

# Techniques Audio

---

◆ LES LECTEURS DE Compact Disc

# TECHNIQUES AUDIO

## 5. LES LECTEURS DE CD

---

1. Introduction
2. Réalisation des Compact disc
3. Codage de l'information
4. Principes du lecteur de CD
5. Performances
6. Perspectives



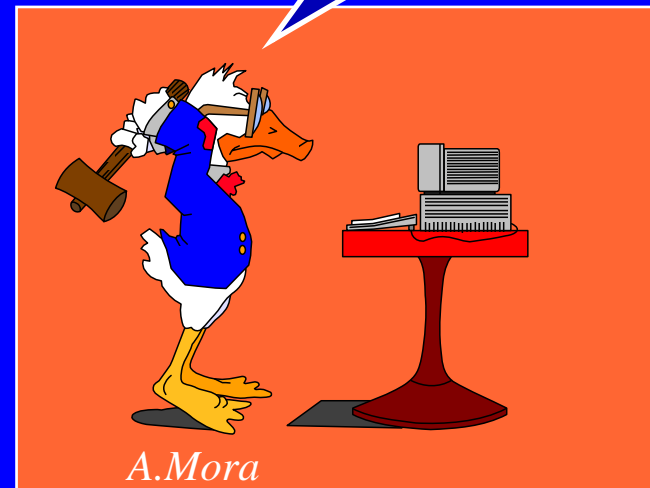
# TECHNIQUES AUDIO

## 5.1 Introduction au CD

### ◆ Historique

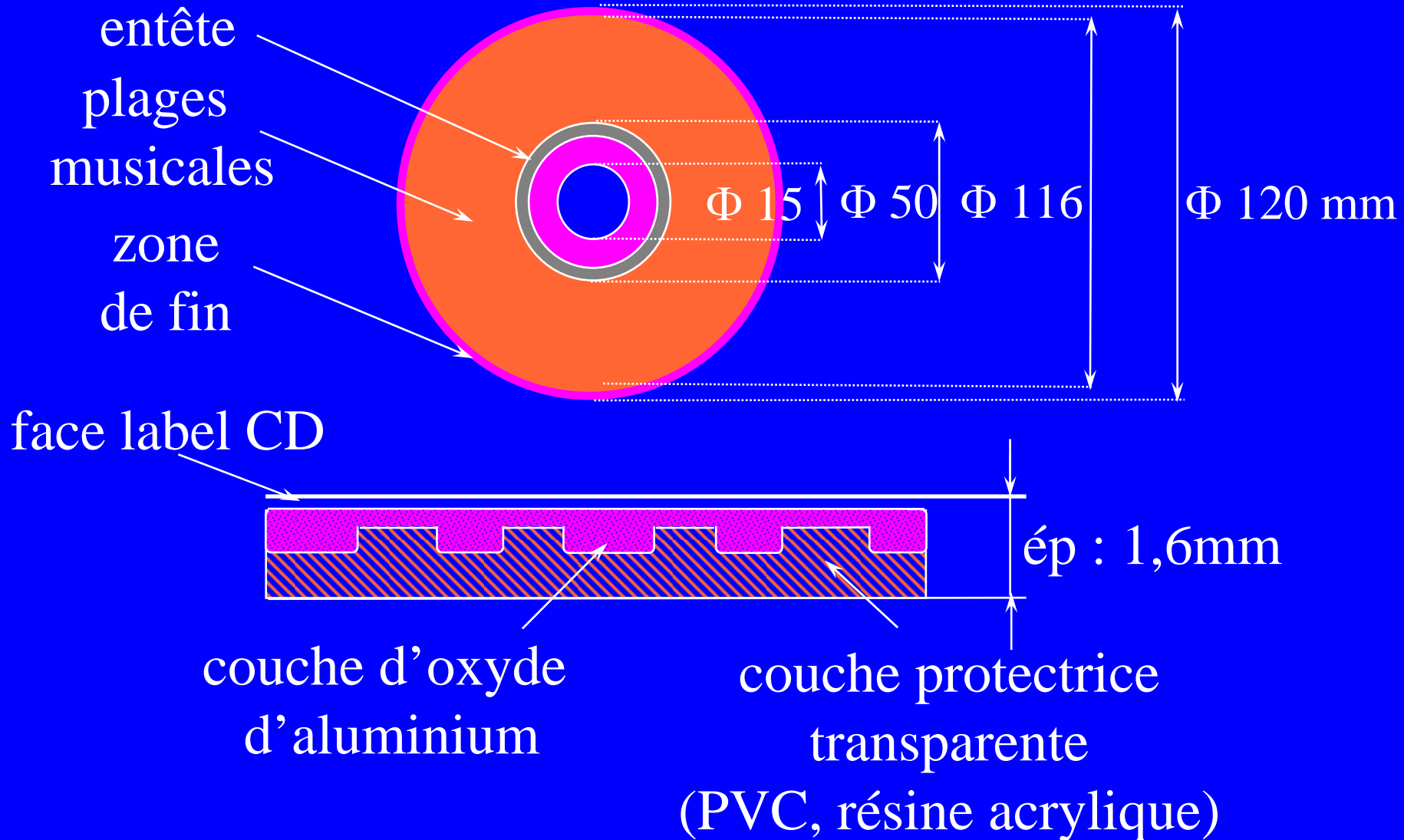
Philips en 1982 et Sony

*Y en a marre des 33 t  
et du  
microphone à charbon !*



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.2 Réalisation physique des CD



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.2 Réalisation physique des CD

---

### ◆ Caractéristiques géométriques :

- ↓ écartement des pistes :  $1,6\mu\text{m}$
- ↓ largeur des alvéoles :  $0,6\mu\text{m}$
- ↓ profondeur des alvéoles :  $0,13\mu\text{m}$  ( $\lambda_{\text{laser}}/4$ )

↓ longueur minimale :  $0,83-0,97\mu\text{m}$

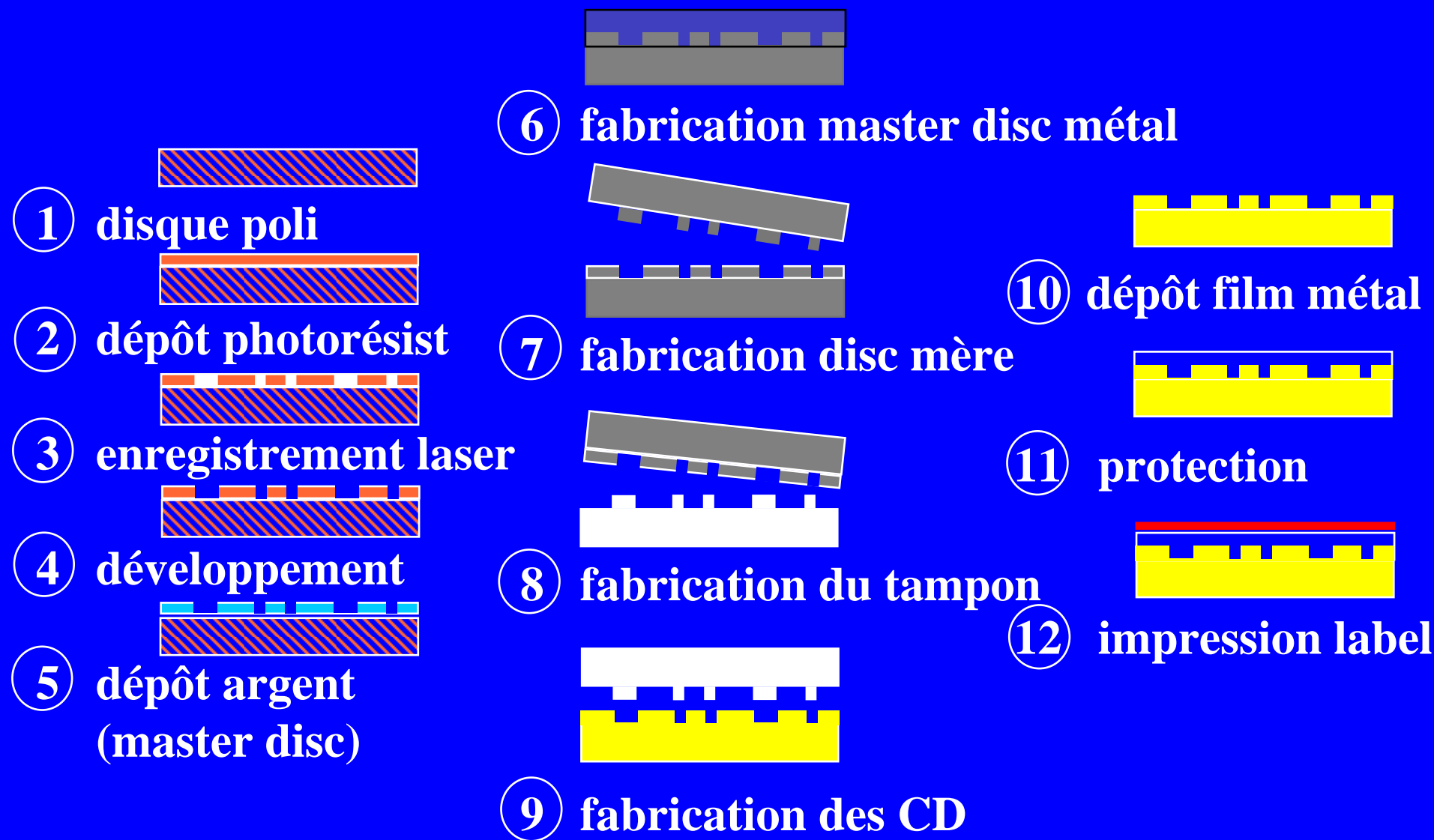
Durée CD : 74,7 min

65 min

Plus de 6 milliards d'alvéoles sur un CD !!!

# TECHNIQUES AUDIO

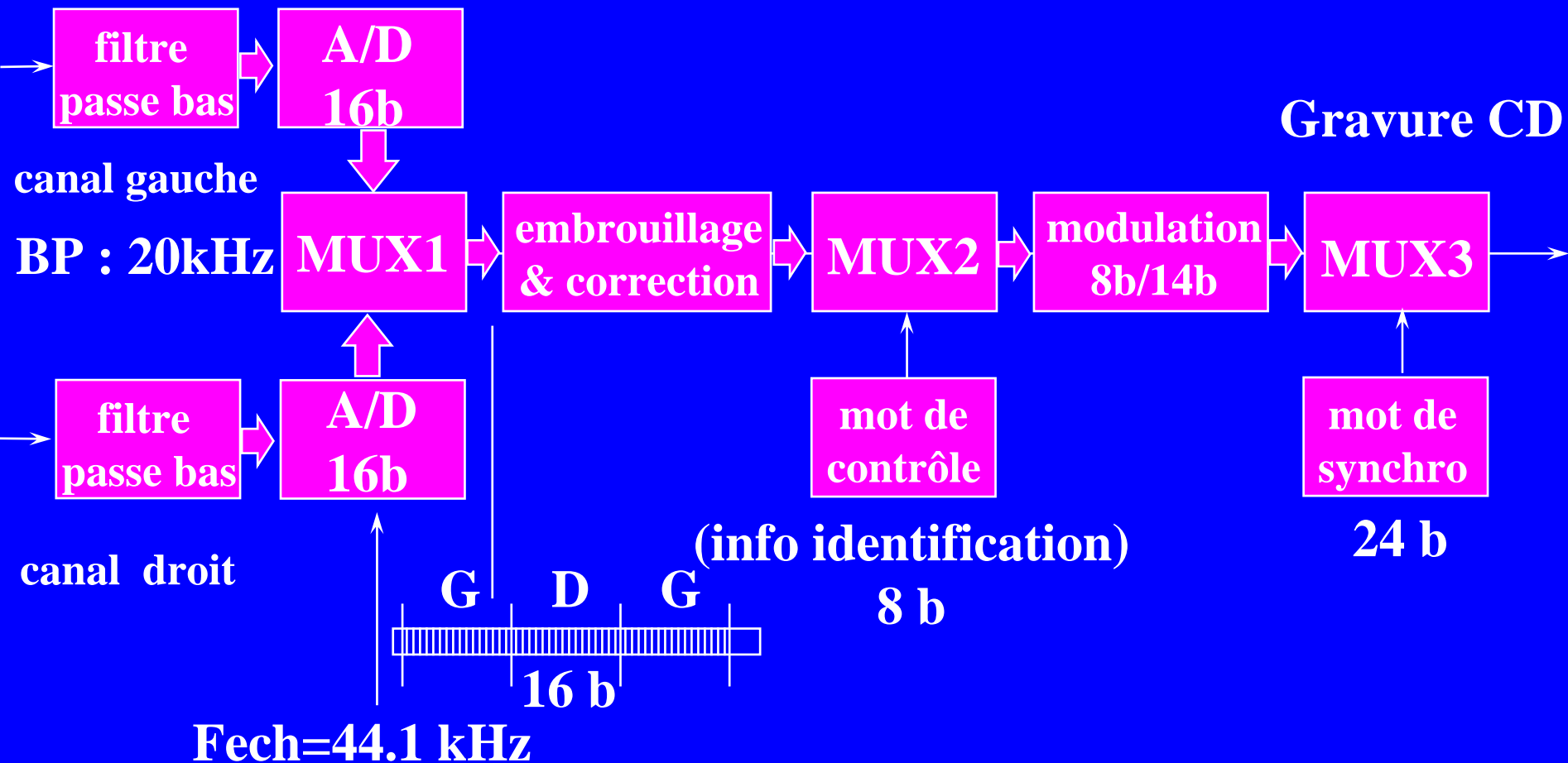
## 5.2 Réalisation des CD, étapes de fabrication



