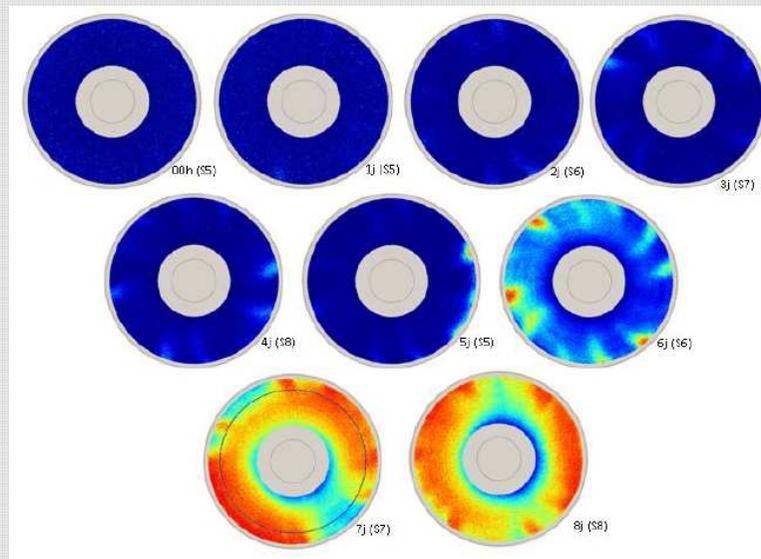




Détection des erreurs

en vue d'un modèle de vieillissement des disques optiques



Olivier ADAM, Jean-Marc FONTAINE et Jean-Dominique POLACK

PLAN

Le contexte

La chaine de mesures

La détection des erreurs

Conclusion

La présence d'erreurs

Constat : présence systématique d'erreurs à la lecture d'un disque

Propositions : 2 classes d'erreurs

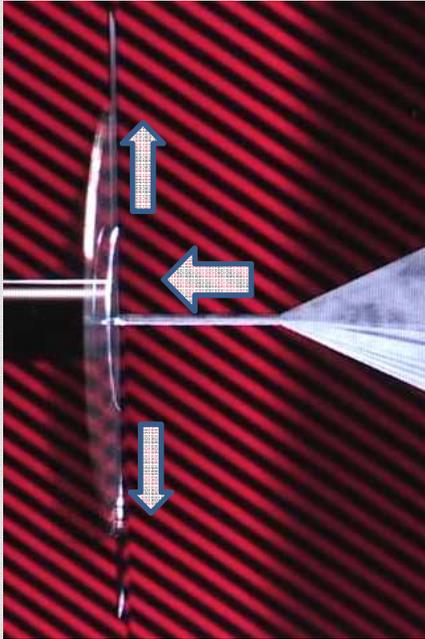
- Erreur récurrente : due à un pb sur le support (rayure, tâche)
- Erreur instantanée : due à un pb de lecture

Motifs :

- Qualité du disque
- Gravage
- Vieillesse
- Utilisation
- Performance du lecteur

La présence d'erreurs

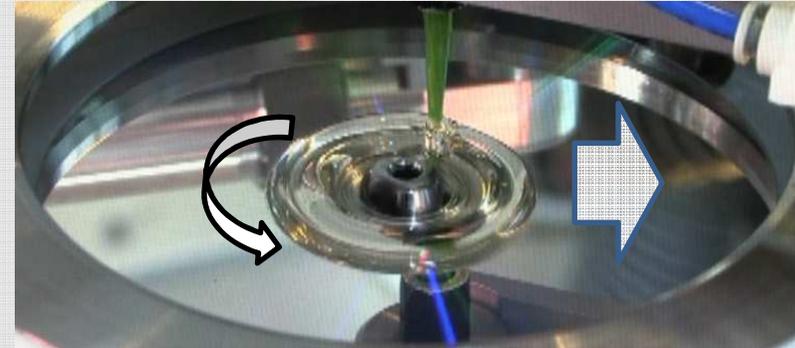
Au niveau du support :



Injection

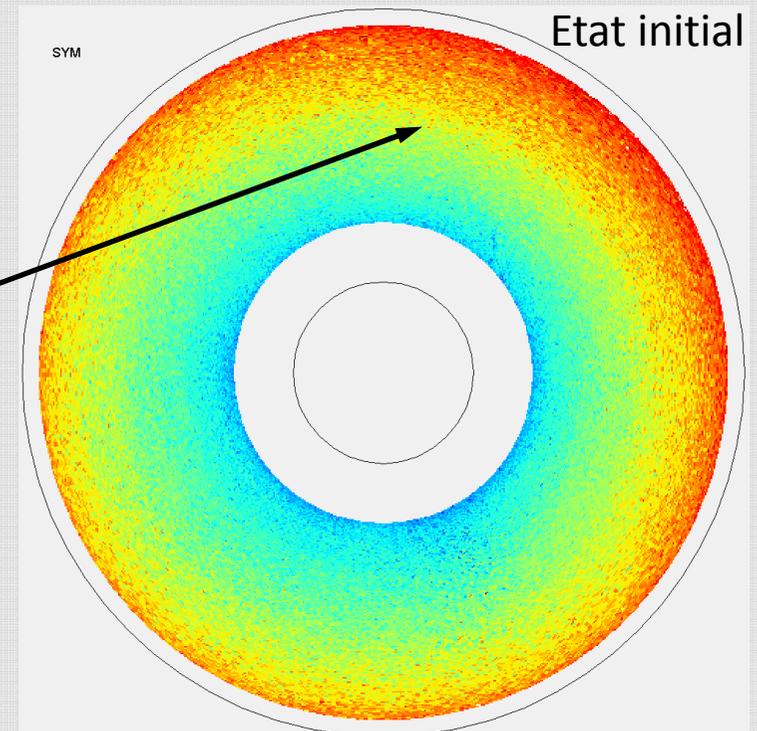


Enduction par centrifugation



Des variations radiales de propriétés (observées sur disques neufs ou vieillis) dues notamment :

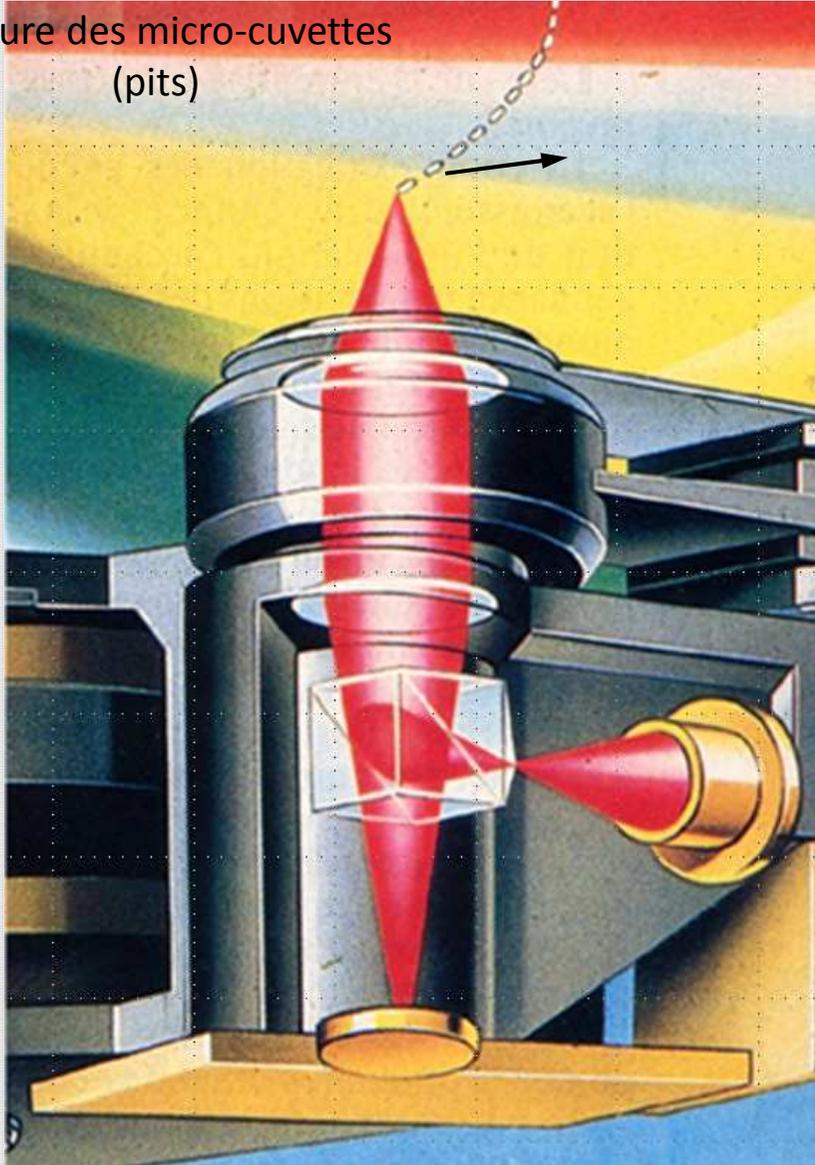
- Au mode d'injection du polycarbonate
- Au mode d'enduction des différentes couches
- A l'exposition du bord du disque au milieu extérieur (air, humidité)



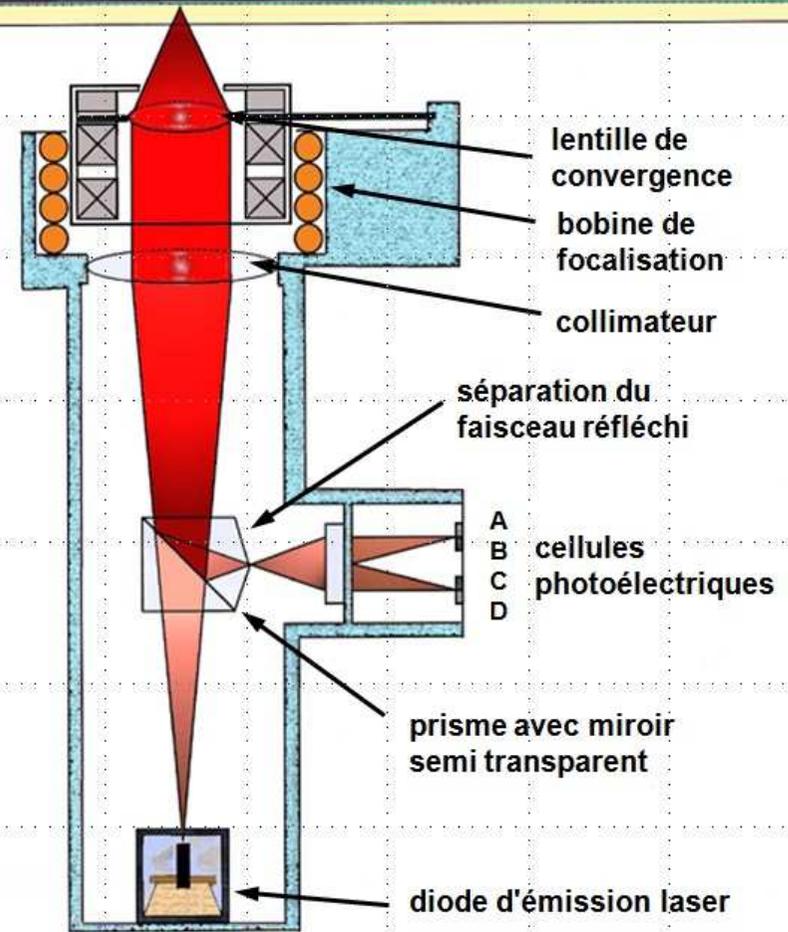
La présence d'erreurs

Au moment de la gravure :

