                       | 2s 485ms         | 154Mo 0992Ko                          | 3s 423ms            | 1383401             | 0                | 100%                            |
| bruit blanc 5%  | Hamming 7.4 | 65Mo 0880Ko                        | 2s 496ms         | 135Mo 0800Ko                          | 3s 437ms            | 2351104             | 0                | 100%                            |
| pourcentage 5%  | Hamming 7.4 | 214Mo 0892Ko                       | 2s 498ms         | 141Mo 0336Ko                          | 3s 374ms            | 2302398             | 89248            | 96%                             |
| bruit blanc 7%  | Hamming 7.4 | 214Mo 0896Ko                       | 2s 496ms         | 135Mo 0808Ko                          | 3s 381ms            | 5725439             | 0                | 100%                            |
| pourcentage 8%  | Hamming 7.4 | 109Mo 0996Ko                       | 2s 559ms         | 159Mo 0756Ko                          | 3s 626ms            | 3734450             | 402693           | 89%                             |
| pourcentage 11% | Hamming 7.4 | 65Mo 0864Ko                        | 2s 667ms         | 158Mo 0448Ko                          | 4s 654ms            | 5118657             | 800824           | 84%                             |
|                 |             |                                    |                  |                                       |                     |                     |                  |                                 |
| cuivre 1        | Golay 24.12 | 88Mo 0288Ko                        | 15s 086ms        | 44Mo 0160Ko                           | 16s 137ms           | 0                   | 0                | 100%                            |
| cuivre 2        | Golay 24.12 | 88Mo 0172Ko                        | 14s 017ms        | 82Mo 0016Ko                           | 15s 912ms           | 0                   | 0                | 100%                            |
| fibre optique 1 | Golay 24.12 | 88Mo 0600Ko                        | 15s 087ms        | 46Mo 0584Ko                           | 16s 272ms           | 0                   | 0                | 100%                            |
| fibre optique 3 | Golay 24.12 | 87Mo 0984Ko                        | 14s 135ms        | 45Mo 0852Ko                           | 15s 334ms           | 0                   | 0                | 100%                            |
| cuivre 3        | Golay 24.12 | 87Mo 0988Ko                        | 14s 223ms        | 363Mo 0208Ko                          | 15s 727ms           | 2                   | 0                | 100%                            |
| fibre optique 2 | Golay 24.12 | 87Mo 0980Ko                        | 15s 424ms        | 47Mo 0404Ko                           | 16s 138ms           | 2                   | 0                | 100%                            |
| wifi 1          | Golay 24.12 | 88Mo 0132Ko                        | 15s 275ms        | 85Mo 0484Ko                           | 16s 820ms           | 41                  | 0                | 100%                            |
| wifi 3          | Golay 24.12 | 43Mo 0884Ko                        | 14s 127ms        | 49Mo 0636Ko                           | 15s 470ms           | 47                  | 0                | 100%                            |
| wifi 2          | Golay 24.12 | 87Mo 0988Ko                        | 15s 123ms        | 25Mo 0688Ko                           | 15s 531ms           | 51                  | 0                | 100%                            |
| bruit blanc 1%  | Golay 24.13 | 88Mo 0184Ko                        | 13s 871ms        | 82Mo 0028Ko                           | 16s 613ms           | 460373              | 0                | 100%                            |
| pourcentage 2%  | Golay 24.12 | 87Mo 0100Ko                        | 14s 343ms        | 49Mo 0652Ko                           | 17s 269ms           | 920906              | 0                | 100%                            |
| bruit blanc 3%  | Golay 24.12 | 88Mo 0152Ko                        | 13s 617ms        | 49Mo 0832Ko                           | 17s 845ms           | 1382400             | 0                | 100%                            |
| bruit blanc 5%  | Golay 24.12 | 88Mo 0640Ko                        | 14s 231ms        | 45Mo 0336Ko                           | 20s 869ms           | 2303863             | 0                | 100%                            |
| pourcentage 5%  | Golay 24.12 | 88Mo 0760Ko                        | 14s 320ms        | 45Mo 0424Ko                           | 20s 116ms           | 2306392             | 0                | 100%                            |
| bruit blanc 7%  | Golay 24.12 | 88Mo 0268Ko                        | 14s 268ms        | 25Mo 0788Ko                           | 21s 090ms           | 3225184             | 0                | 100%                            |
| pourcentage 8%  | Golay 24.12 | 87Mo 0980Ko                        | 14s 247ms        | 49Mo 0620Ko                           | 24s 753ms           | 3687536             | 0                | 100%                            |
| pourcentage 11% | Golay 24.12 | 87Mo 0992Ko                        | 14s 101ms        | 49Mo 0544Ko                           | 30s 710ms           | 5069195             | 118804           | 98%                             |