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ C.D : Etapes de la numérisation



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

- ◆ Les données issues de la conversion Analogique- numérique ne sont pas directement gravées sur le disque.
- ◆ Un transcodage est nécessaire :
  - ↓ Pour limiter les erreurs (code CIRC).
  - ↓ Pour faciliter la restitution du rythme binaire (codage EFM)

# TECHNIQUES AUDIO

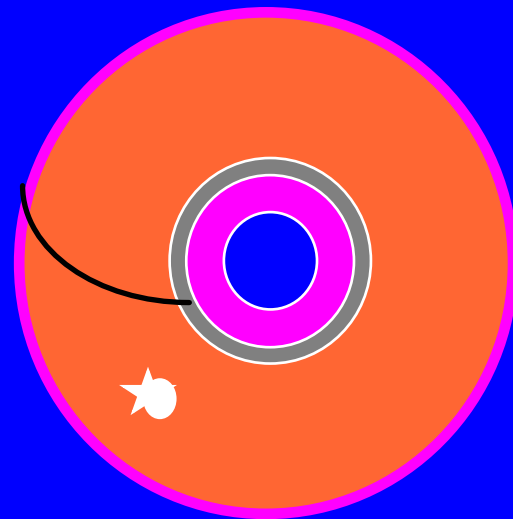
## 5.3 Codage de l'information

---

- ◆ Embrouillage et code de correction (CIRC)  
«Cross Interleave Reed solomon Code»

*codage et embrouillage en seul algorithme !*

But : limiter les effets  
d'un défaut ou d'une  
rayure sur le CD



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

### ◆ Embrouillage et code de correction (CIRC)

Débit initial :  $44,1\text{kHz} \times 2 \times 16 = 1,4112 \text{ Mbit/s}$

avec un taux d'erreur de  $10^{-5}$

environ 10 bits faux par seconde  
d'enregistrement...

d'où le code correcteur

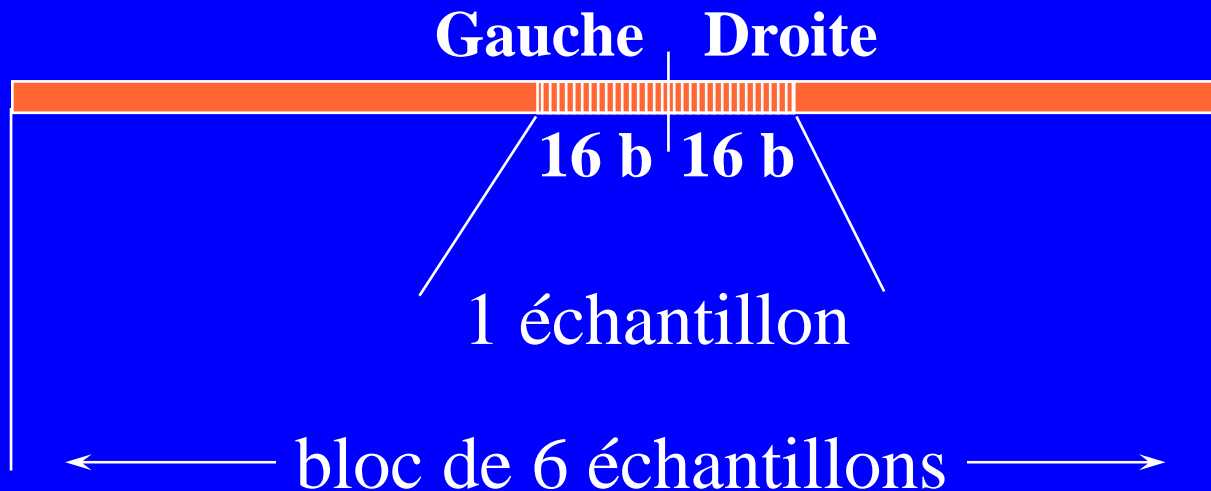
# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

### ◆ Code de correction (CIRC)

organisation des données audio en trame de 6 échantillons :



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

◆ Code de correction (CIRC)

◆ à deux niveaux :

– C2 ;  $m = 8$   $n = 28$   $k = 24$

– C1 ;  $m = 8$   $n = 32$   $k = 28$

$m$  : taille de l'élément de base (8 bits)

$k$  : nombre d'éléments audio traités

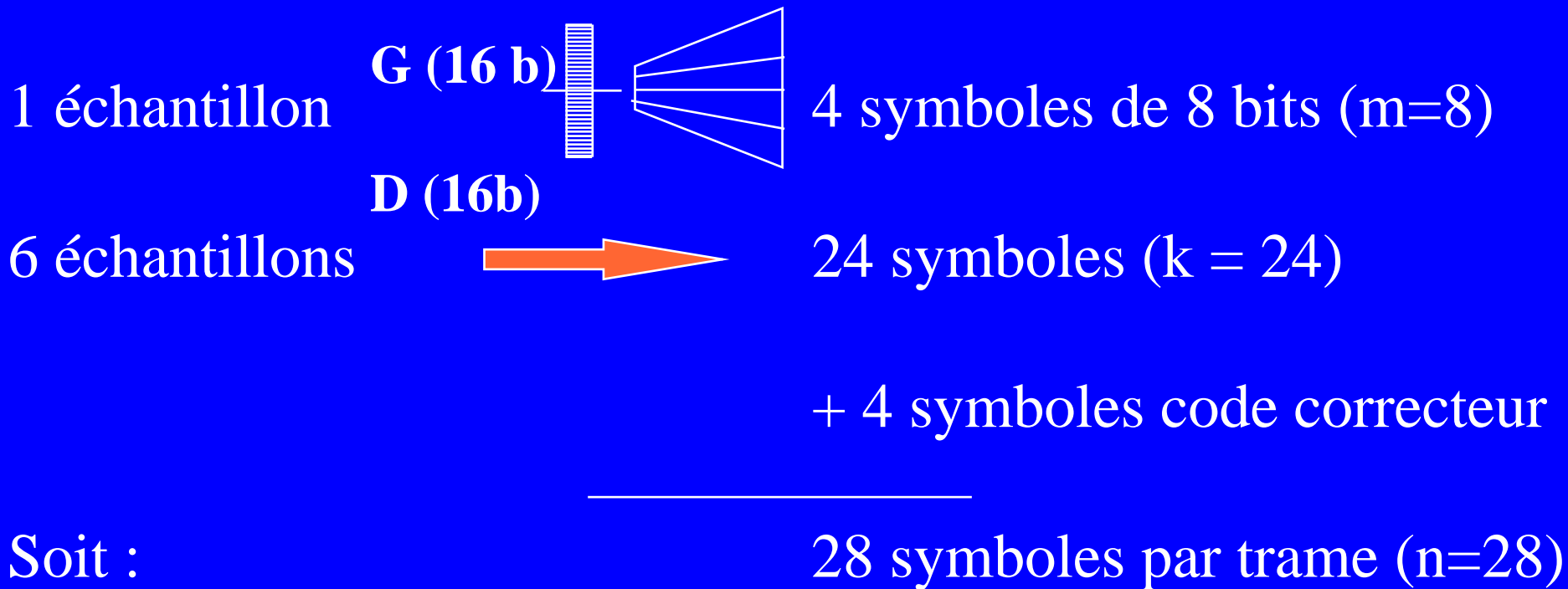
$n$  : nombre d'éléments après traitement

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

◆ Code de correction (CIRC)

◆ C2 ;  $m = 8$   $n = 28$   $k = 24$



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

◆ Code de correction (CIRC)

◆ C1 ;  $m = 8$   $n = 32$   $k = 28$

On part des 28 symboles obtenus par C2 et on génère un nouveau code d'erreur :

28 symboles ( $k = 28$ )

+ 4 symboles code correcteur

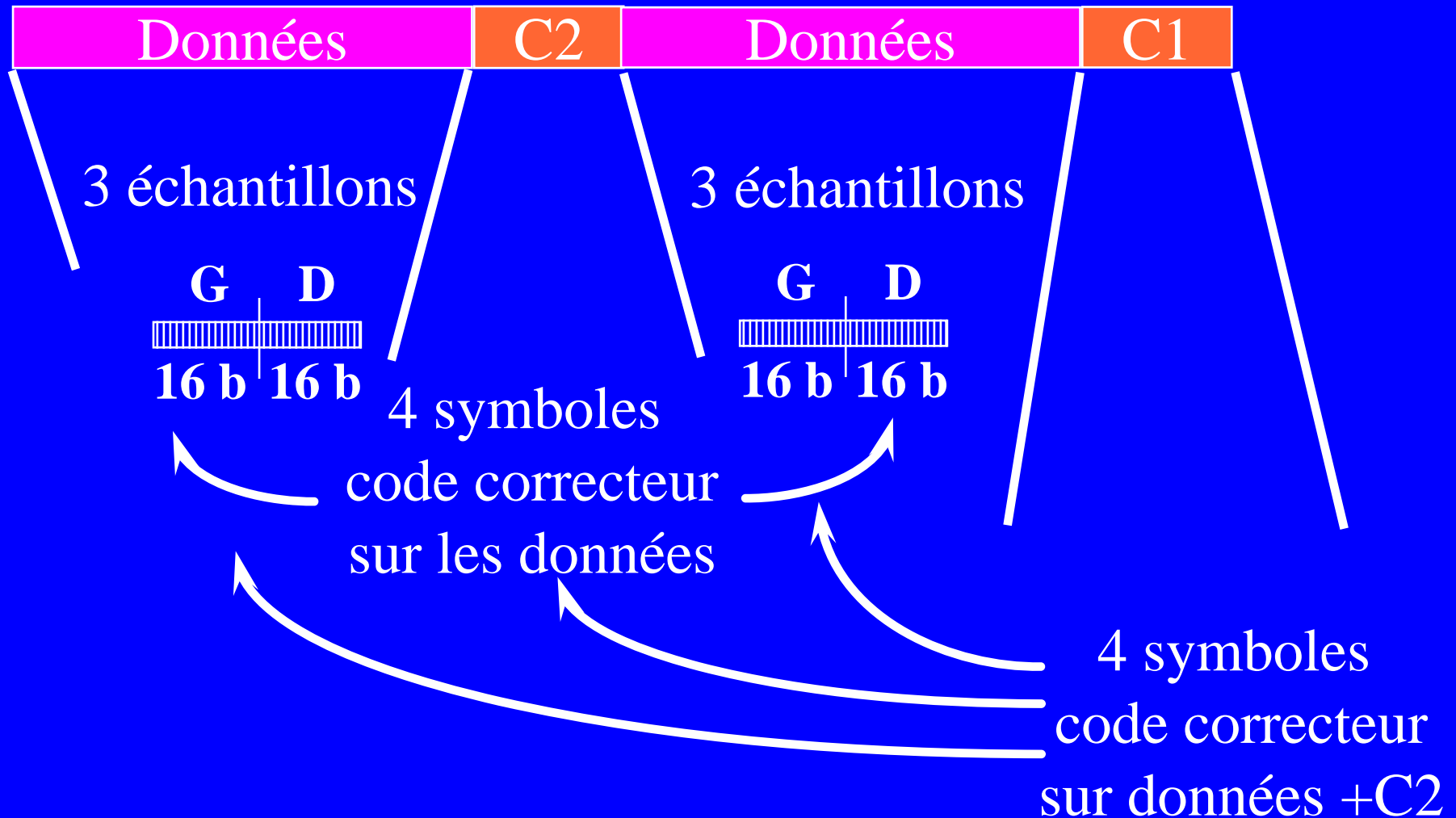
Soit :

---

32 symboles par trame ( $n=32$ )

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

L'algorithme CIRC réalise simultanément :

↓ l'ajout du code correction d'erreur  
(cf transparents précédents)

↓ l'entrelacement des échantillons

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

- ◆ Embrouillage ou entrelacement (CIRC)

But :

robutesse face aux rayures de la face gravée

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Embrouillage ou entrelacement (CIRC)

Intérêt :