Gravure des micro-cuvettes
(pits)



Asservissement du gain, de la
position, de la focale

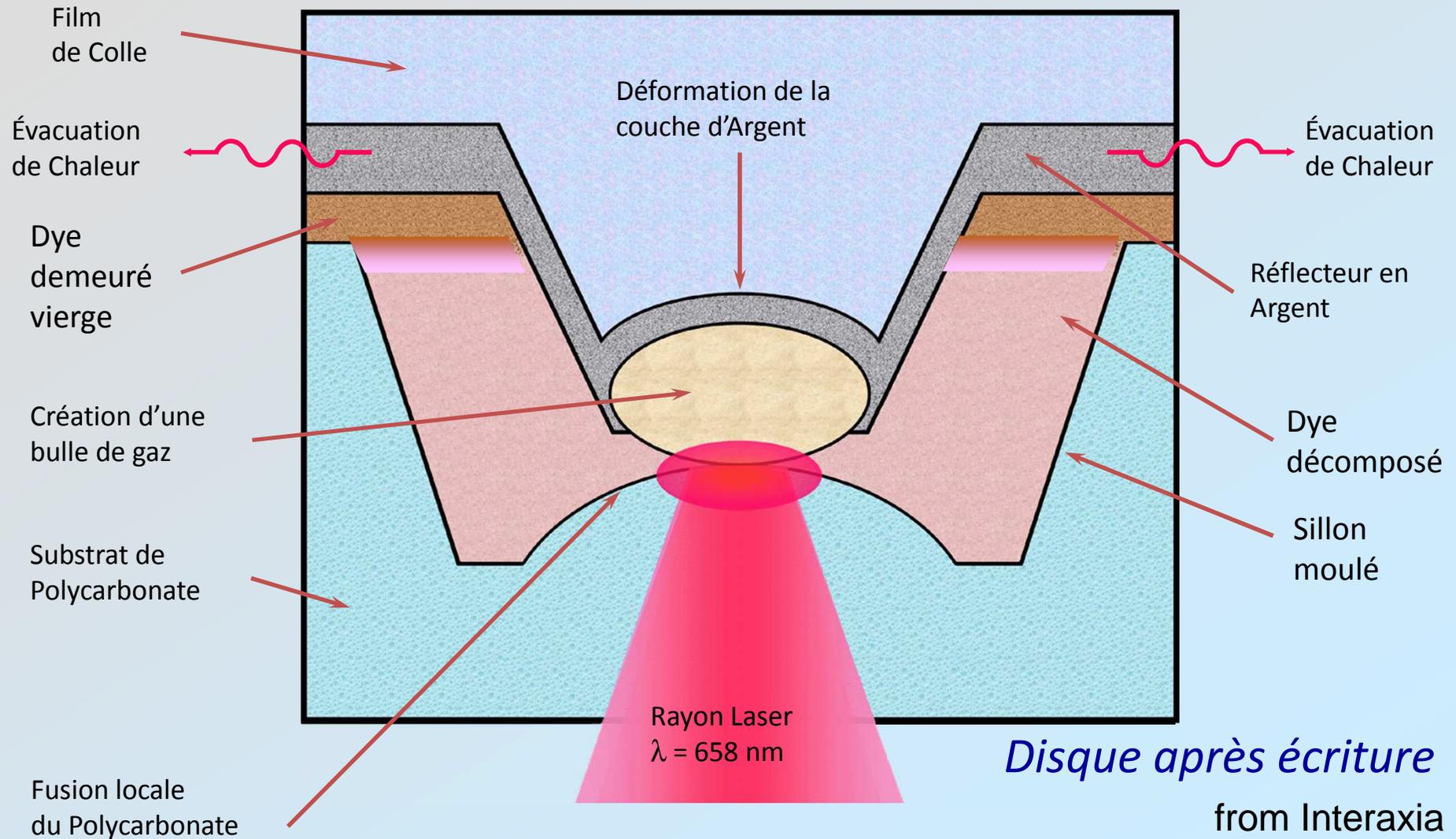


bloc optique

La présence d'erreurs

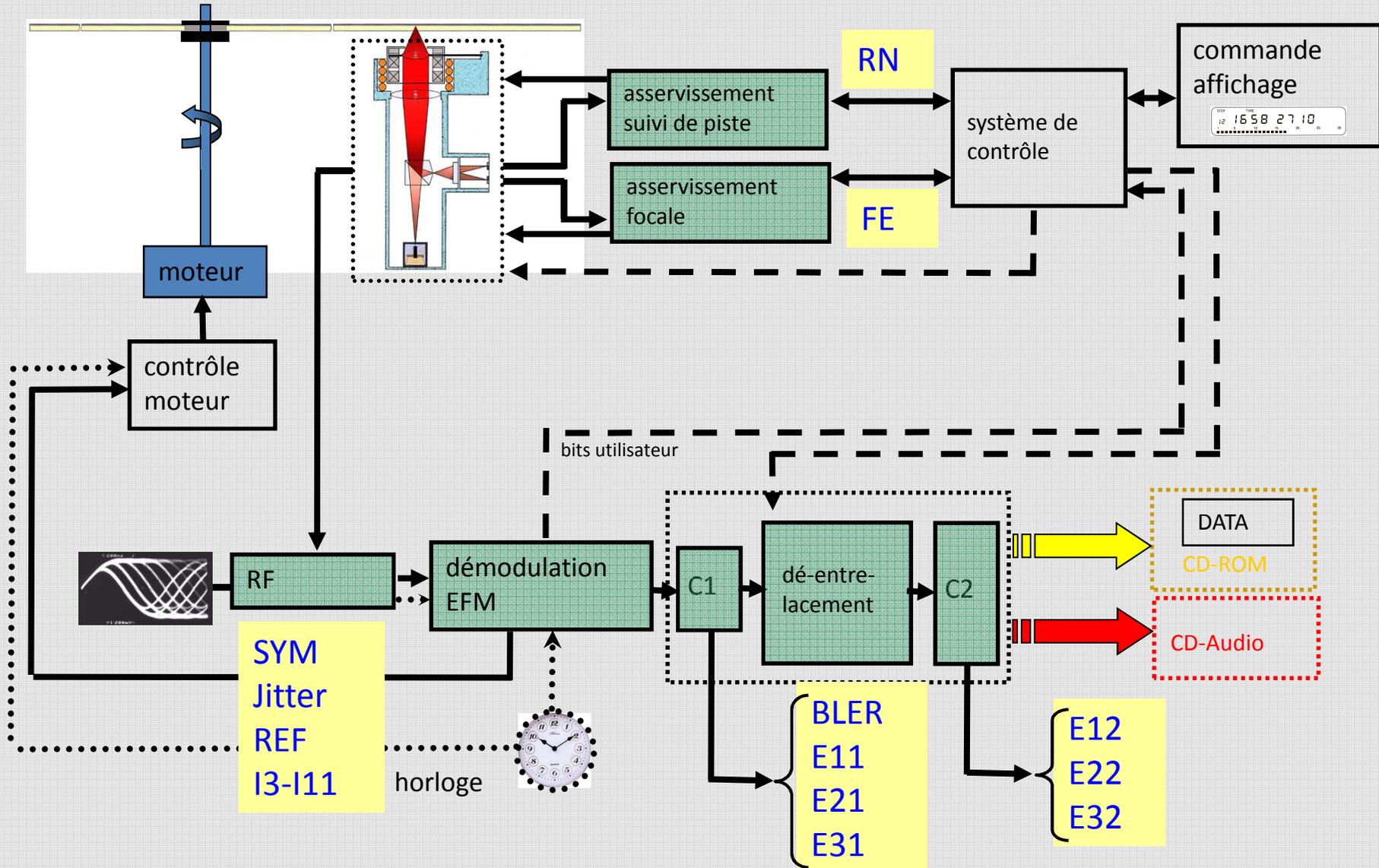
Au moment de la gravure :

Représentation schématique de la formation des marques (pits)



La présence d'erreurs

Au moment de la lecture :



La présence d'erreurs

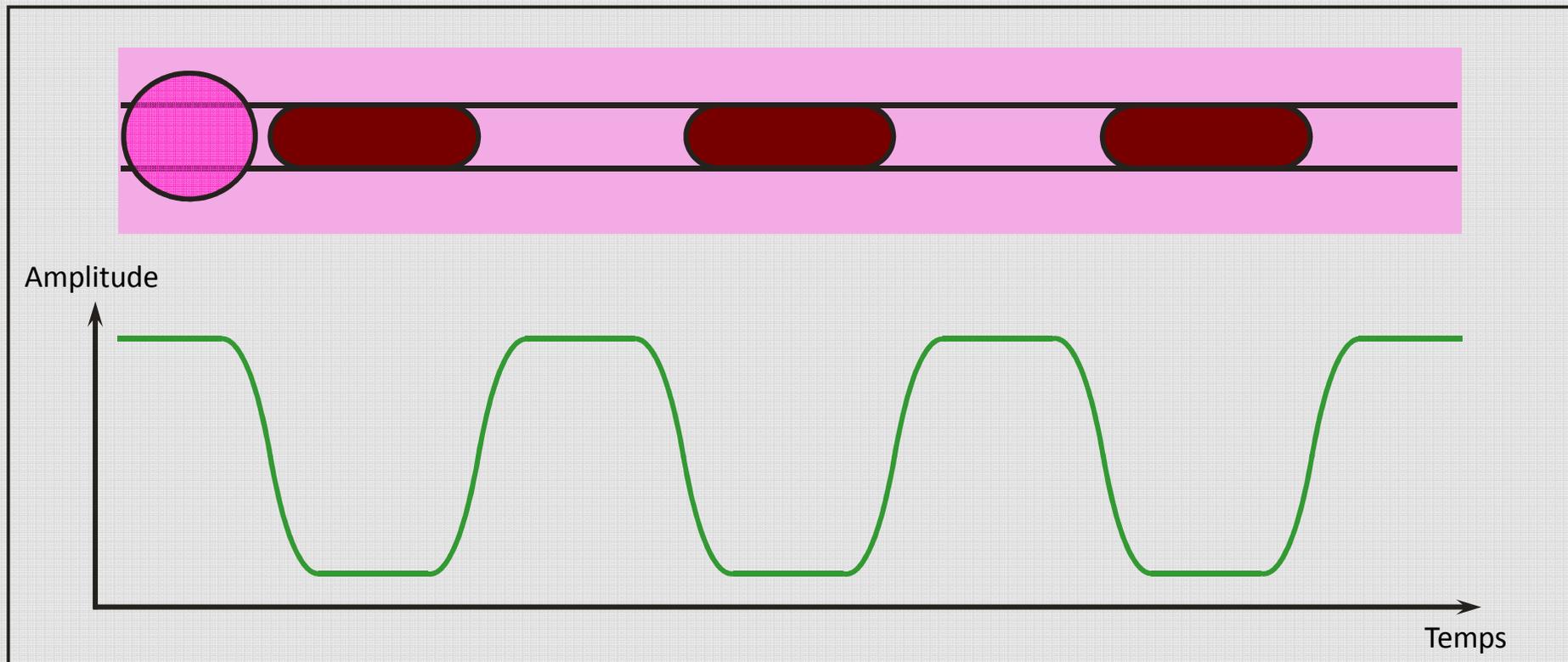
Au moment de la lecture :

