

---

# Communications Numériques et Théorie de l'Information

**CNTI**

**Georges Rodriguez**  
**Dépt. COMELEC Pièce A311**

**☎ : 01 45 81 73 97**

**✉ : [rodriguez@telecom-paristech.fr](mailto:rodriguez@telecom-paristech.fr)**

# Introduction

---

Domaine des télécommunications  
qui étudie toutes les moyens de représenter  
l'information

Représentation de  
l'information pourquoi ?

Pour la stocker de façon efficace

Pour la transmettre de façon efficace

Pour la protéger de façon efficace

# Introduction - Les Questions

---

Qu'est ce que l'information ?

Qu'est ce que ça veut dire « de façon efficace » ?

Quel est le support de l'information ?

Quelle représentation est efficace pour le stockage, la transmission ou la protection ?

Comment mesure-t-on « l'efficacité » ?

Quelles sont les limites fondamentales à cette « efficacité » ?

# Objectifs du cours

---

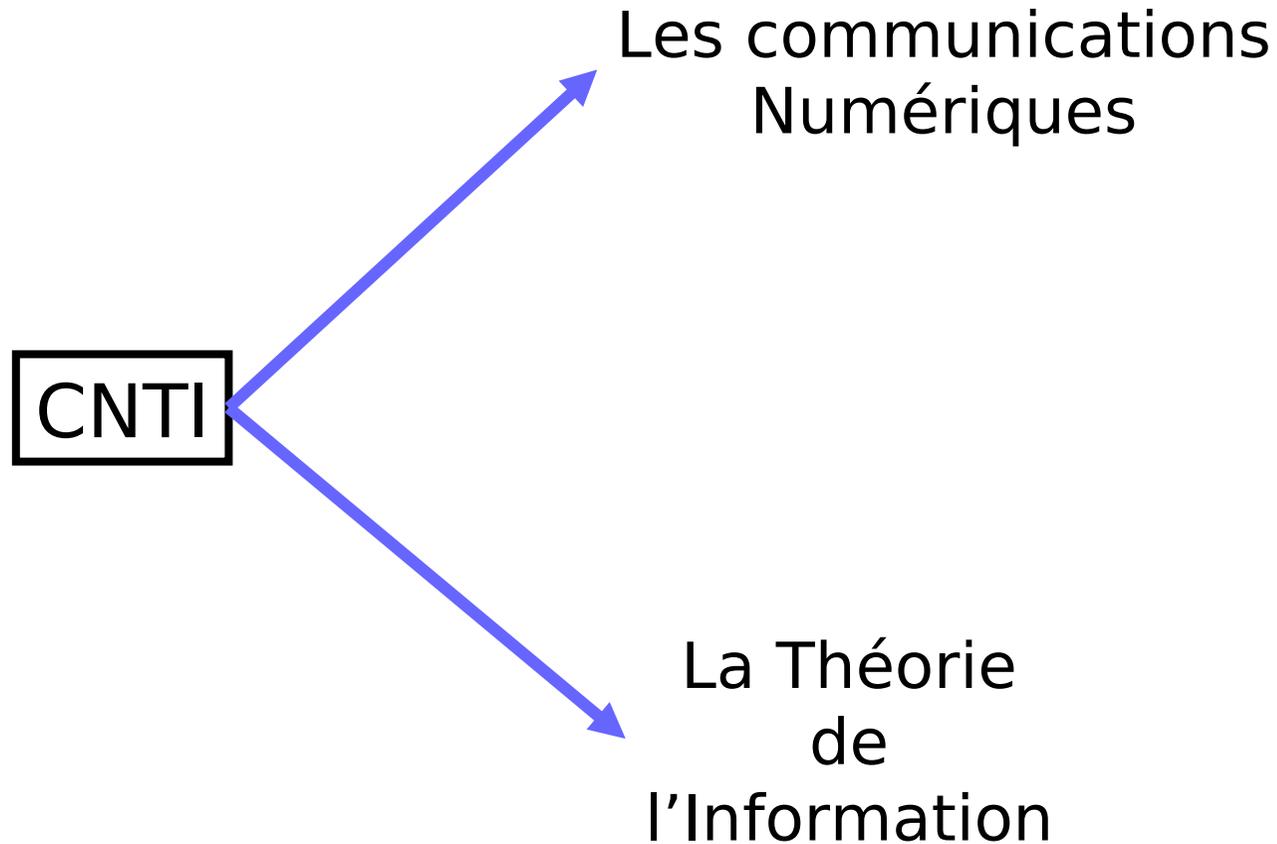
Comprendre les idées fondamentales de la représentation de l'information.