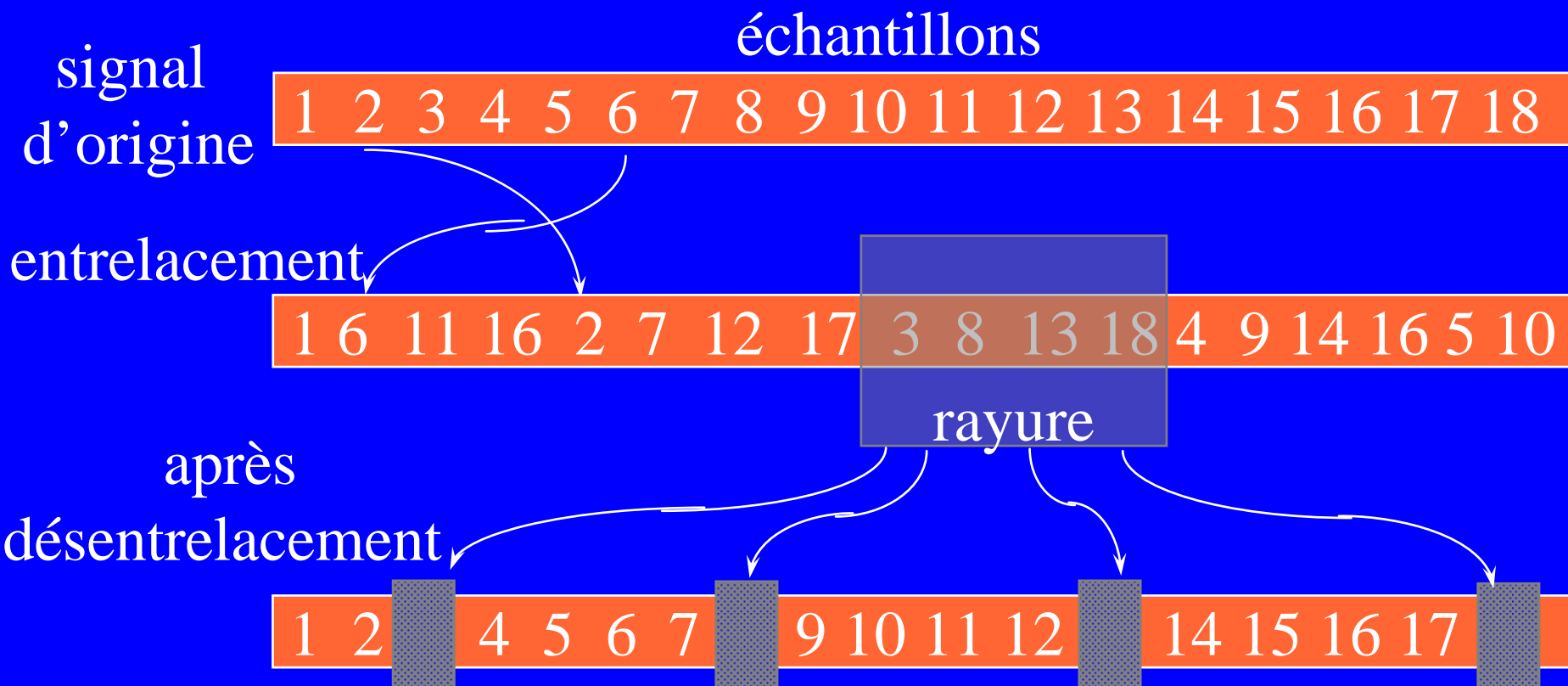


Sans entrelacement : perte de  
n échantillons consécutifs  
et perte du rythme binaire

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Embrouillage ou entrelacement (CIRC)



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

- ◆ Embrouillage ou entrelacement (CIRC)
- ◆ les 24 symboles d'une trame sont entrelacés et réorganisés suivant un algorithme prédéfini  
(Réalisation avec mémoire et retard)

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

◆ Modulation 8bits  $\rightarrow$  14bits (EFM)

↓ But :

supprimer les longues séquences de 0 ou de 1 pour pouvoir reconstituer le rythme à la lecture.

↓ Principe :

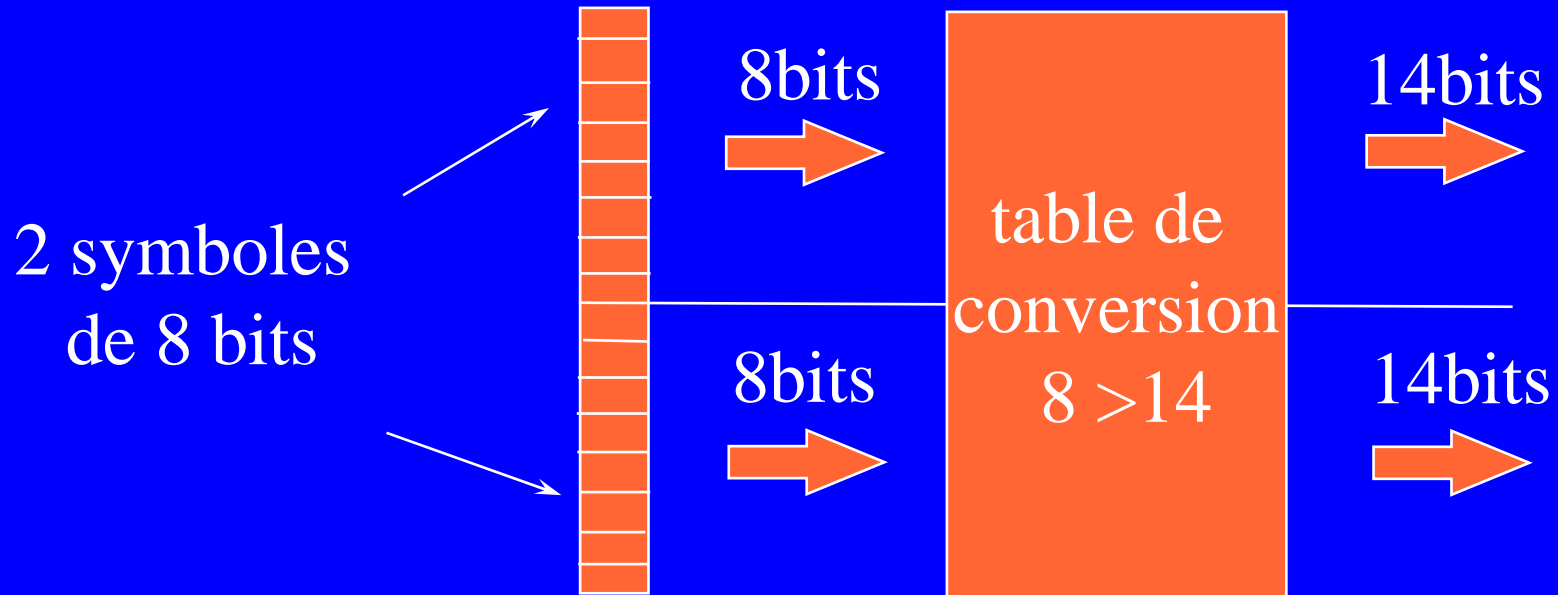
au moins deux 0 entre chaque 1 et maximum dix 0 consécutifs.

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

◆ Modulation 8bits  $\rightarrow$  14bits (EFM)

↓ avec des mots de 14 bits, seuls 267 combinaisons respectent ces conditions



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

◆ Modulation 8bits ->14bits (EFM)

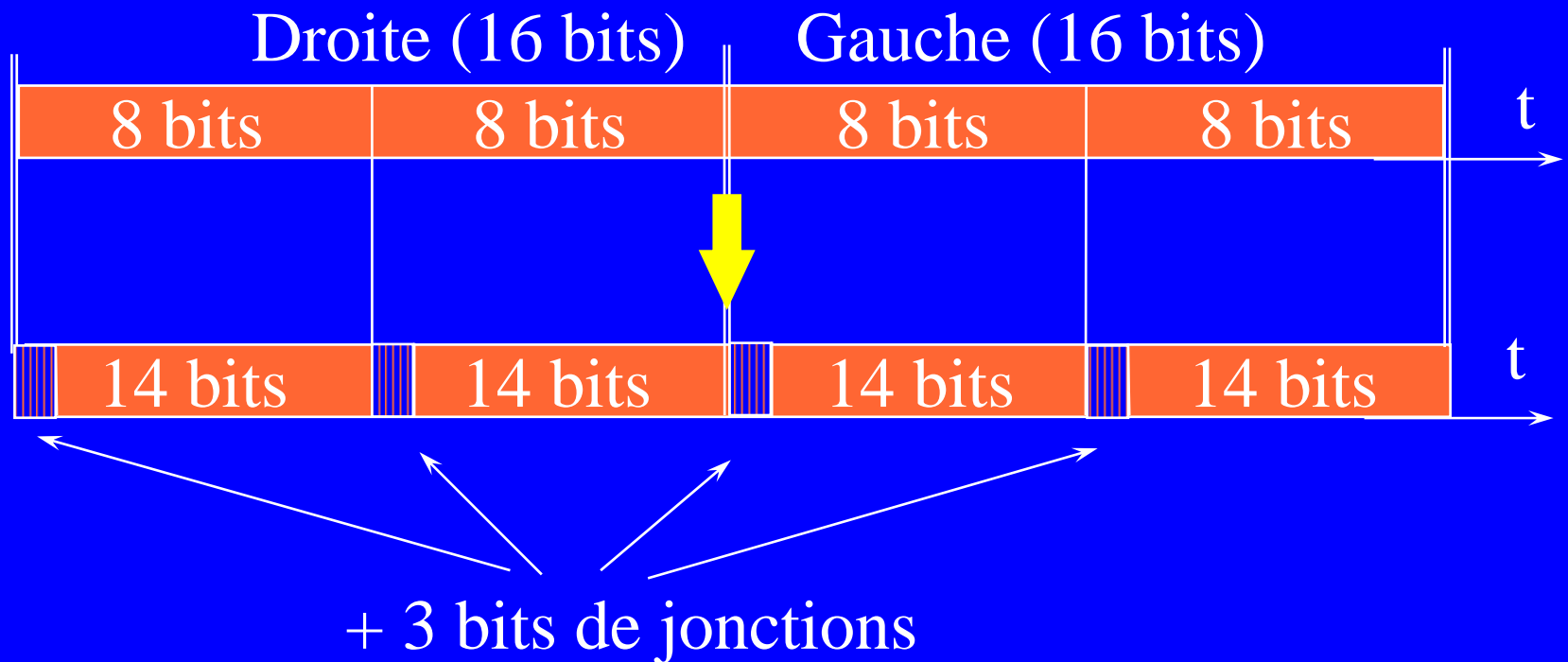
↓ la condition doit aussi être respectée entre échantillon

↓ 3 bits de jonction supplémentaires

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

◆ Modulation 8bits ->14bits EFM



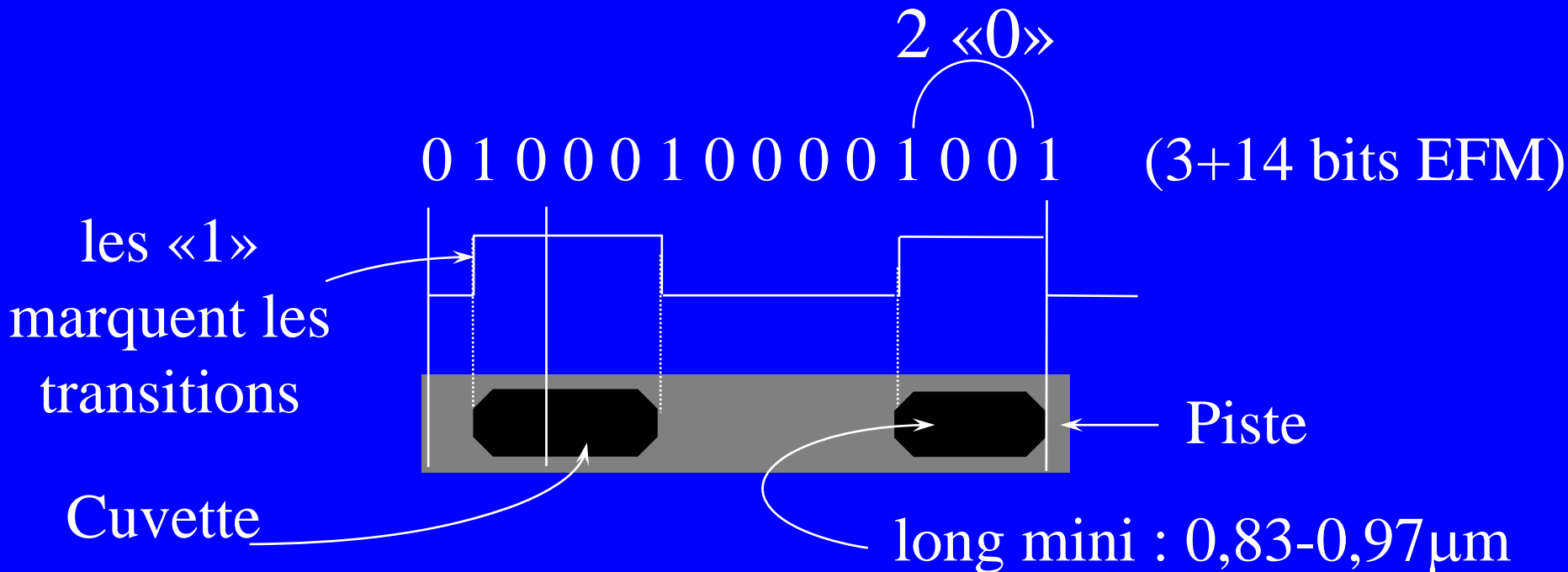
Débit après EFM :  $44,1\text{kHz} \times 2 \times 34 = 2,998 \text{ Mbits/s}$