Différence de réflectivité
entre les zones marquées et non marquées

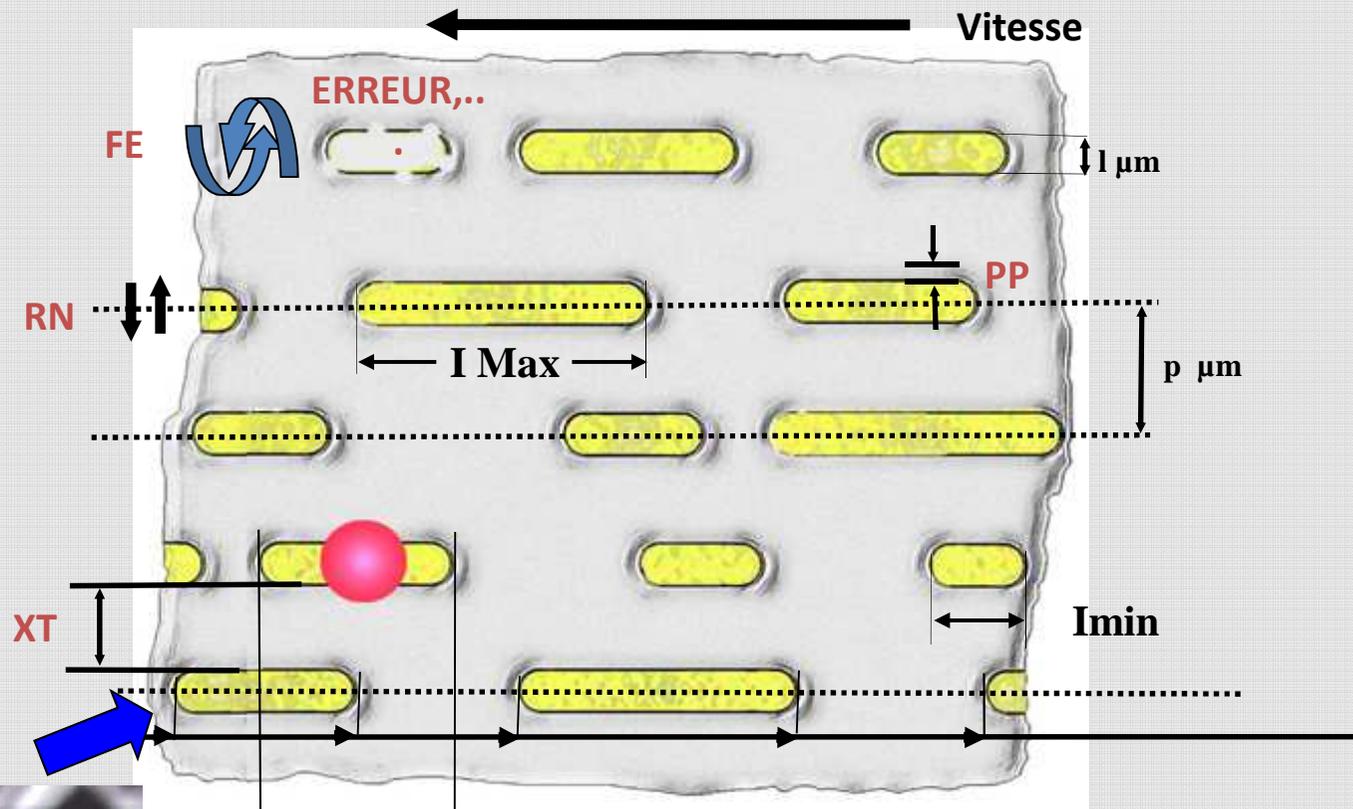
La transition entre marque et intervalle et entre intervalle et
marque donnera une variation progressive du signal.



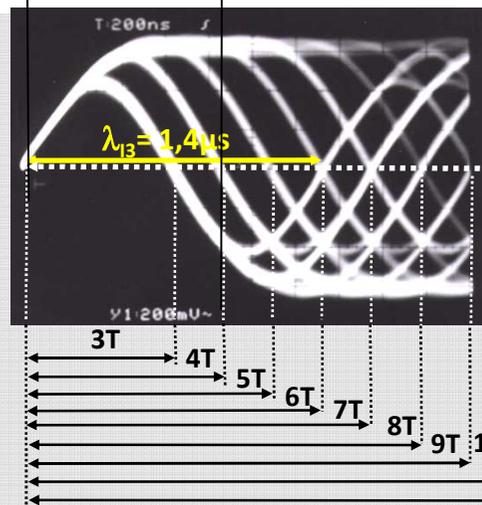
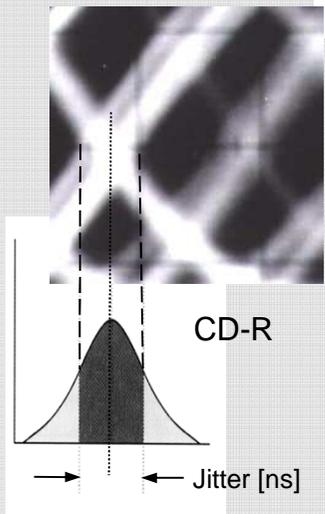
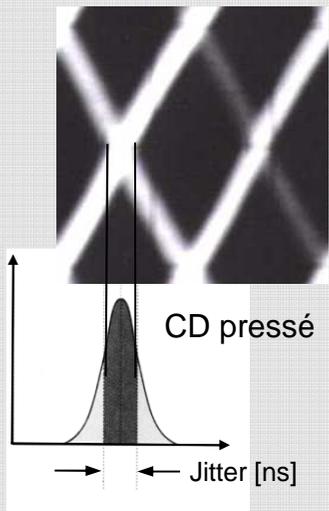
Disque gravé (dye)