### C. Interprétation

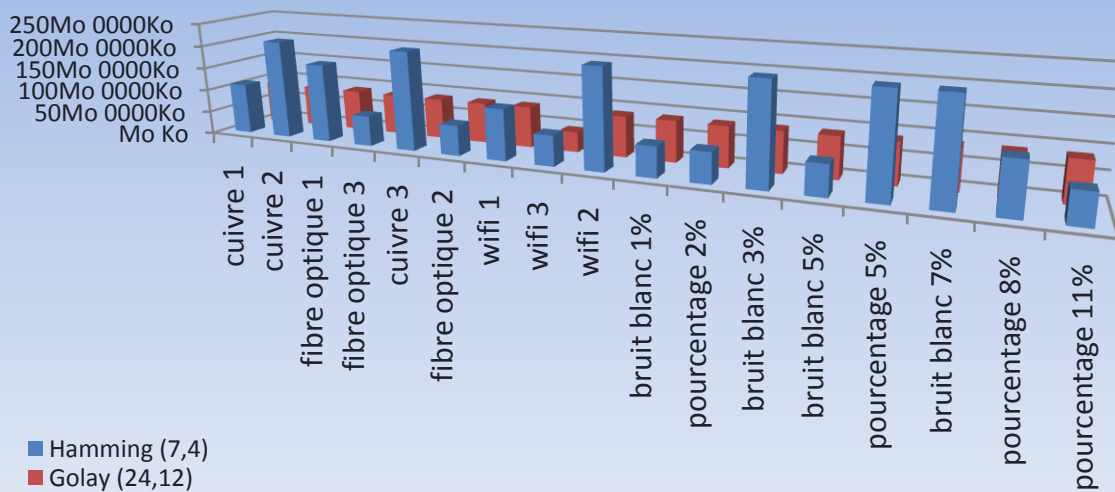


Commençons d'abord par le résultat le plus significatif : a-t-il corrigé ? Oui et non, en effet on peut voir que Golay (24,12) est excellent pour corriger les types d'erreur que nous lui avons fait subir (pas étonnant non plus au vu de sa redondance). Hamming a quelques problèmes. Comme nous l'a montré l'étude mathématique, il est incapable de corriger les uplets. Il va même jusqu'à rajouter des erreurs. De plus dans de hauts pourcentages d'erreur, Hamming corrige moins bien que Golay. Notons aussi que lorsque le bruit est régulier (bruit blanc), les deux codes corrigent très bien voire parfaitement.



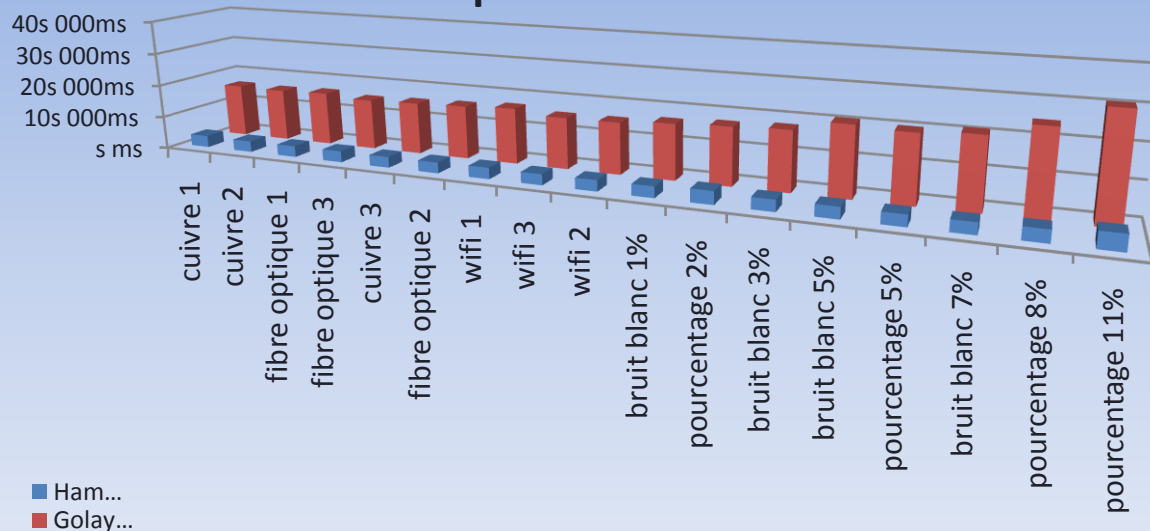
On voit clairement sur ce graphique et avec les résultats que Golay est cinq fois plus long à encoder le message (avec nos implémentations). On peut expliquer en partie cette différence par la quantité supérieure de calcul permettant d'ajouter la redondance.