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

◆ Modulation 8bits ->14bits

↓ Codage physique des cuvettes sur le CD



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

### Fabrication de la trame complète

- ◆ Insertion mot de synchronisation (24 bits)

1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0

↓ équivalent à un top de synchro ligne TV

↓ permet de maintenir la vitesse de lecture régulière

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

### Fabrication de la trame complète

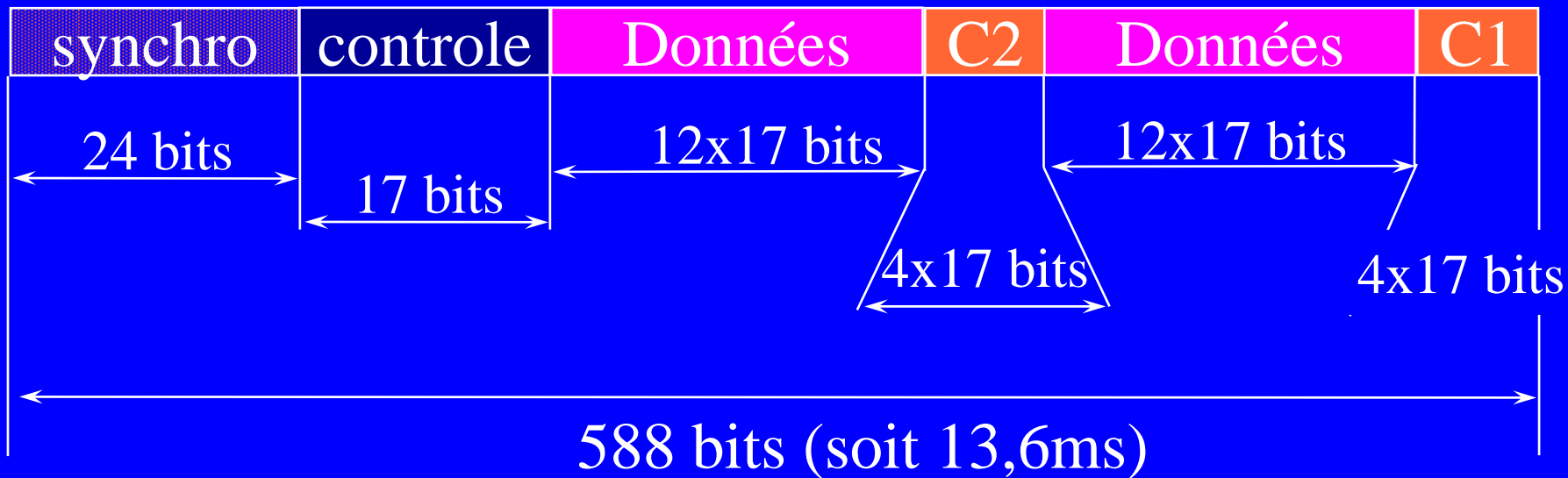
◆ Insertion signal de contrôle  
(8 bits utiles soit 17 bits EFM)

↓ contient le numéro des plages, la durée de chaque plage, la durée totale, les informations pour l'accès aléatoire

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Structure de la trame complète