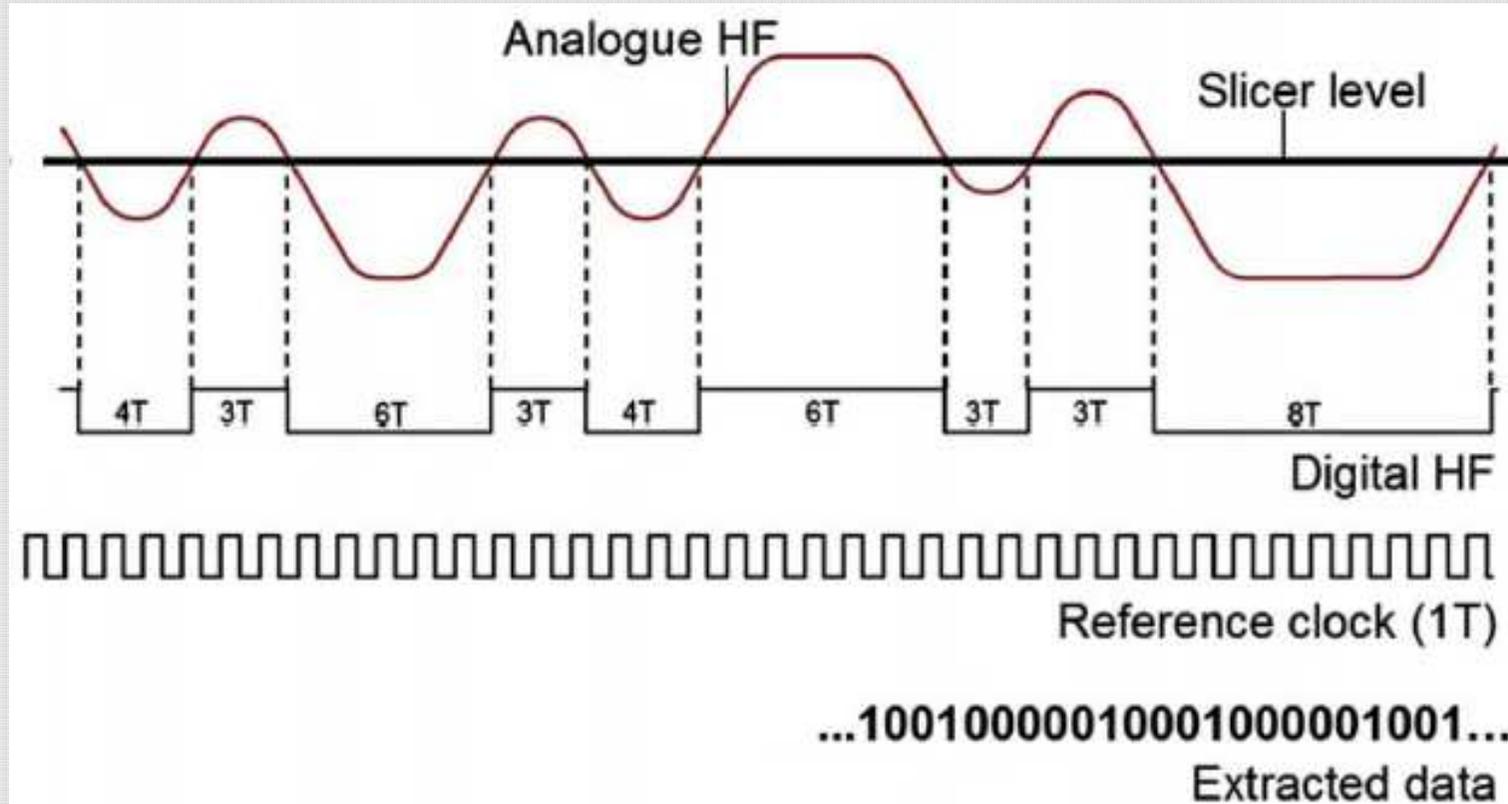
Les indicateurs



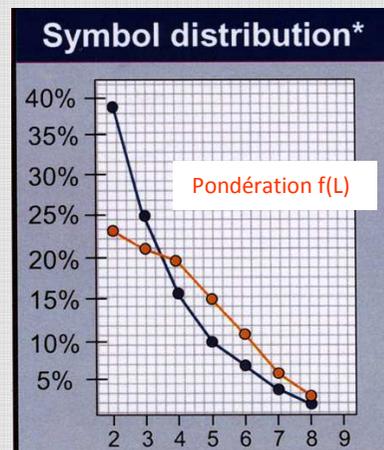
**REFLECTIVITE,
SYMETRIE,**



Du signal laser au données numériques



Distribution des durées



*Mots 9T synchro exclus

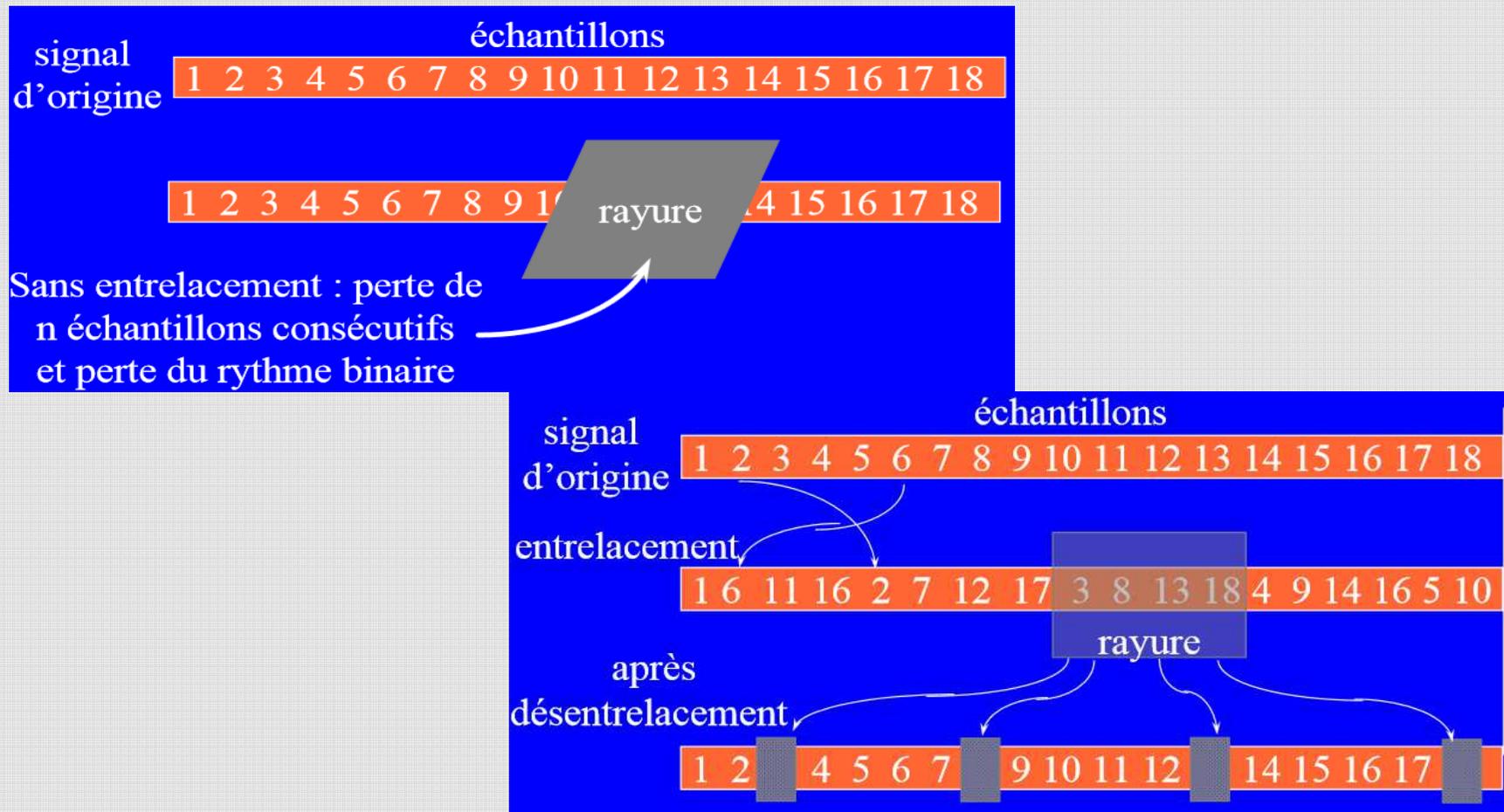
Organisation des trames et secteurs pour le CD-Rom

Mode 1					
2352 Octets, un secteur					
12 octets de synchronisation	4 octets de contrôle	2048 octets de données	4 octets détection d'erreur pour la trame	8 octets de blanc (suite de 0)	276 octets codes correction d'erreurs pour la trame
Mode 2					
2352 Octets, un secteur					
12 octets de synchronisation	4 octets de contrôle	2336 octets de données			

La présence d'erreurs

Stratégies :

1. L'entrelacement des données pour atténuer l'effet des rayures



La présence d'erreurs

Stratégies :

2. Utilisation de 2 correcteurs d'erreur type Reed Solomon

Correcteur basé sur la redondance de l'information
Approche mathématique déterministe

Thèse de Ravan De Senigon (2011) :

Etude de propagation des zones défectueuses – caractérisation du processus de dégradation

définir les seuils d'illisibilité comme des fonctions de l'intensité d'erreurs

Proposition de modélisations statistiques dont le recours à un modèle de poisson
pour décrire les zones saines et les zones d'erreurs

PLAN

Le contexte

La chaine de mesures

La détection des erreurs

Conclusion

La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

Stratégies : lecture du signal issu de la diode laser

Matériels

Ordinateur Kiss 4U KTC

Carte d'acquisition : Spectrum M3i.2132



Caractéristiques

SSD 200Go

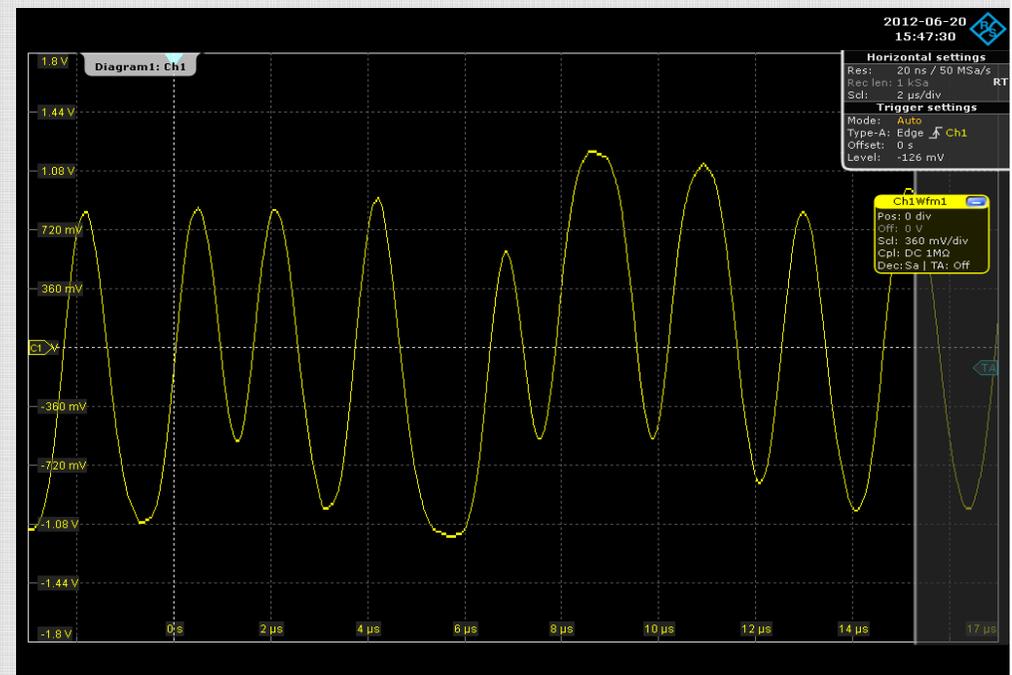
8 bits

Fe de 20MHz à 1GHz

Configuration retenue

Fe = 40MHz

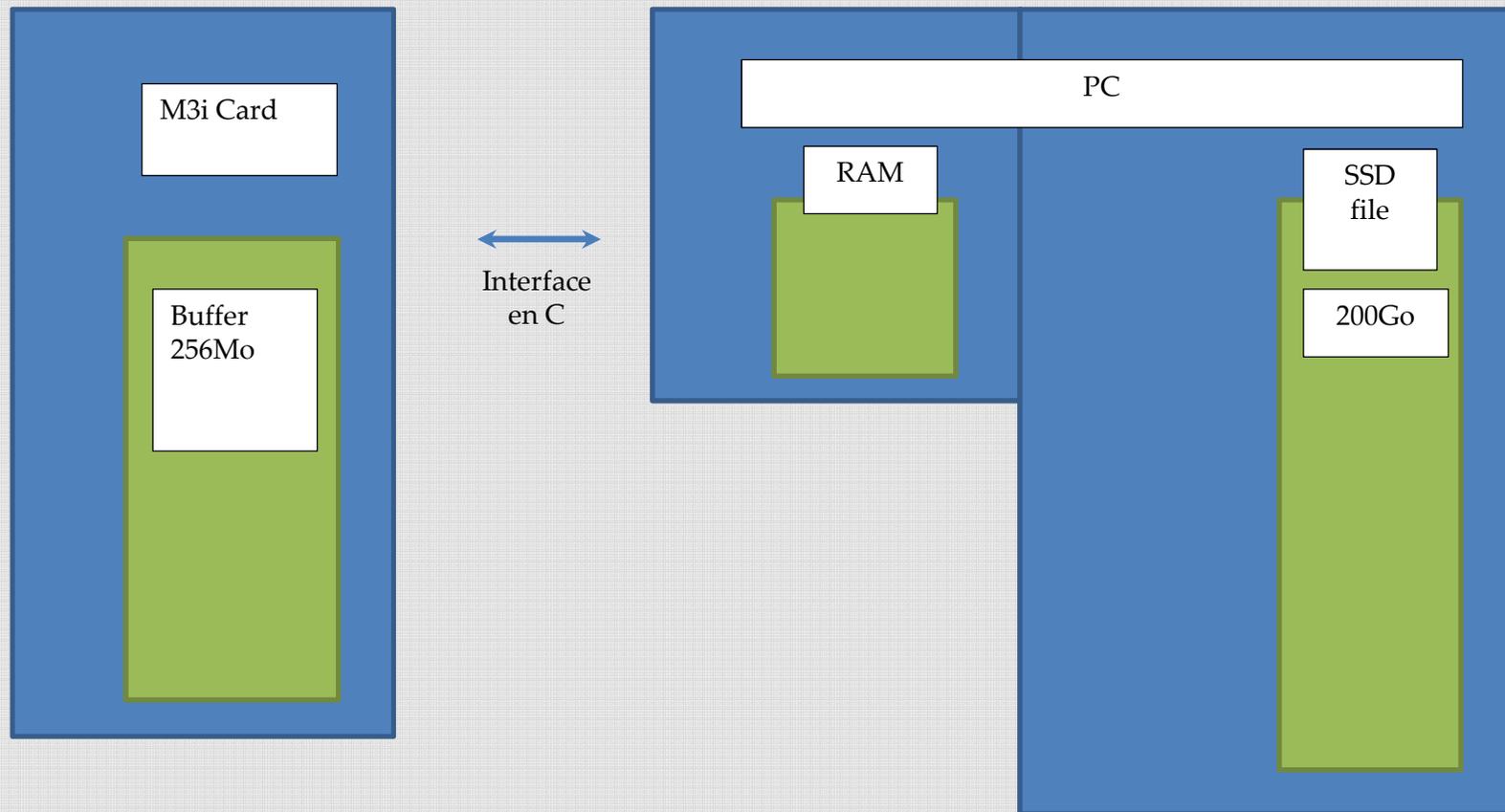
→ 10 échantillons / bit



La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

Stratégies : lecture du signal issu de la diode laser

Acquisition



Acquisition du signal laser via la carte Spectrum M3i
pilotée par le PC Kiss équipé d'un disque SSD