## Mémoire utilisée pendant l'encodage

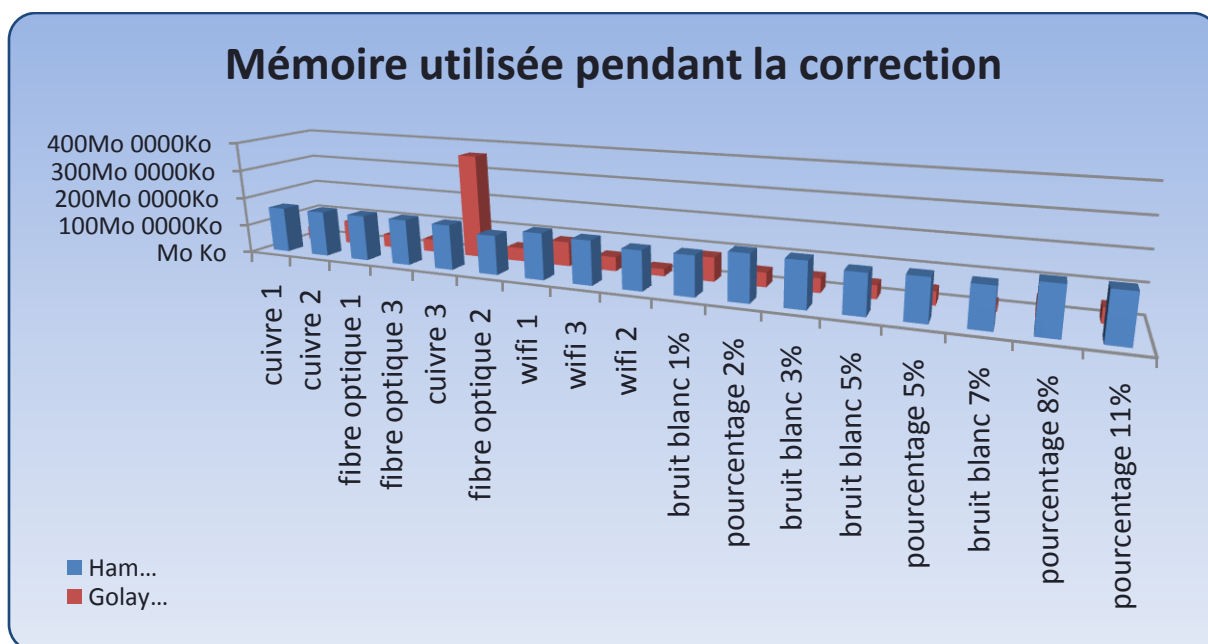


On peut voir sur ce graphique que le code de Hamming consomme en moyenne davantage de mémoire que le code de Golay. Cet aspect aura un impact important dans le type d'utilisation de ce code.

## Temps de correction



On note sur ce graphique, comme pour le codage, que Golay est beaucoup plus long que Hamming, notamment quand le nombre d'erreurs est important.



Encore plus que pour le codage, les ressources mémoires sont grandement sollicitées par Hamming alors que Golay reste faible sauf dans certains cas où l'on a soit des triplés soit un grand nombre d'erreurs.

#### IV. Conclusion

Tous ces résultats tant mathématiques que par simulation nous permettent de définir des plages d'utilisation pour ces deux codes. Un code peut être défini par 4 caractères : redondance de l'information, capacité à corriger des n-uplets, temps d'encodage/décodage, ressources nécessaires.

Hamming est donc plutôt adapté quand on veut émettre un minimum de redondance, sur un canal peut bruité et de manière rapide tout en ayant suffisamment de ressource derrière.

Golay est lui adapté quand on peut émettre des données sans se soucier de la quantité, sur un canal fortement bruité et avec des périphériques ayant peu de ressource par rapport à Hamming.