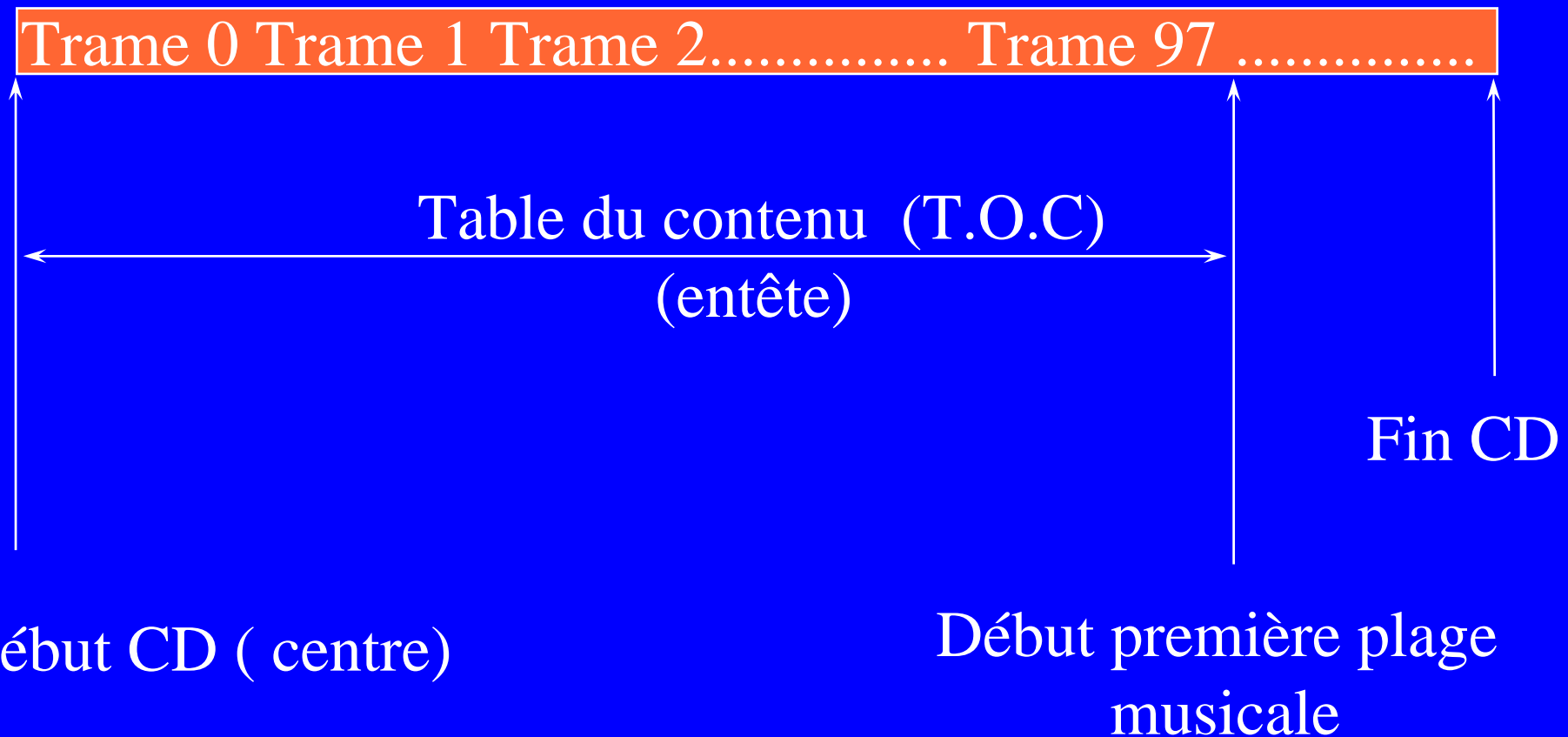


Débit final :  $44,1\text{kHz} \times 588/6 = 4,3218 \text{ Mbits/s}$

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Assemblage des trames

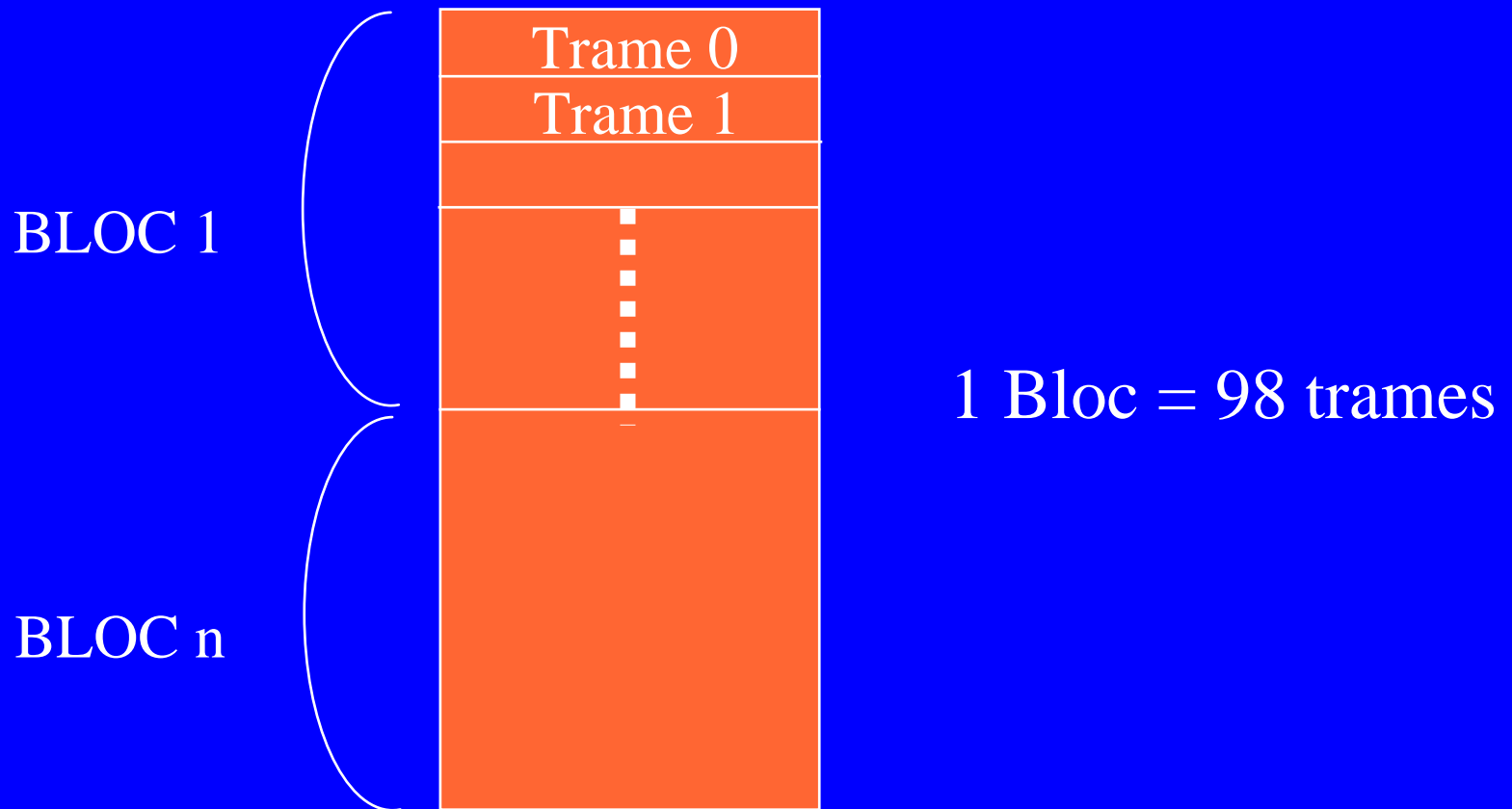


# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

---

### ◆ Assemblage des blocs de trames



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Organisation de la T.O.C



8 bits utiles

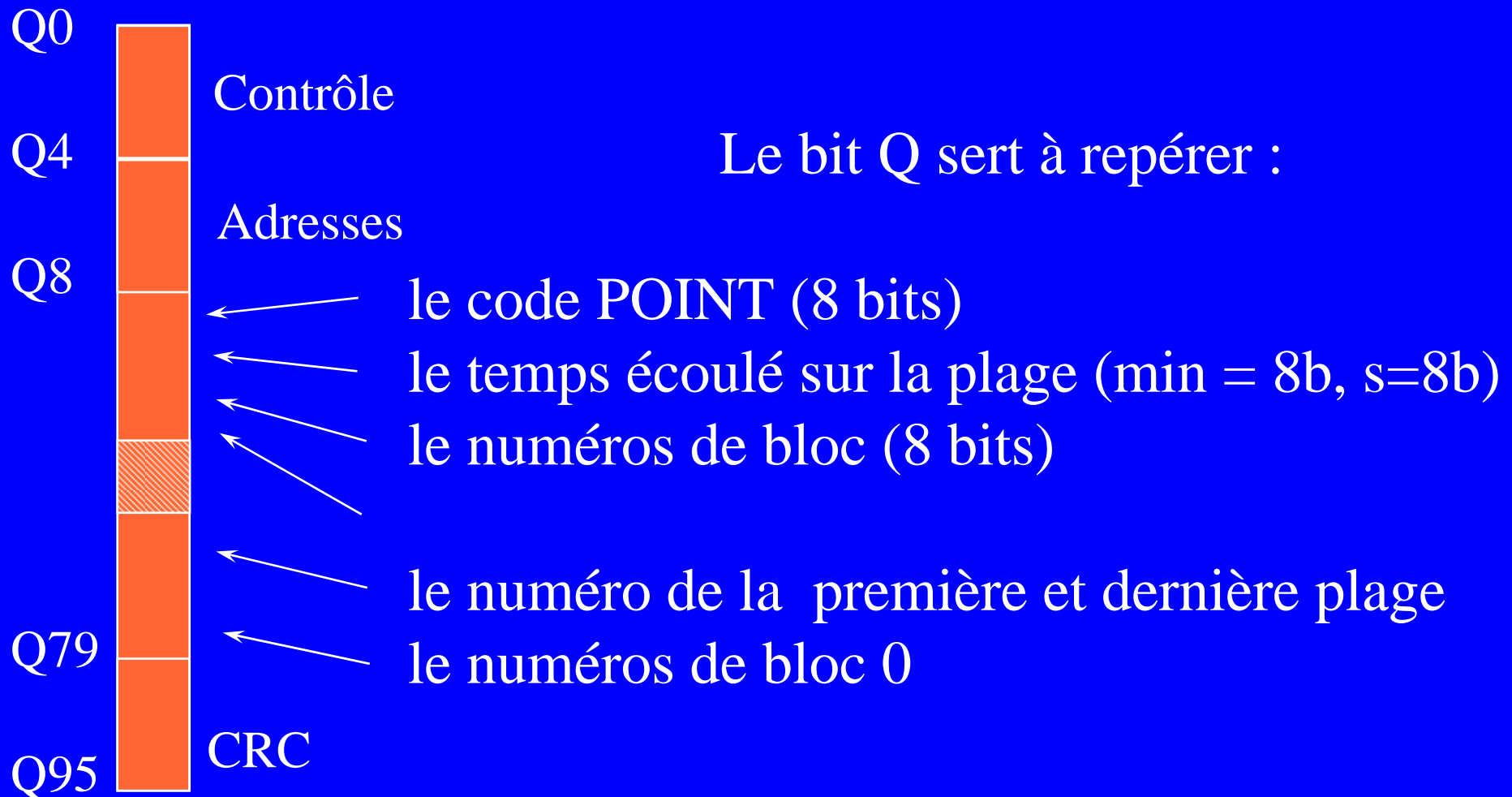
T.O.C

bits	P	Q	R	S	T	U	V	W
Trame 0	⋮	⋮	synchro					
Trame 1	⋮	⋮	synchro					
Trame 2	⋮	Q0	non utilisé					
.....	⋮	Q1						
.....	⋮							
.....	⋮							
Trame 97	⋮	Q95						

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Organisation de la T.O.C

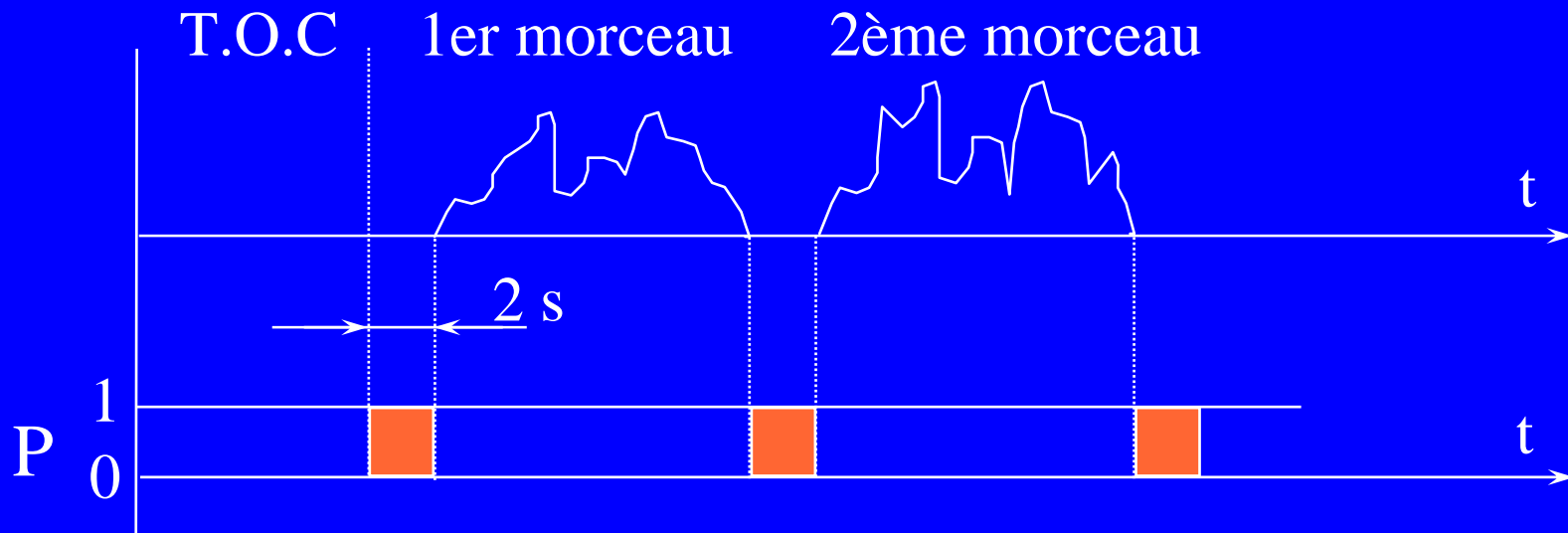


# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Utilisation du bit P

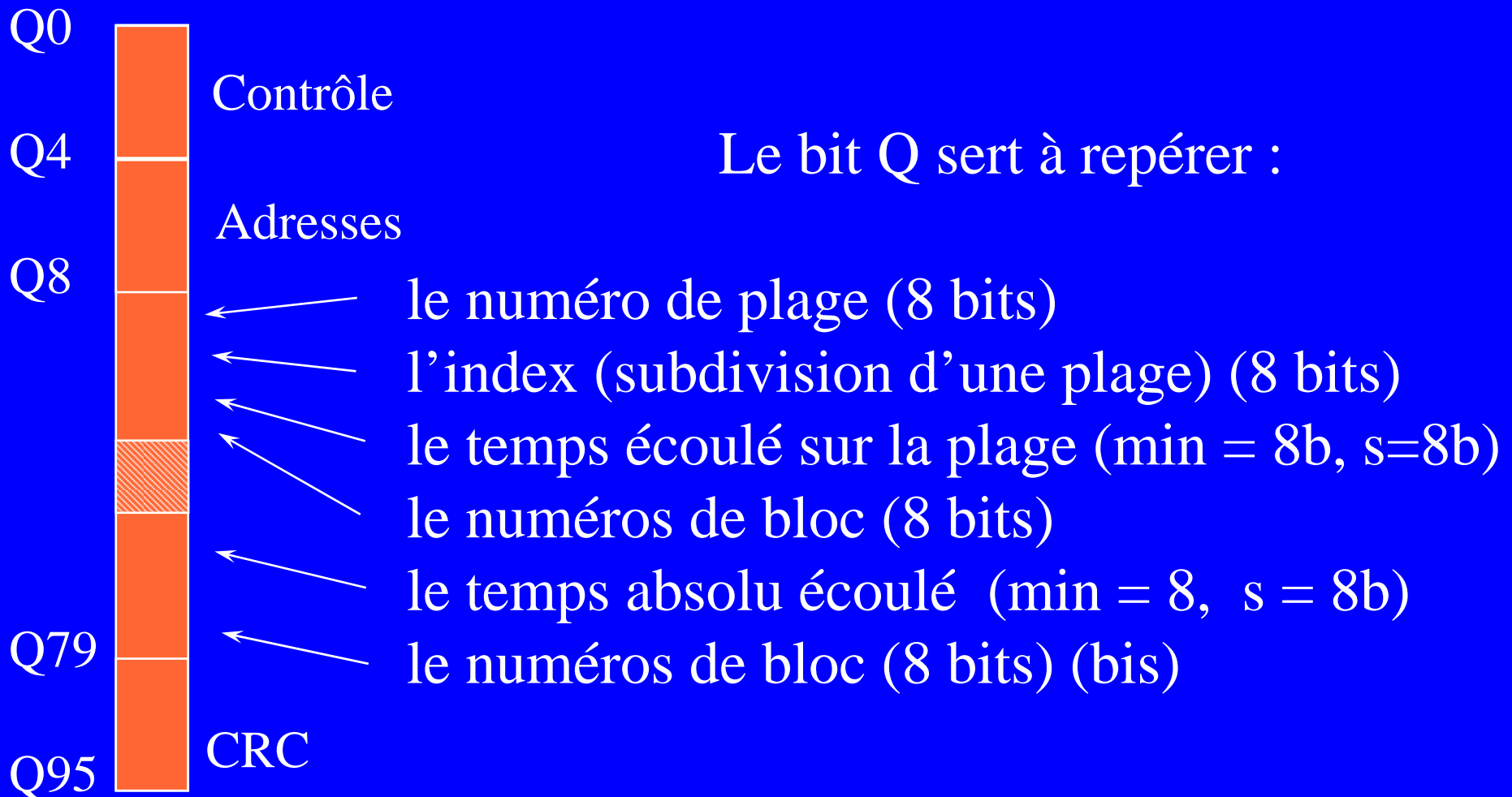
Le bit P sert à repérer les blancs entre les plages



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.3 Codage de l'information

### ◆ Utilisation du bit Q après la T.O.C



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

---

- ◆ Asservissement de position
- ◆ Asservissement de focus
- ◆ Asservissement de vitesse
- ◆ Conception mécanique
- ◆ Synoptique complet
- ◆ Restitution du son

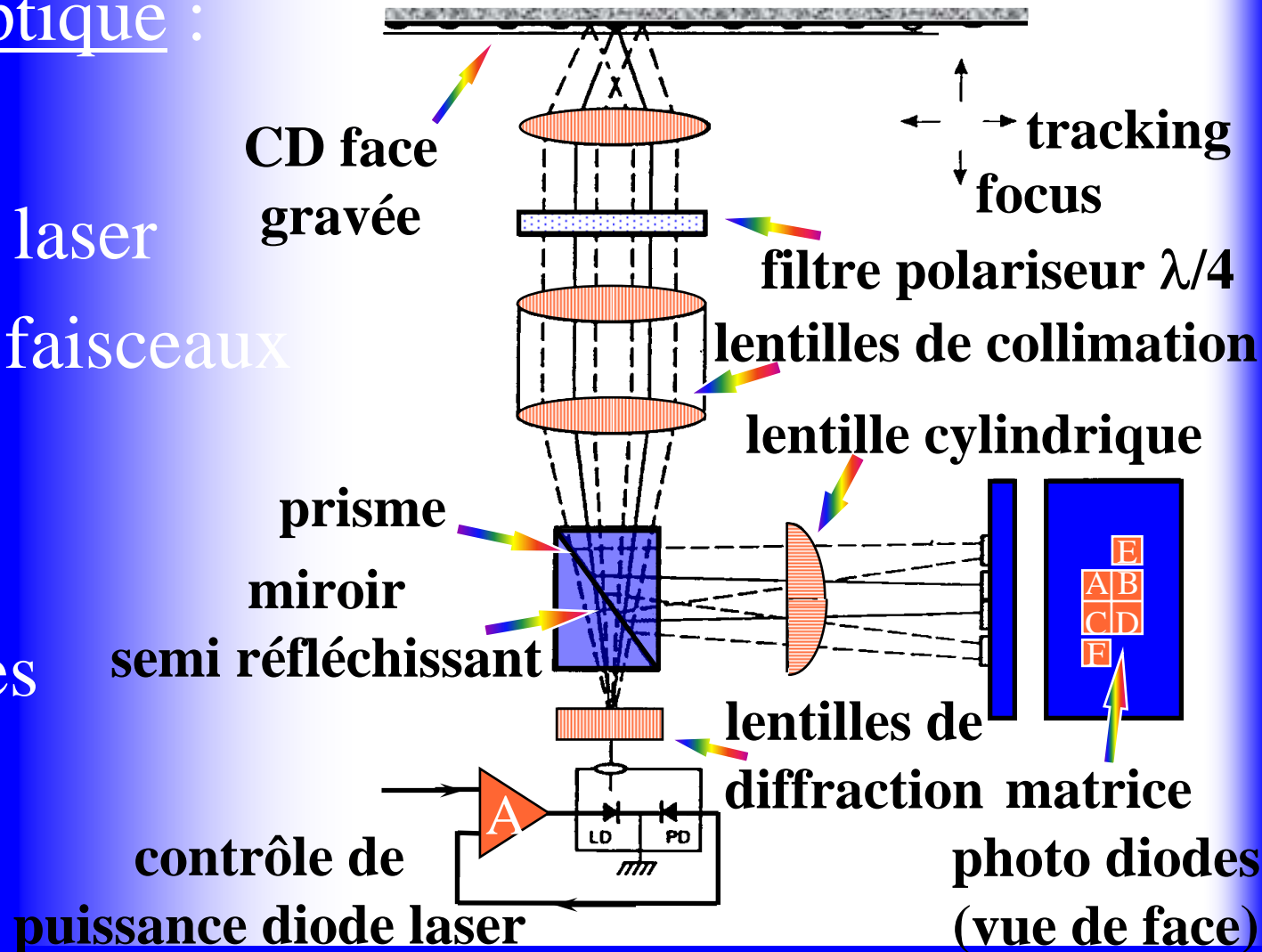
# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