La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

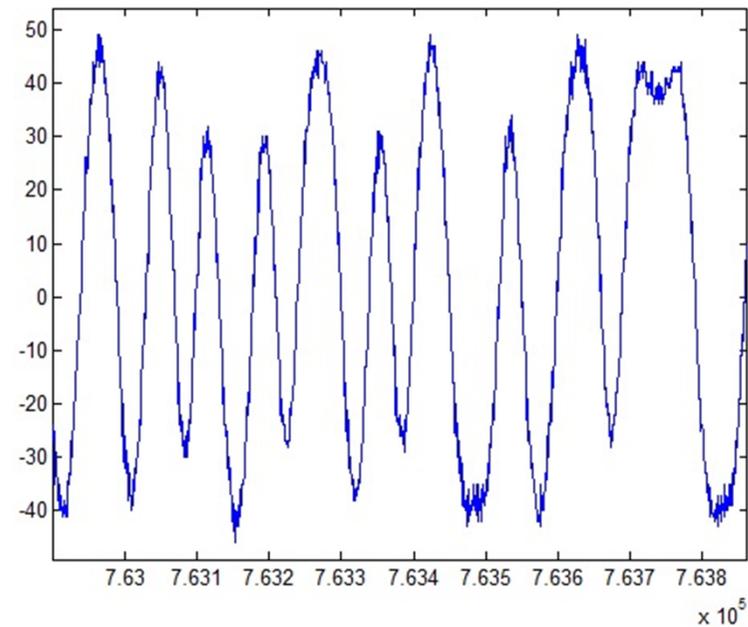
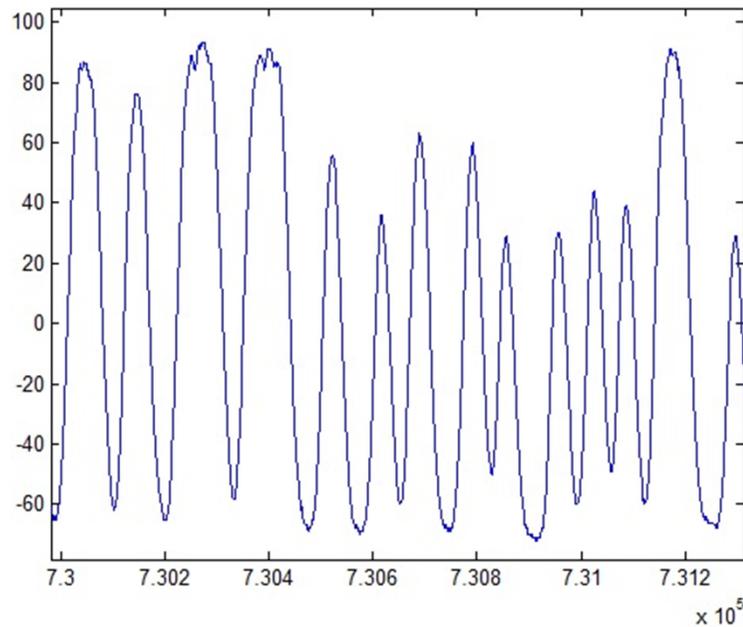
Stratégies : lecture du signal issu de la diode laser

Acquisition

signal de sortie laser d'un CD Audio

CATS

platine STUDER



La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

Stratégies : lecture du signal issu de la diode laser

Conditionnement du signal

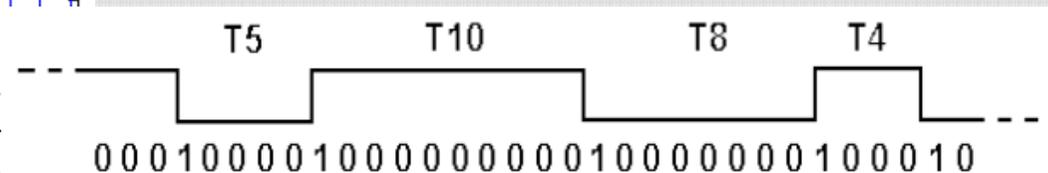
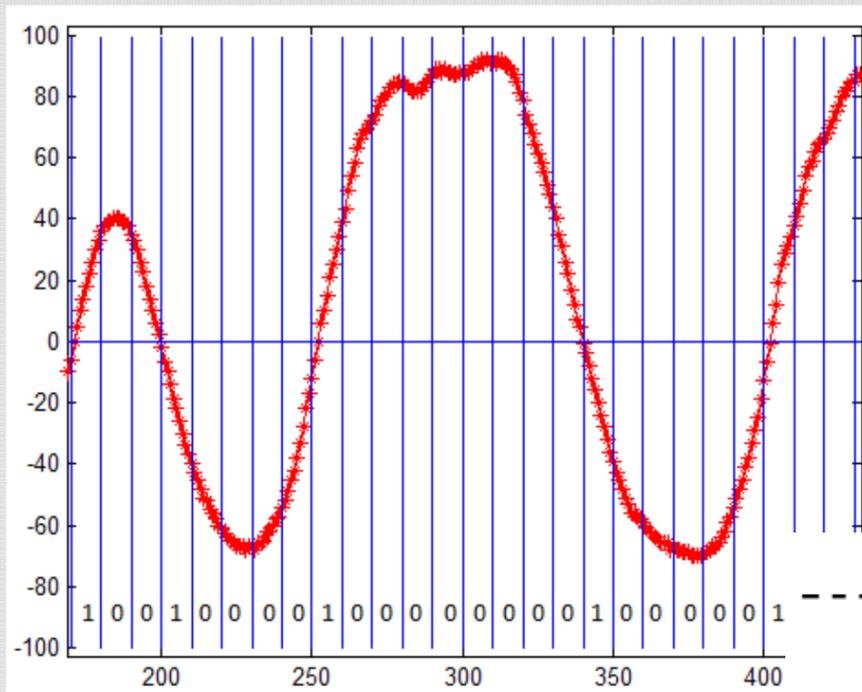
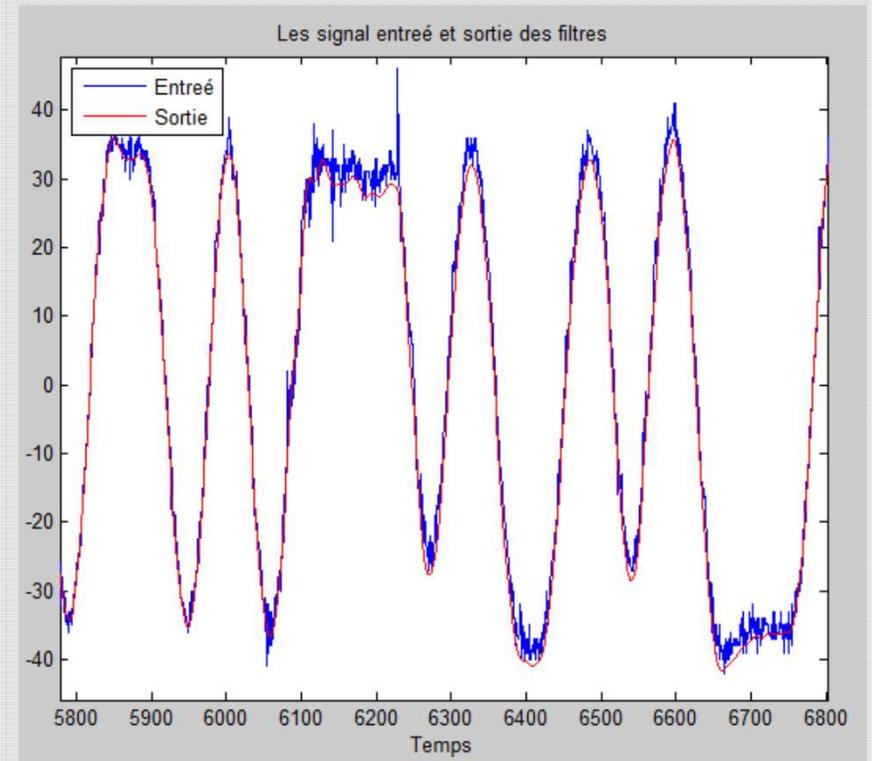
Filtre LF Butterworth ordre 9 $f_c=0.05F_e$

Filtre HF Butterworth ordre 4 $f_c=0.0000375F_e$

Identification des trames

Détection des fronts montants/descendants

Mesure des durées

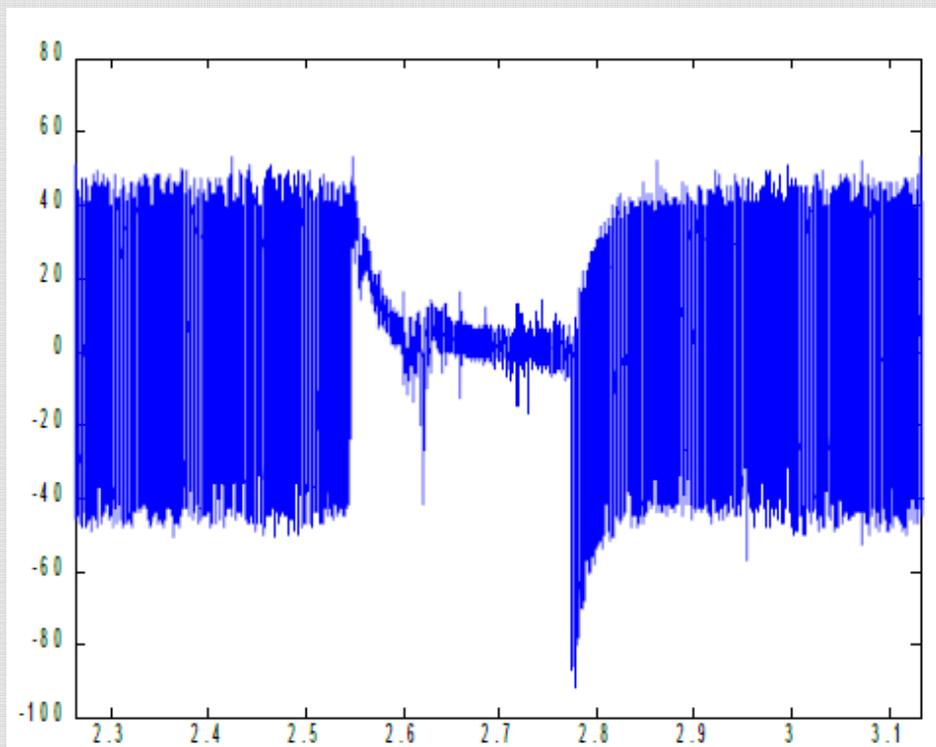


La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

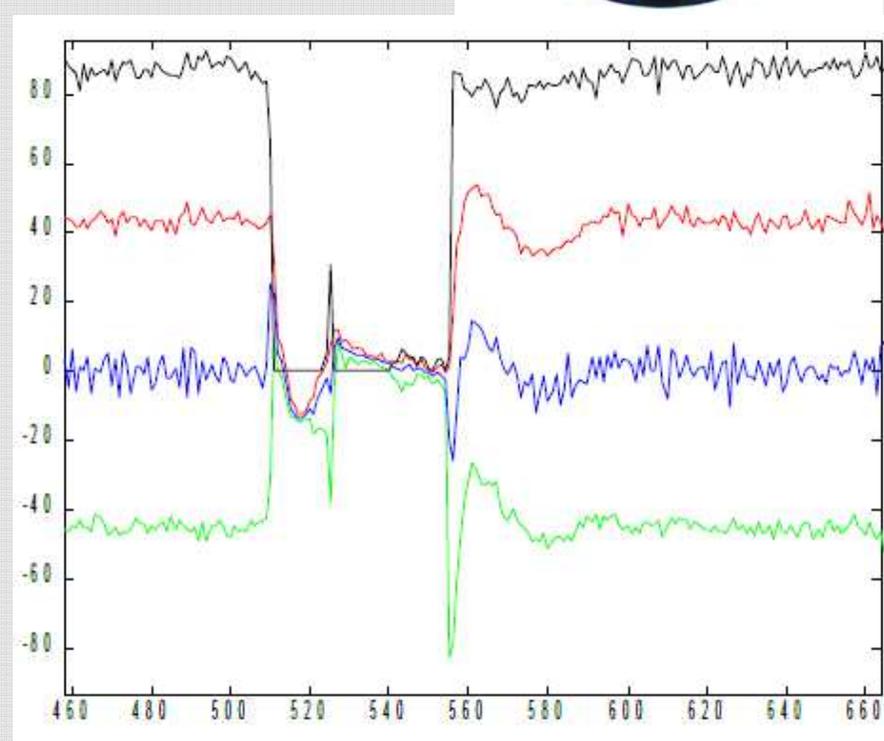
Stratégies : lecture du signal issu de la diode laser