◆ Principe optique :

◆ une source laser  
divisée en 3 faisceaux

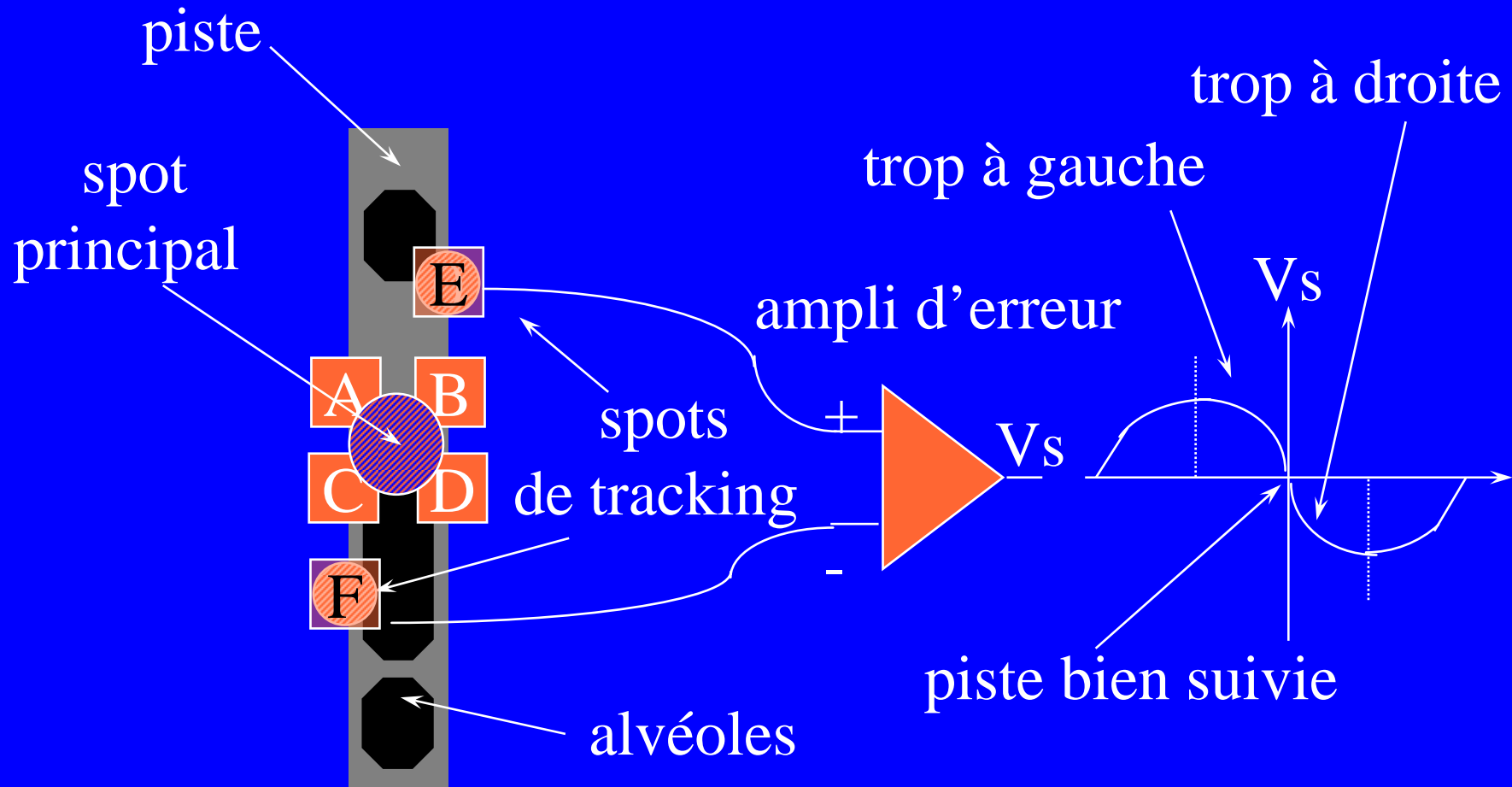
◆ photodiodes



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Asservissement de position (suivi de la piste)



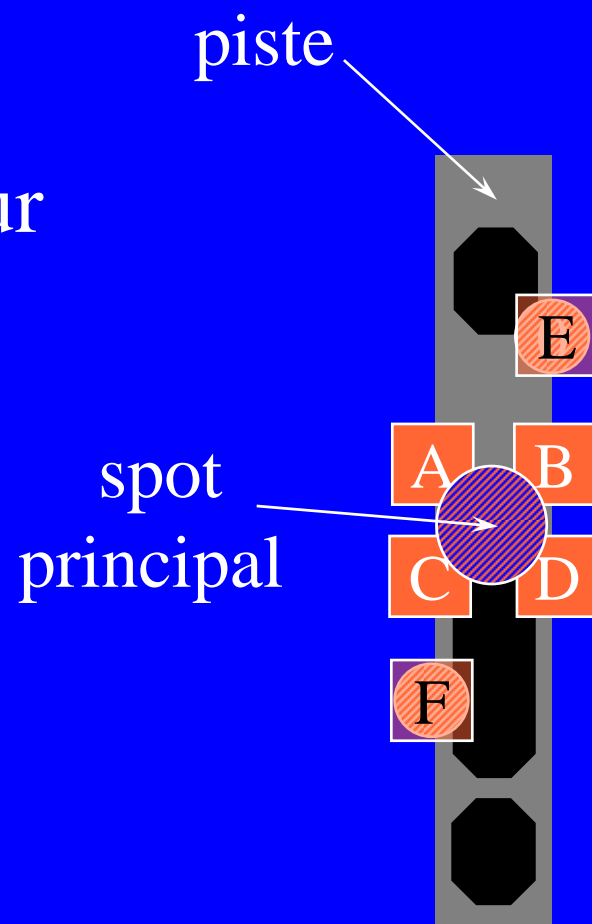
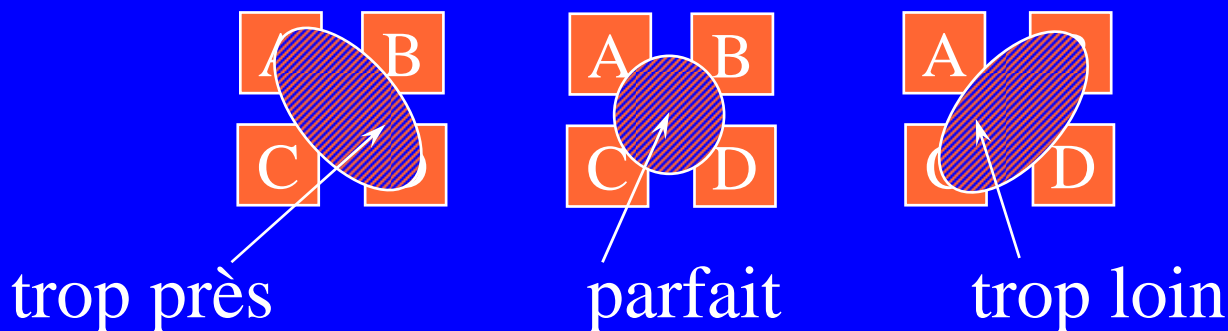
# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Asservissement de focus

Problème : voilage du disque de l'ordre de grandeur de la profondeur d'une alvéole ( $0,1\mu\text{m}$ )

Solution : Faisceau retour déformé par la lentille cylindrique.



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

---

### ◆ Asservissement de vitesse

#### Problème :

- les «0» et les «1» gravés ont la même taille sur le disque du centre au pourtour.
- lecture du centre vers l'extérieur

#### Solution :

- vitesse linéaire constante pendant la lecture
- ➔ vitesse de rotation  $\Omega$  variable ( $V = r \cdot \Omega$ )  
(usuellement  $\Omega = 500 \searrow 200$  tr/min)

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

---

- ◆ Asservissement de vitesse
- ◆ Rappel : longueur mini d'une alvéoles :  $0,83-0,972\mu\text{m}$   
or, une alvéole  $\Rightarrow$  3 bits EFM à 4,32 Mb/s

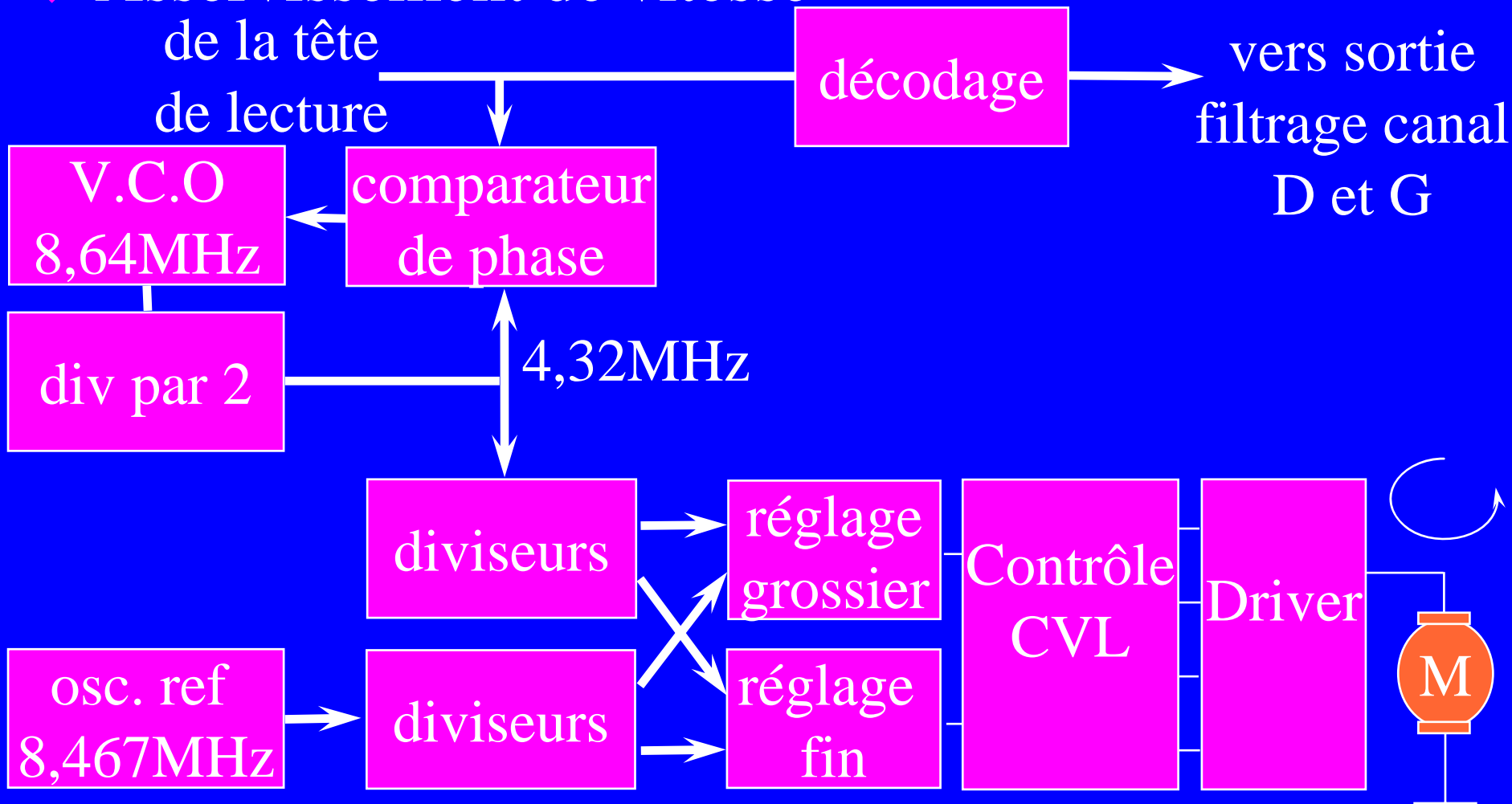


$1,2\text{m/s} < \text{Vitesse linéaire} < 1,4\text{m/s}$   
selon la durée du CD 74min à 65 min

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

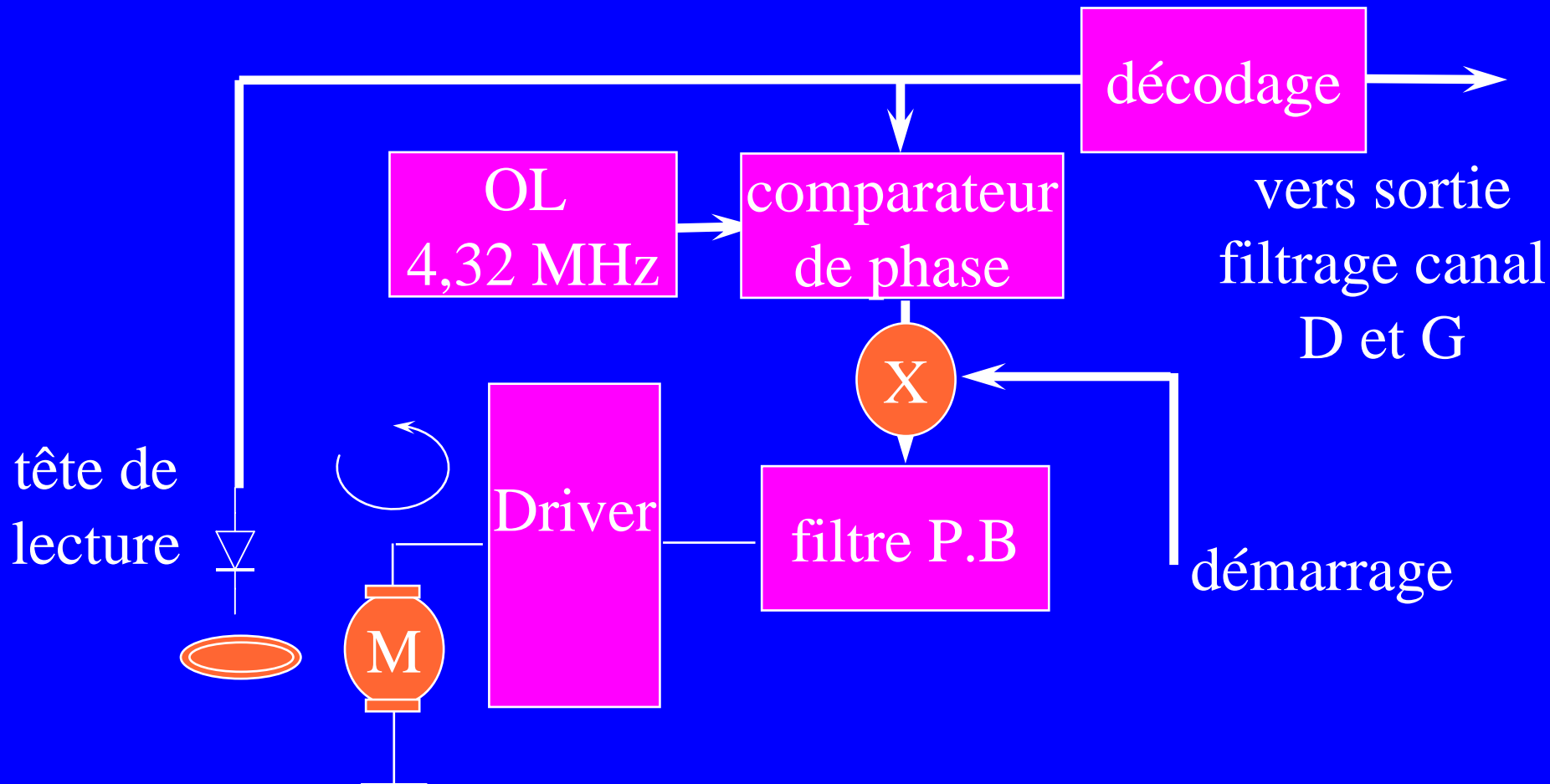
- ◆ Asservissement de vitesse de la tête de lecture



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

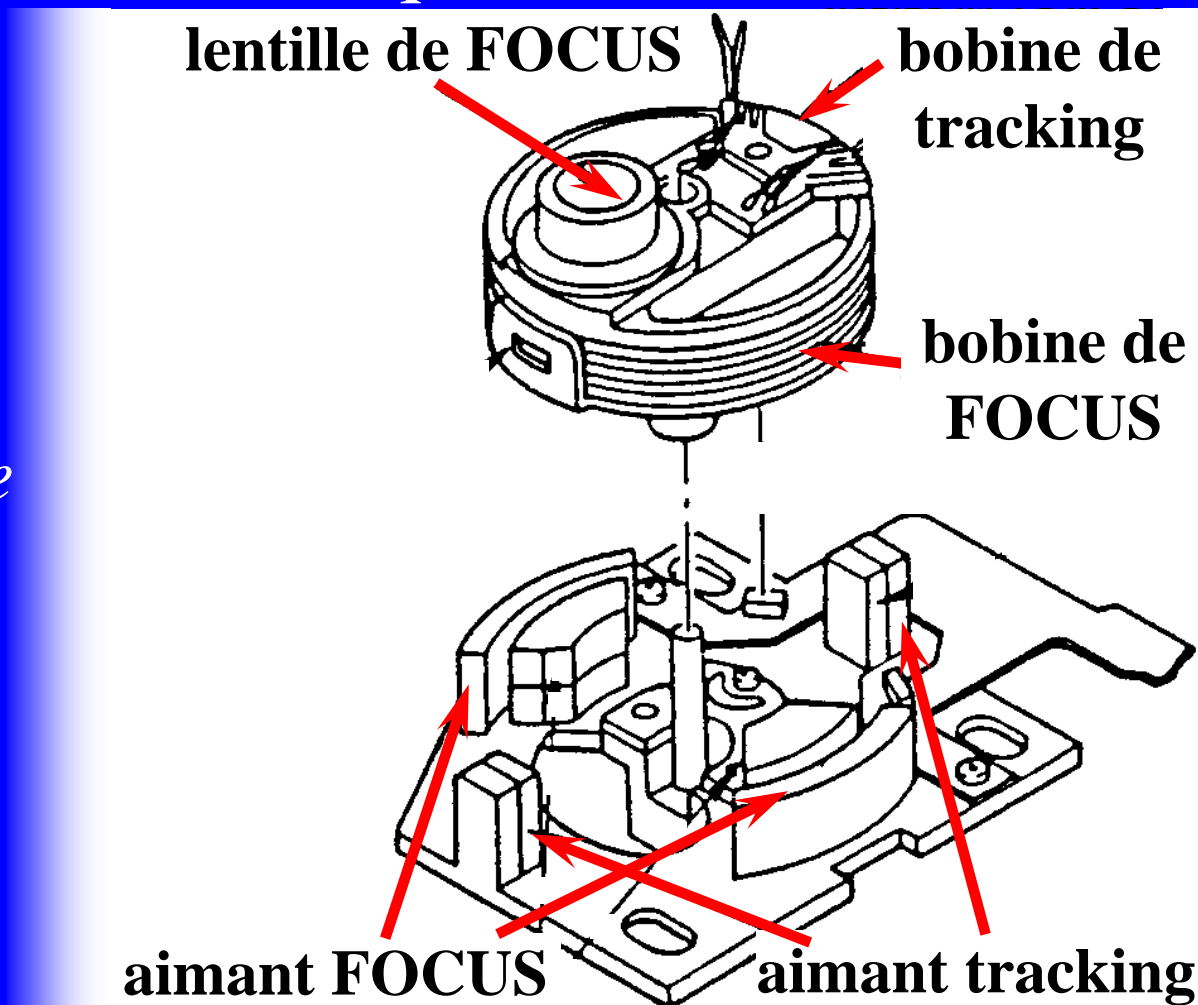
### ◆ Asservissement de vitesse (autre solution)



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Conception mécanique

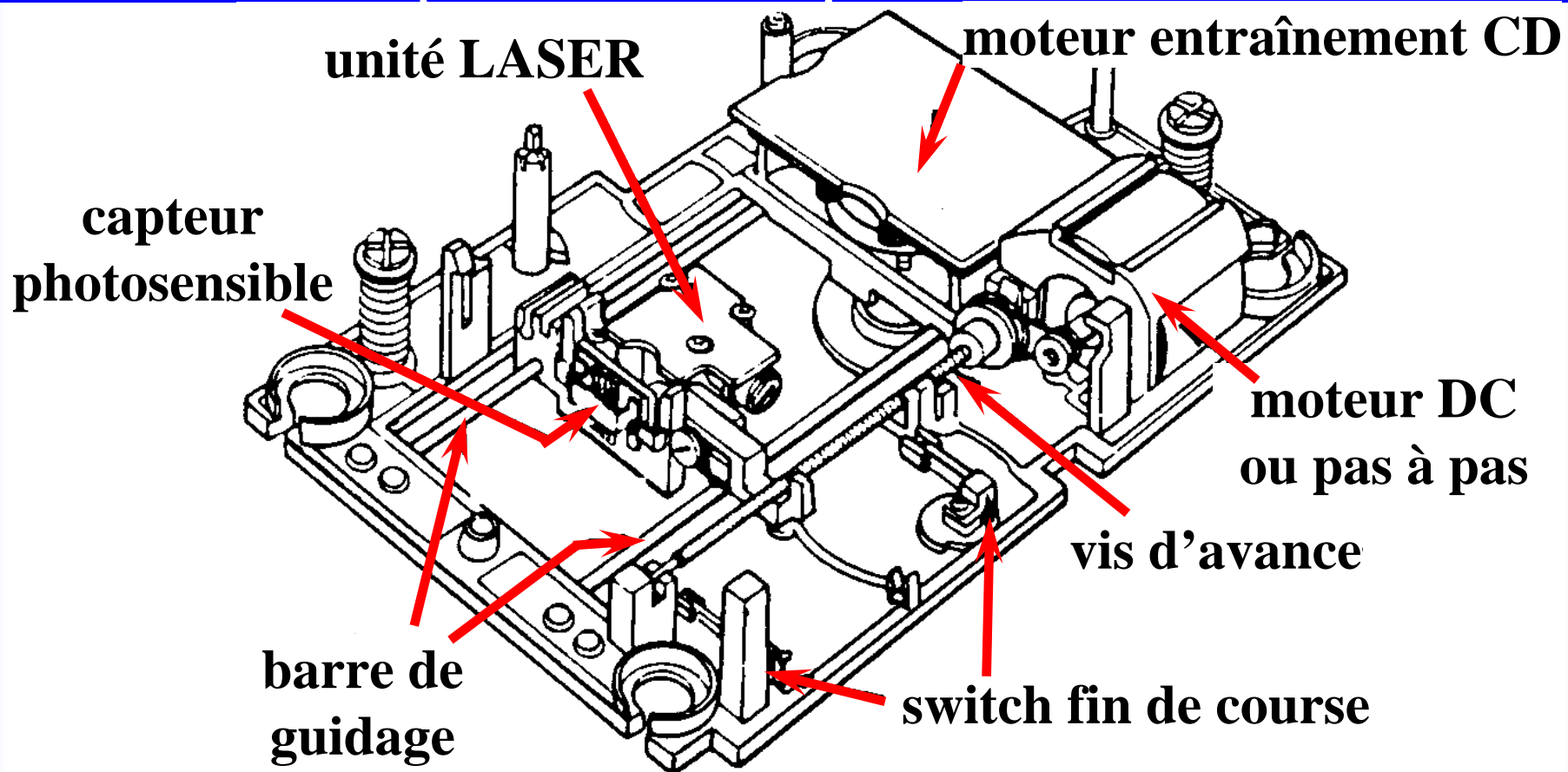


*Vue éclatée d'une tête de lecture*

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Conception mécanique

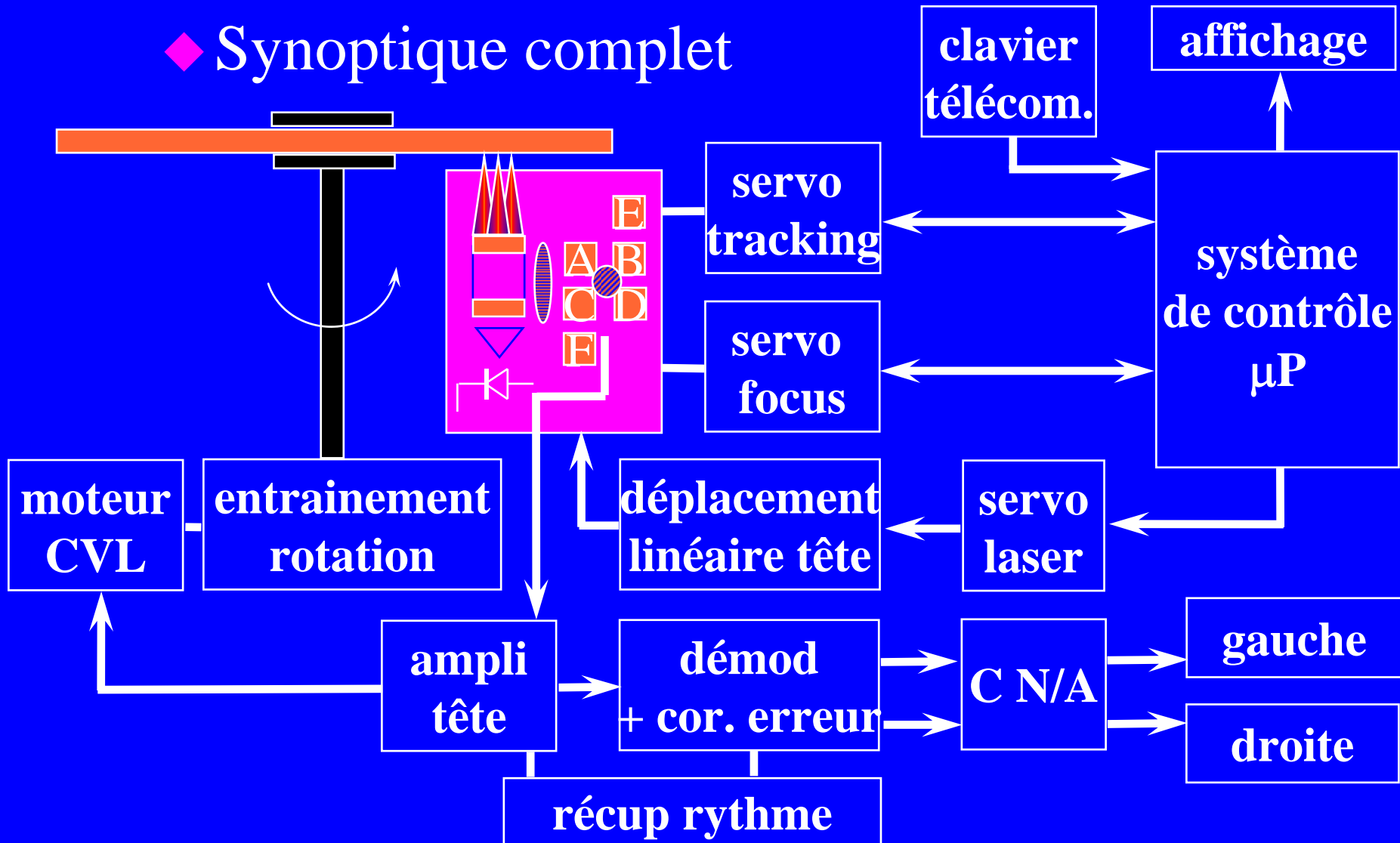


*Vue éclatée du système d'entraînement*

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Synoptique complet



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

---

- ◆ Lecture des données et décodage
- ◆ opération inverse du codage :
  - récupération du rythme (PLL)
  - décodage EFM
  - déembrouillage
  - correction d'erreur