Effets sur le signal laser



Mise en évidence d'une rayure



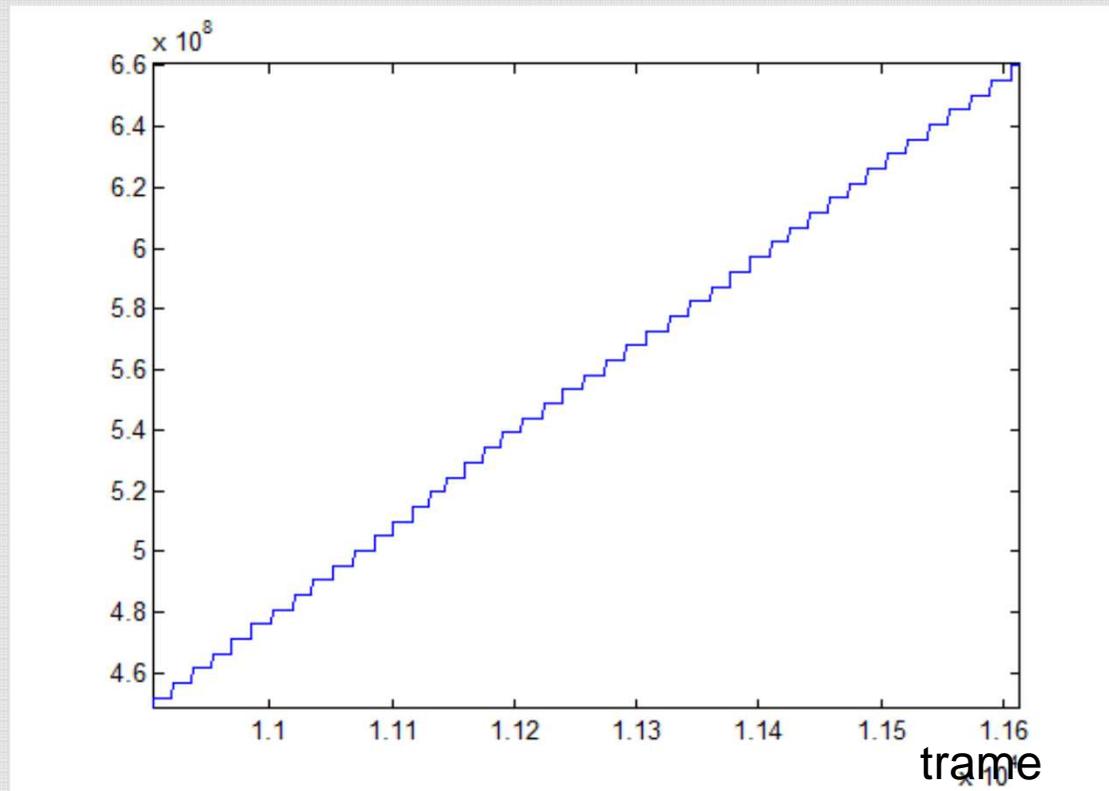
Noire: amplitude max du saut dans la trame
rouge: valeur max dans la trame
vert : valeur min dans la trame
bleu: valeur moyenne de la trame

La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

Identification d'une rayure latérale

Nous avons rayé un disque (22188 pistes touchées)

Emplacement des erreurs (en μm)



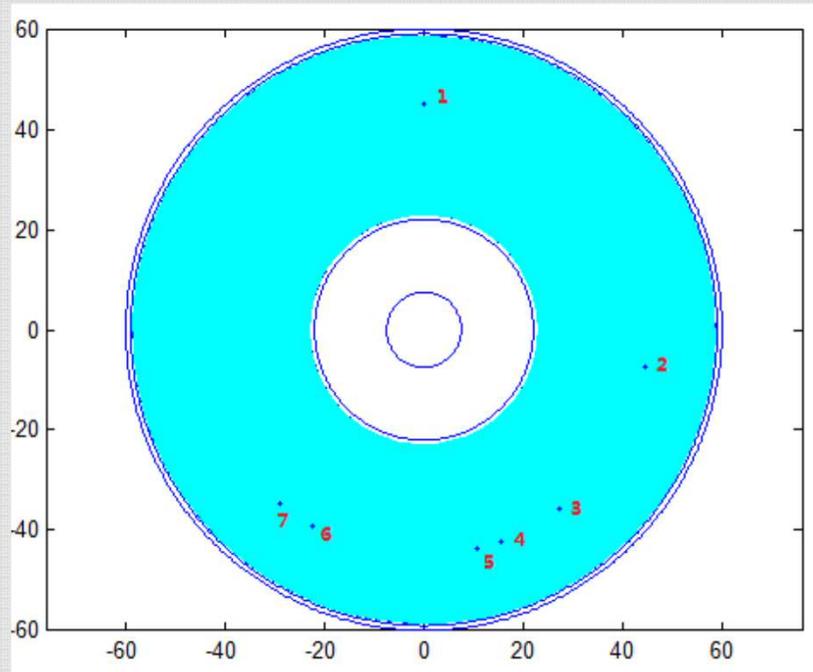
	1	2	3
1	3147000	2	1
2	3146000	3	1
3	2943000	4	1
4	6088500	5	1
5	207500	6	1
6	6086500	7	1
7	5878500	8	1
8	2940000	9	1
9	3149500	10	1
10	18474000	11	1
11	2940000	12	1
12	3149000	13	1
13	8825000	14	1
14	3147500	15	1
15	15330000	16	1
16	6091000	17	1
17	15128500	18	1
18	3148500	19	1
19	2944500	20	1
20	6092000	21	1
21	3149500	22	1
22	9036500	23	1
23	3151500	24	1
24	587500	25	1
25	2352500	26	1
26	15337500	27	1
27	6098500	29	2
28	6097000	28	1

Les erreurs sont espacées du périmètre du cercle qui évolue progressivement (nb de bits entre 2 erreurs compris entre 566712 (rayon min 25mm) et 1323768bits (rayon max de 58,5mm))

→ On distingue les erreurs récurrentes des tâches

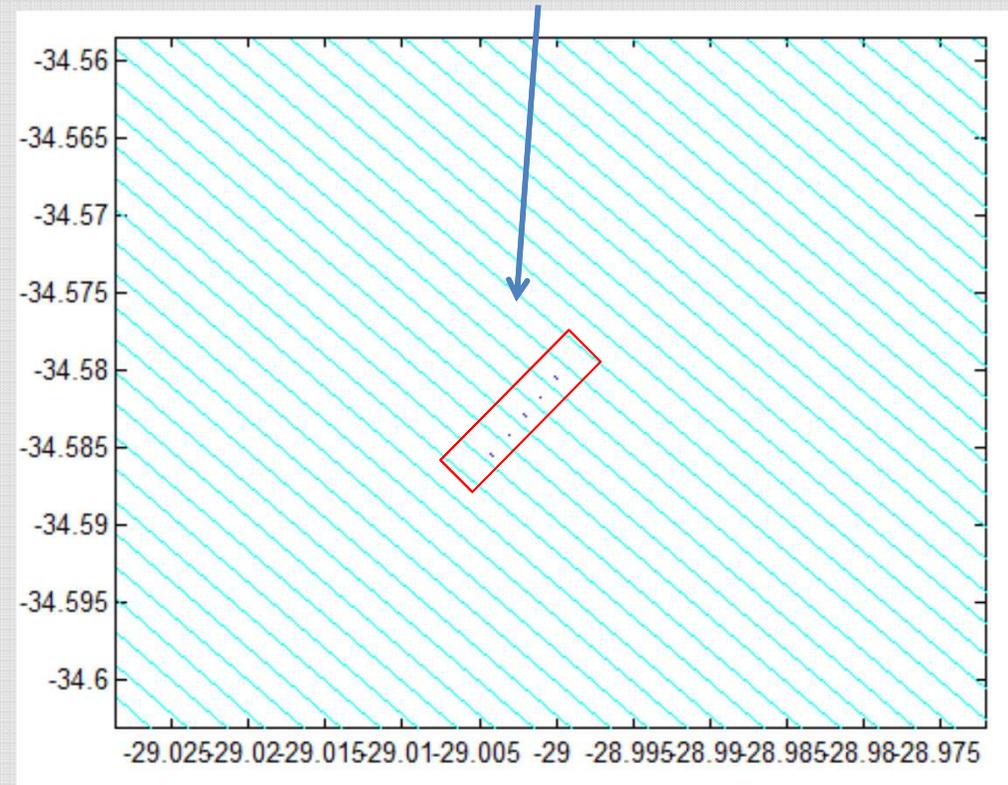
La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

Position relative des erreurs sur le CD



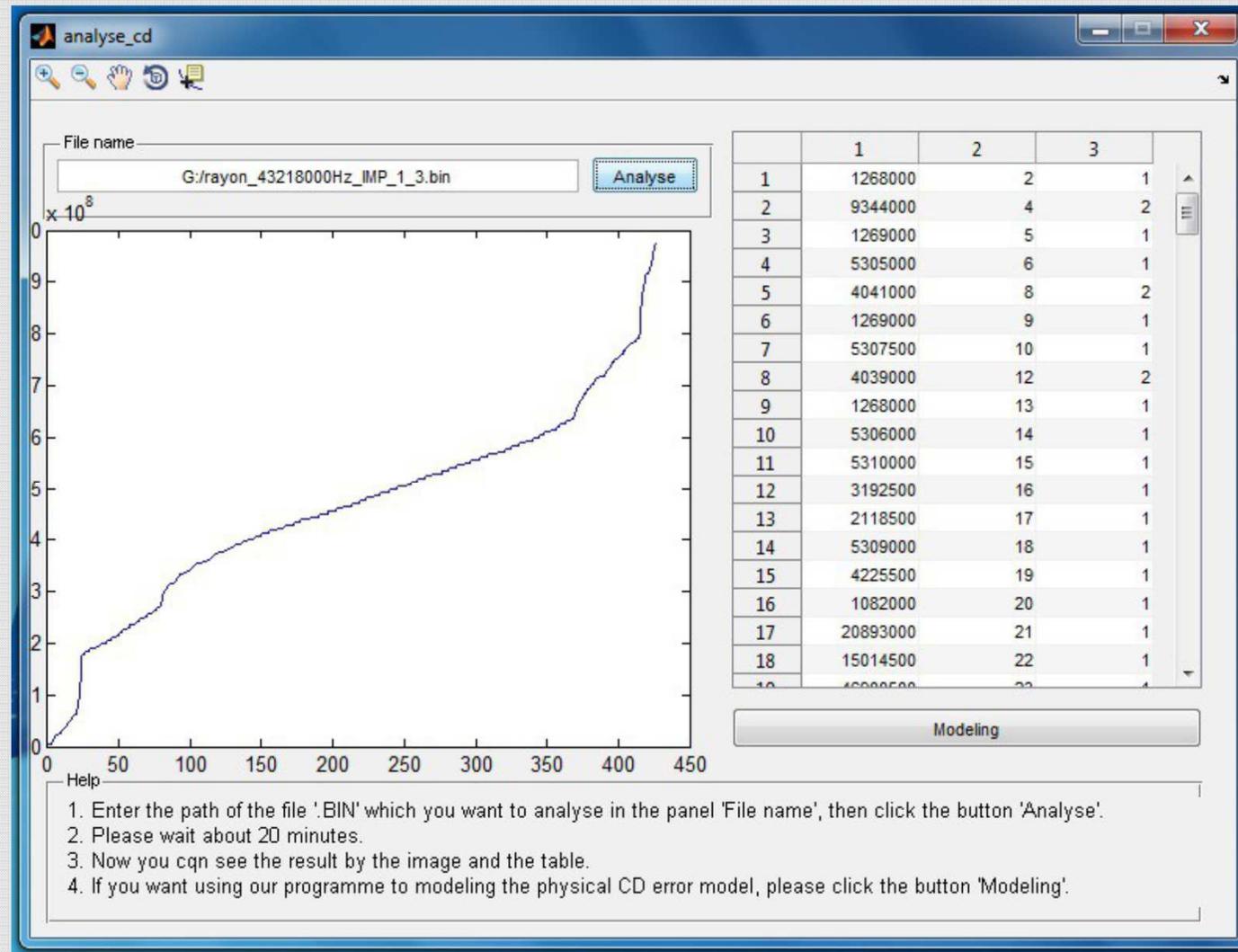
Les 7 premières erreurs

Zoom sur 5 tours successifs



La présence d'erreurs : à partir du signal analogique

Interface graphique Matlab



PLAN

Le contexte

La chaine de mesures

La détection des erreurs

Conclusion

Correcteur d'erreurs

Remarques préliminaires :

Les 2 étages de correcteurs d'erreurs sont limitants et anciens

On cherche à caractériser les erreurs et à les réparer

On s'inspire de solutions développées sur le Blu-Ray et le DVD-HD

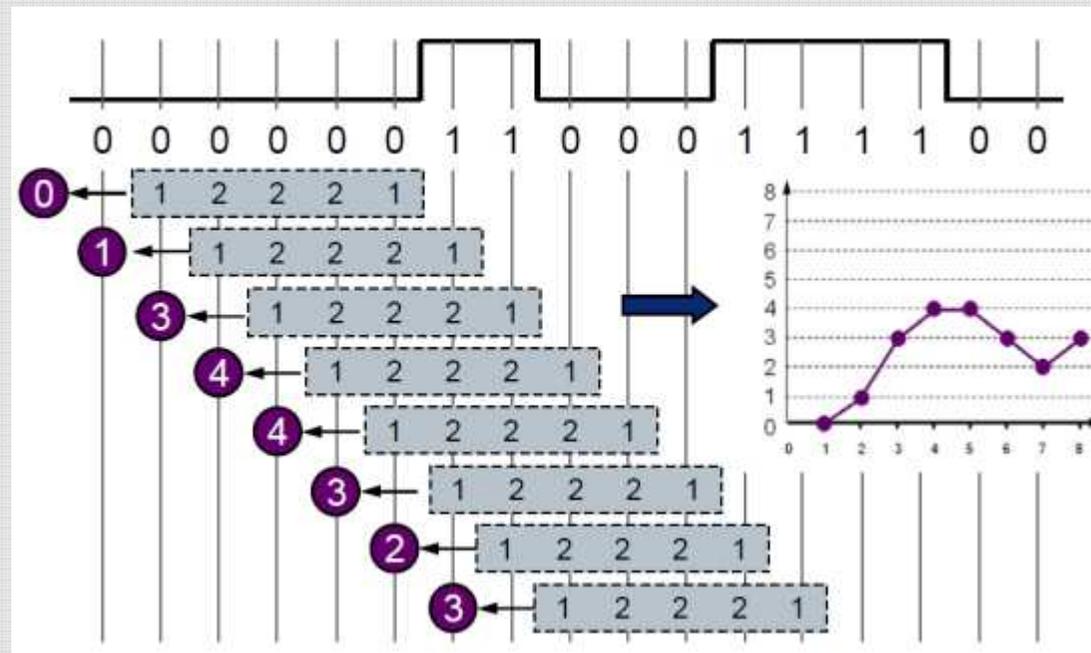
Les bits successifs respectent des règles et sont organisés temporellement

Correcteur d'erreurs

Stratégie :

Il s'agit de tenir compte des contraintes du codage des secteurs :

- Codage EFM
- Contrainte (10;2) donc avec insertion de 3 bits de transition
- Les 27 bits de synchronisation (2 séquences de « 1 » suivi de 10 « 0 ») en début de chaque trame
- Les symboles de signalisation P et Q
- 9 niveaux servent à représenter le Read Signal (DVD-HD)



Correcteur d'erreurs

Algorithme de Viterbi

Chaîne de Markov d'ordre 1 :

la probabilité d'un état ne dépend que de l'état précédent

Une chaîne de Markov est caractérisée par une matrice de transition

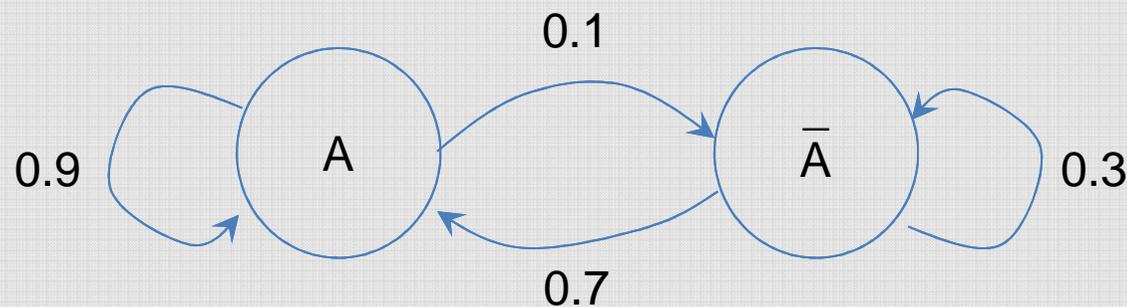
Exemple

Considérons une marque A qui veut introduire une nouvelle voiture sur le marché

Avec comme constatation :

90% de propriétaires de cette marque A resteront fidèles à A

70% de propriétaires de voiture d'une autre marque viendront chez A



Prochains états

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & \bar{A} \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ \bar{A} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 \\ 0.7 & 0.3 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

États actuels

Correcteur d'erreurs

Algorithme de Viterbi

Chaîne de Markov d'ordre 1 :

la probabilité d'un état ne dépend que de l'état précédent

Une chaîne de Markov est caractérisée par une matrice de transition

Exemple pour le DVD

Il doit toujours y avoir min 2 bits identiques qui se suivent et max 8

→ 9 cas possibles

La matrice de transition : on supprime un bit et on en rajoute un de l'autre côté en respectant les 9 cas décrit dans ce tableau

0	0000
1	0001
2	0011
3	0110
4	0111
5	1000
6	1001
7	1100
8	1110
9	1111

Correcteur d'erreurs

Algorithme de Viterbi

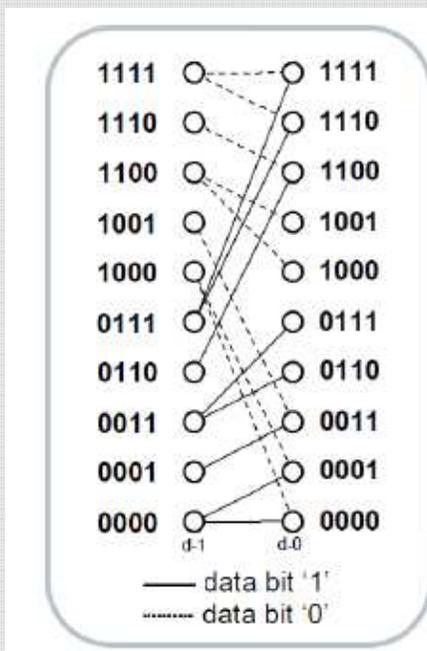
Chaîne de Markov d'ordre 1 :

la probabilité d'un état ne dépend que de l'état précédent

Une chaîne de Markov est caractérisée par une matrice de transition

Exemple pour le DVD

La matrice de transition : on supprime un bit et on en rajoute un de l'autre côté en respectant les 9 cas décrit dans ce tableau



Matrice de transition correspondante de t à $t+1$

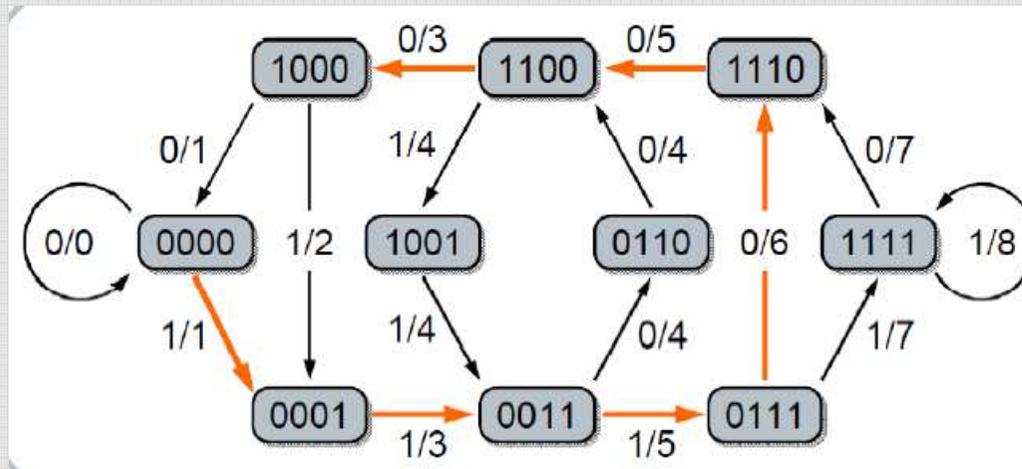
$$\Rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