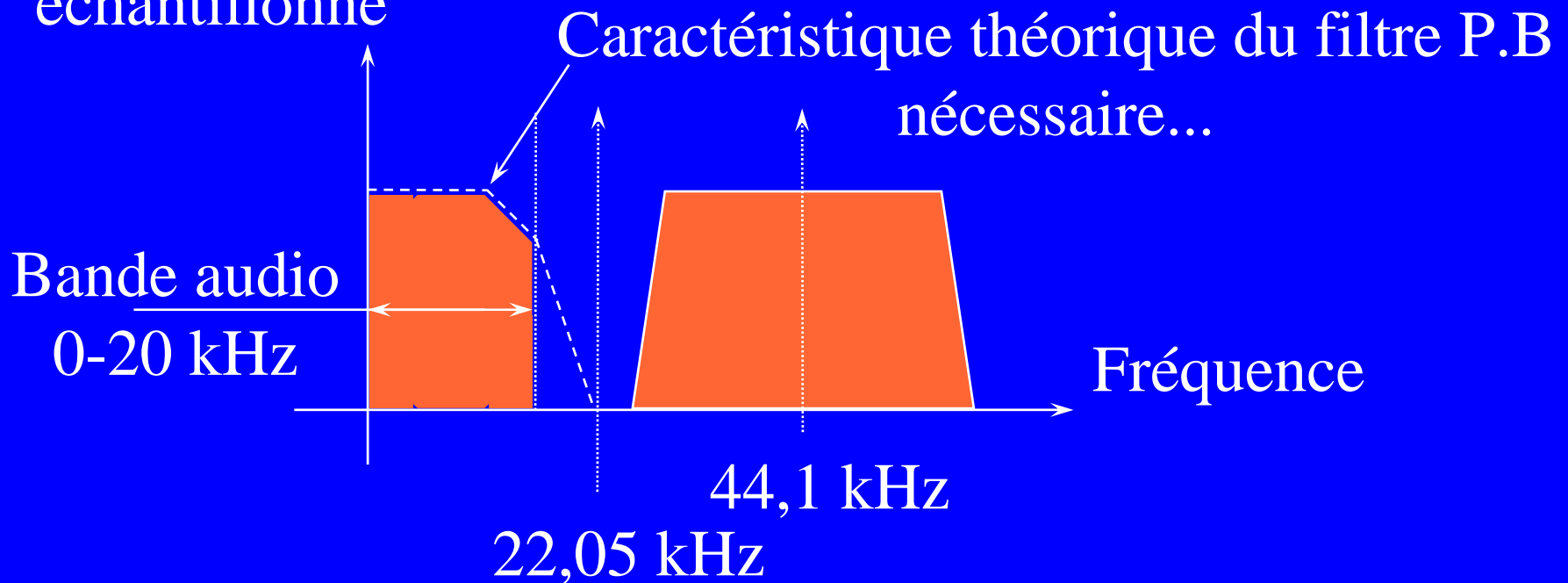
# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

- ◆ Restitution du son et suréchantillonnage

Problème : risque «d'aliasing»

Spectre du signal  
échantillonné



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

---

- ◆ Restitution du son et suréchantillonnage

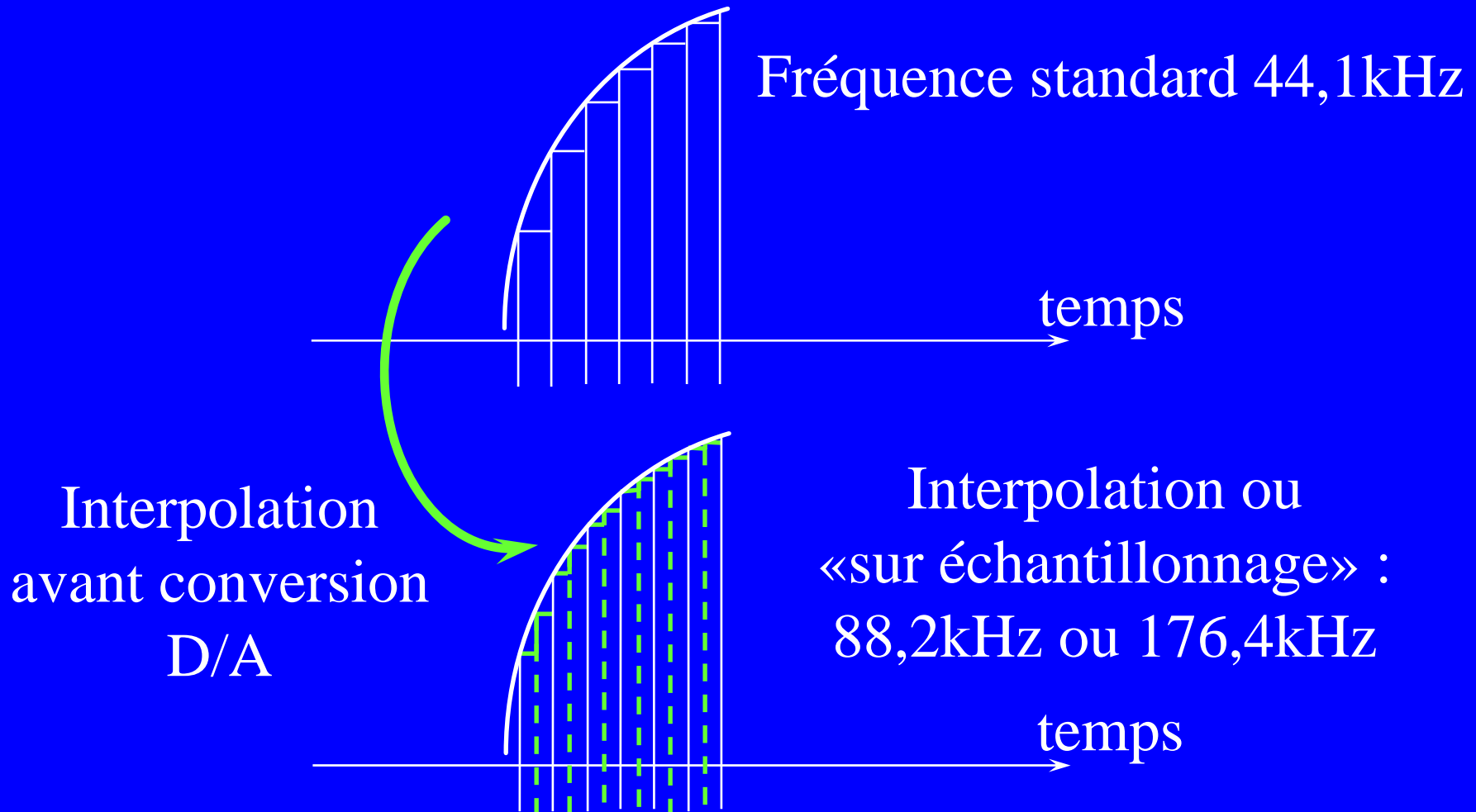
OR, un tel filtre est impossible à réaliser avec des moyens conventionnels !

*D'où la solution adoptée* →

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Restitution du son et suréchantillonnage

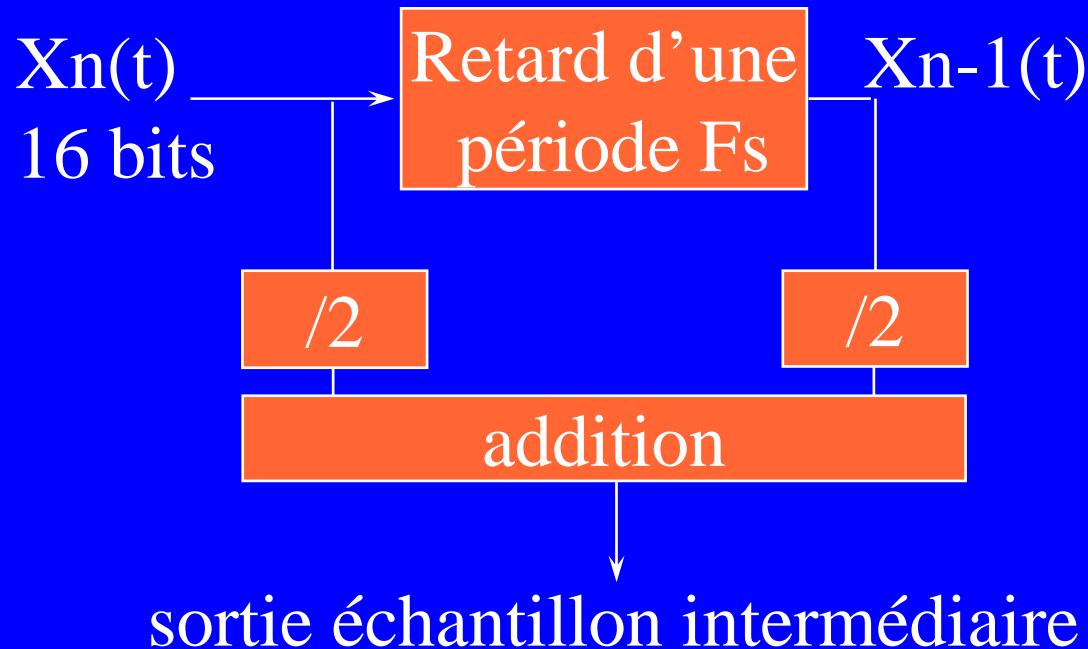


# TECHNIQUES AUDIO

## 5.4 Principes du lecteur de CD

### ◆ Restitution du son et suréchantillonnage

L'opération d'interpolation est réalisée par un filtre numérique



# TECHNIQUES AUDIO

## 5.5 Performances du CD

---

- ◆ Performances comparées des 33 tours et CD

	<b>CD</b>	<b>33t LP</b>
<b>Réponse en fréquence</b>	<b>plate 20Hz-20kHz</b>	<b>ondulation 2dB 30Hz-20kHz</b>
<b>Séparation des canaux</b>	<b>90dB</b>	<b>30dB</b>
<b>Dynamique</b>	<b>90dB</b>	<b>75dB</b>
<b>Rapport S/B</b>	<b>90 dB</b>	<b>45dB</b>
<b>Distorsion harmonique</b>	<b>0,003%</b>	<b>0,3%</b>
<b>Bruit</b>	<b>inaudible</b>	<b>craquement</b>
<b>Pleurage</b>	<b>non détectable</b>	<b>&lt;0,02wrms</b>

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.5 Performances du CD

### ◆ comparaison fonctionnelle

	CD	33t LP
<b>Dimension</b>	$\Phi=12\text{cm}$	$\Phi=30\text{cm}$
<b>Temps de lecture</b>	1 heure (1face)	45 min (2faces)
<b>Fiabilité : disque : lecteur</b>	semi permanent 5000heures	100 lectures qqe 500heures
<b>Ergonomie</b>	simple	entretien pression tête de lecture etc
<b>Environnement</b>	pas de bruit	pleurage et vibrations
<b>Nouvelles fonctions</b>	affichage tps titres etc.	

# TECHNIQUES AUDIO

## 5.6 Perspectives CD

---

### le CD et ses dérivés

- ◆ Le CD ROM
- ◆ Le vidéo disque LVD
- ◆ LE DVD (V= Versatile)
- ◆ Le CD ré enregistrable