0	0000
1	0001
2	0011
3	0110
4	0111
5	1000
6	1001
7	1100
8	1110
9	1111

Algorithme de Viterbi

Grappe d'association entre les états et les niveaux

On rajoute un « 0 » au dernier bit



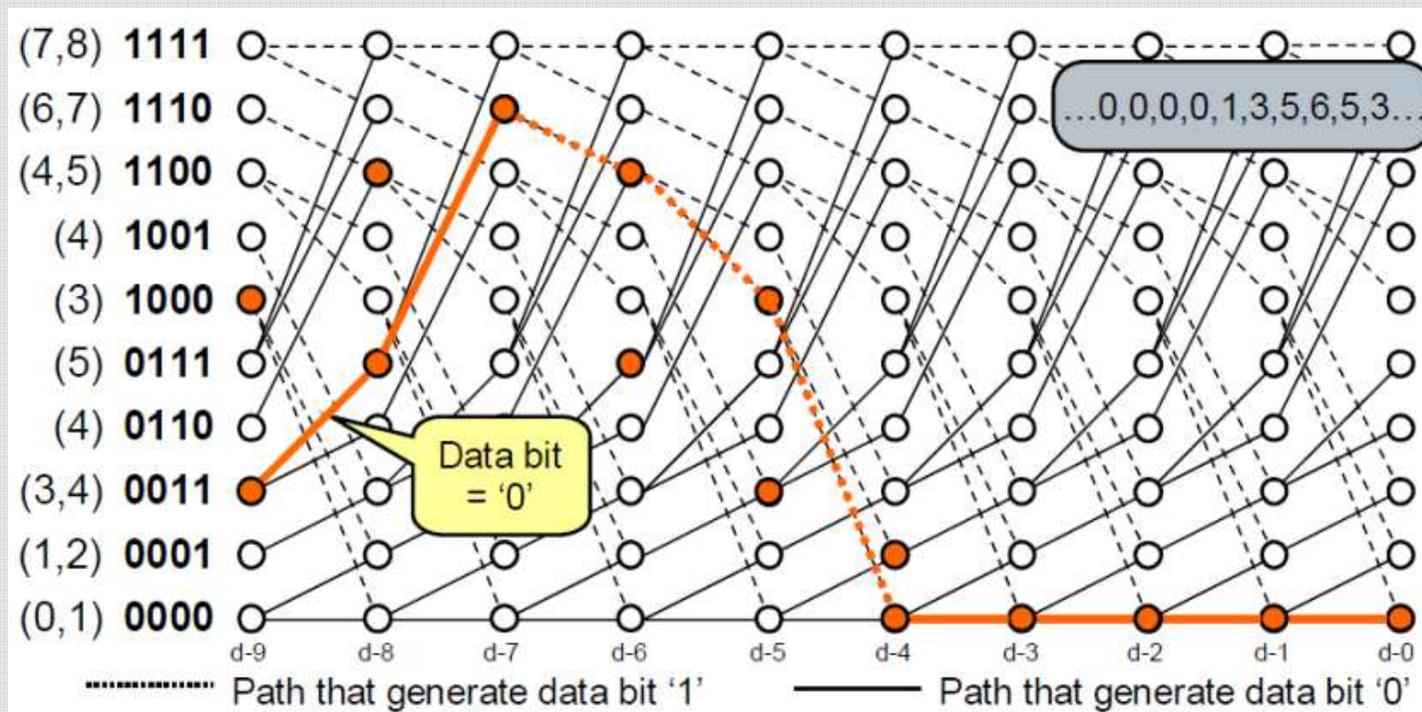
On rajoute un « 1 » au dernier bit

Algorithme de Viterbi

Finalement, on fait le raisonnement inverse :

À partir de l'état à un instant t , on regarde les états possibles précédents

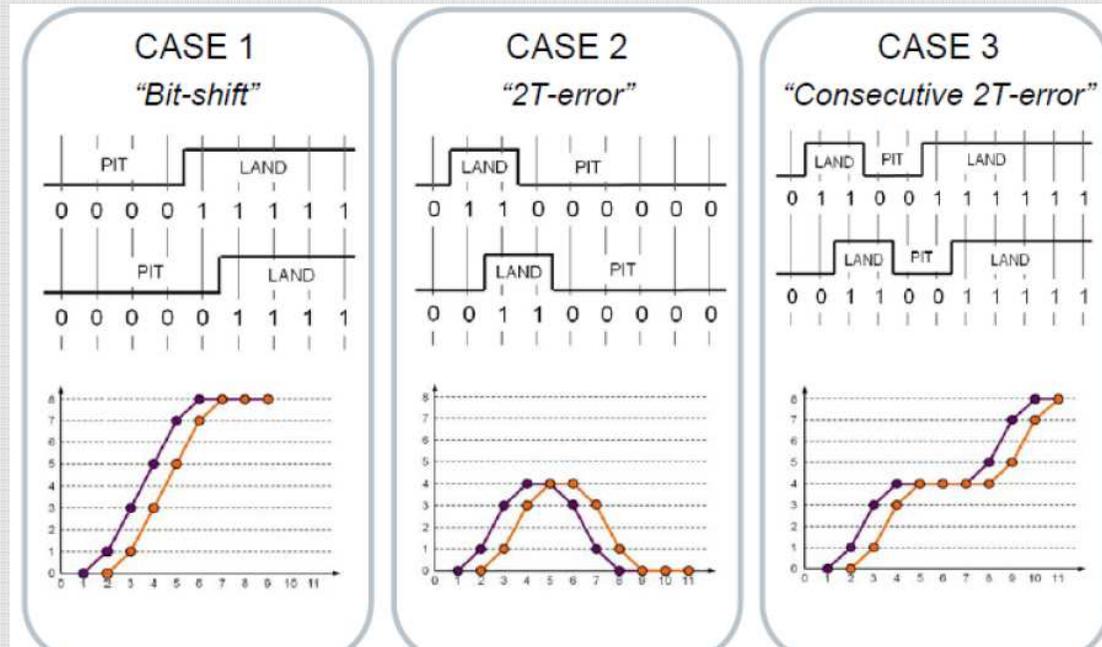
Plusieurs chemins précédents sont possibles, mais en augmentant la profondeur, le nombre de possibilités se restreint jusqu'à finir à un seul chemin unique possible



Algorithme de Viterbi

Lorsque des erreurs apparaissent

3 types issus de décalage sont envisagés



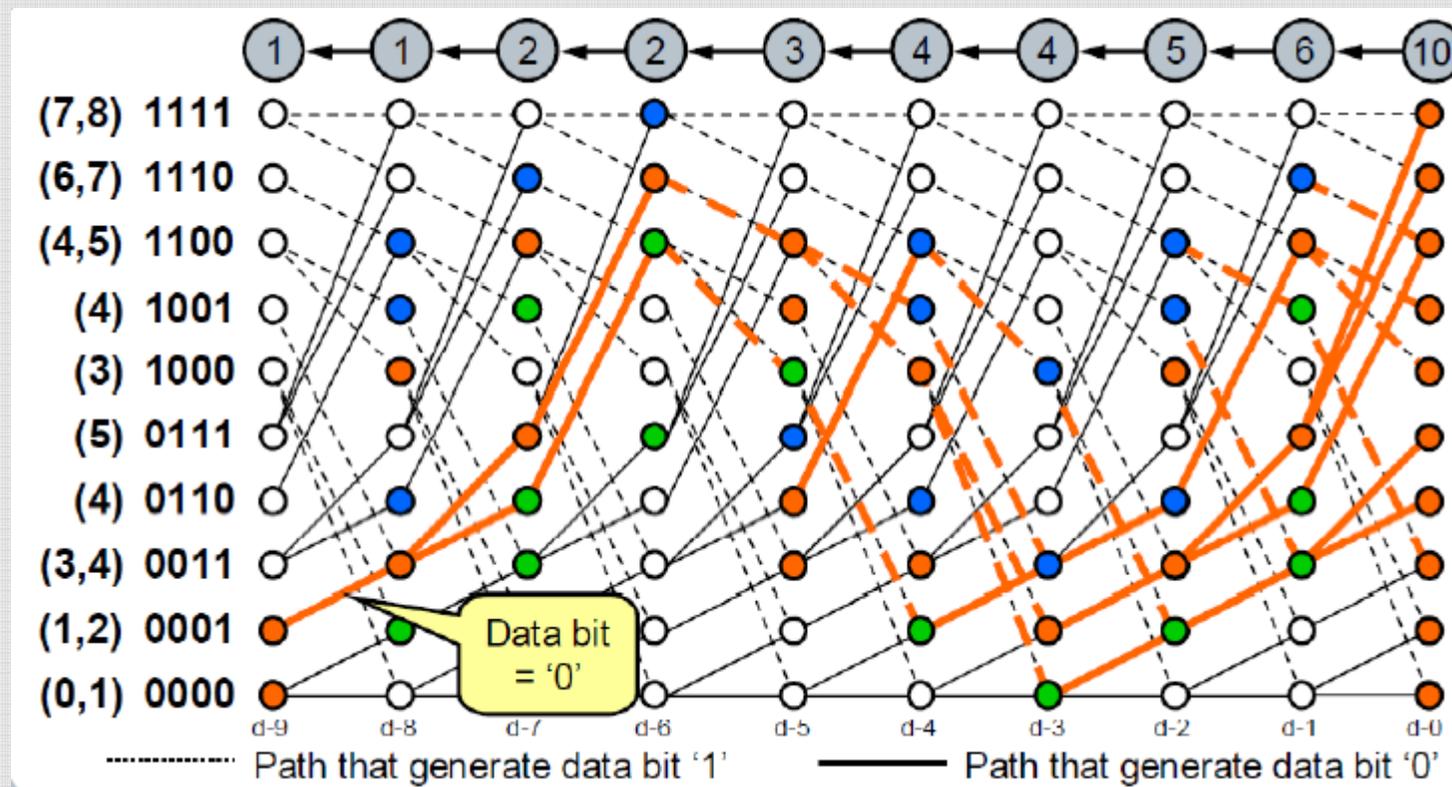
Algorithme de Viterbi

Lorsque des erreurs apparaissent

3 types issus de décalage sont envisagés

Les chemins possibles augmentent, et souvent
la profondeur doit être étendue

Performances évaluées sur des niveaux simulés



Intérêts

On s'affranchit des 2 étapes de correcteurs d'erreur

On augmente le nombre d'erreurs successives dans la trame

On se situe au niveau du bit

Les difficultés rencontrées

Différence de performances entre Viterbi appliqué

- Sur les niveaux
- Sur les bits

Réaliser l'histogramme des niveaux sur tout le CD

- rajouter une matrice de probabilité des états

Robustesse au bruit

- définition des niveaux sensible

La détection et la localisation des erreurs

PLAN

Le contexte

La chaine de mesures

La détection des erreurs

Conclusion

Conclusion

Analyse locale : bit / bit

Analyse contextuelle : bits dans une trame

Distinction des erreurs récurrentes / instantanées

Temps de calcul et taille mémoire

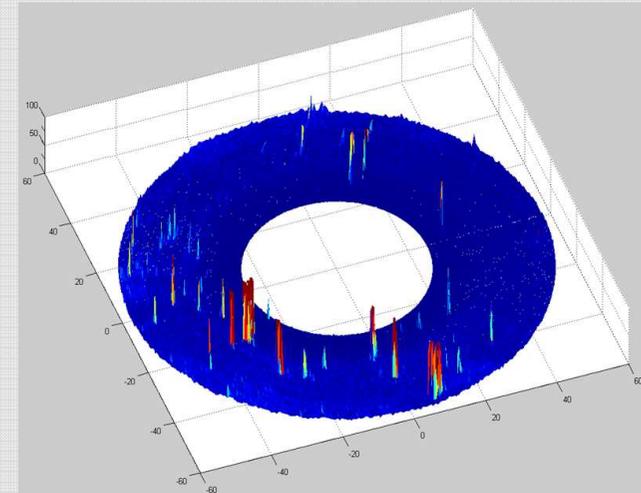
Les a priori sur les transitions de bits/états sont assez forts

Perspectives

Comparaison avec des images de microscope électronique

Faire plusieurs acquis du même CD

Faire l'acquisition du signal d'asservissement du laser en simultanée



Remerciements

François Bertholon
Lizheng Qiu
Laure Cornu

Jean-José Wanegue
Jacques Perdereau et Jean-Michel Lambert

Sandrine Therias
Jean-Luc Gardette

Ministère de la Culture et de la Communication,
SG / SCPCI / Département de la recherche, de l'enseignement supérieur et
de la technologie pour leur soutien financier