Etudier différentes représentations efficaces pour la transmission

Connaître les limites fondamentales et maîtriser l'usage des ressources requises pour rendre la transmission efficace

# Plan du Cours

---



# Les Comms Num

---

- ✓ Chaîne de transmission point à point; notions et définitions de base; signaux, filtres, spectres et bruit en bande de base d'un système de transmission.
- ✓ Rapport  $E_b/N_0$ , efficacité spectrale, puissance, débit binaire, rapidité de modulation; notion de <<fréquence porteuse>>, Taux d'Erreur Binaire (BER).
- ✓ Modulations linéaires en bande de base; formule de Bennet, exemples : NRZ, RZ, AMI, ...
- ✓ Éléments de théorie de la détection appliquée aux systèmes numériques; critères MAP et MV; récepteur optimal et filtre adapté.
- ✓ Le phénomène d'interférence entre symboles; le diagramme de l'œil, la détection <<symbole à symbole>>, critère de Nyquist, <<roll-off>> d'un filtre de Nyquist, filtre de Nyquist et filtre adapté, filtre en <<racine de Nyquist>>.

✓ Performance d'une modulation numérique,  $P_e$ ,  $P_{e_s}$ ,  $P_{e_b}$ , code de Gray, performances des modulations <<M-  
CNT 2008. Page

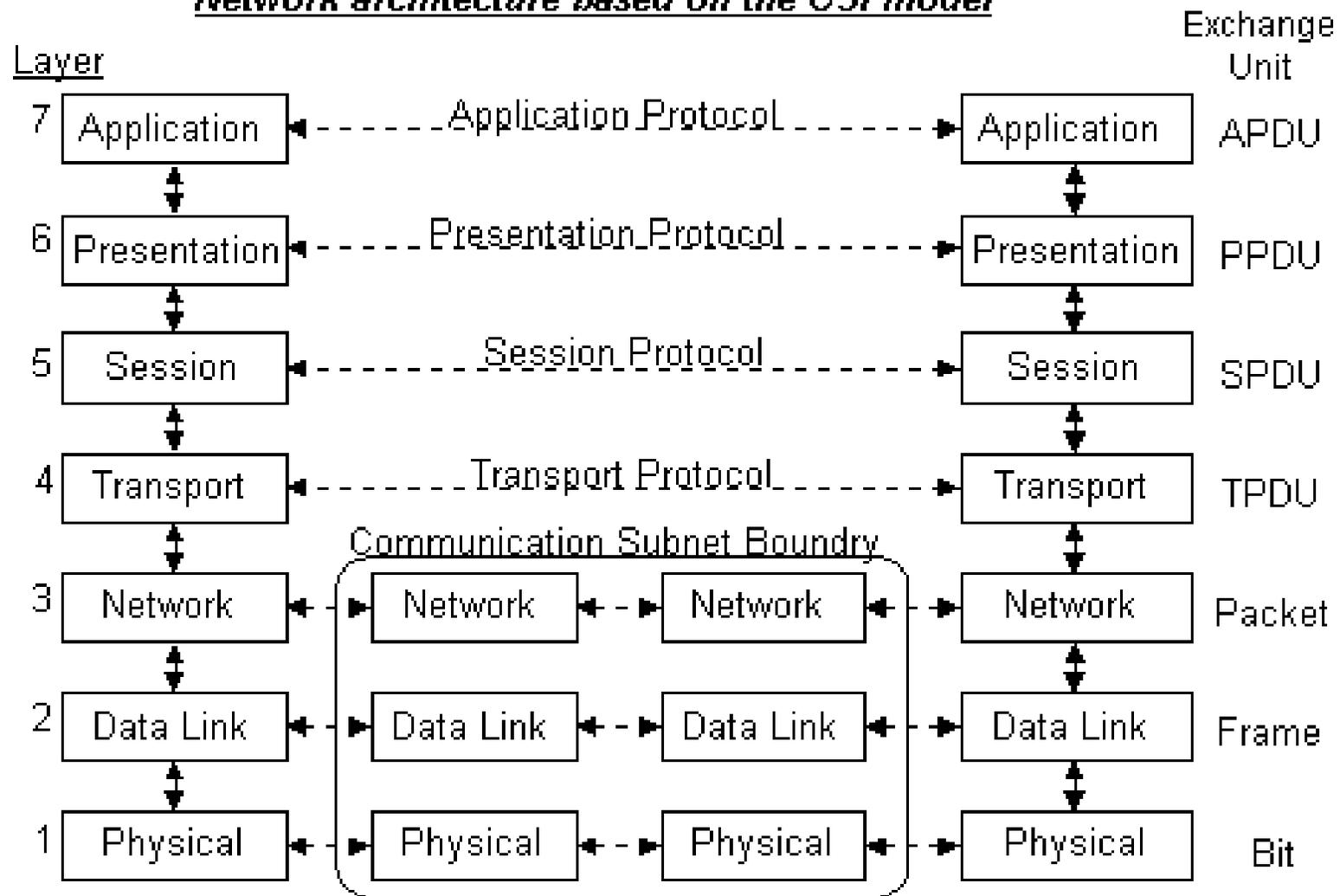
# La Théorie de l'Info

---

- ✓ Introduction à la théorie de l'information et le codage, notion de quantité d'information, information mutuelle et entropie, le <<Data Processing Theorem>> et applications.
- ✓ Modèles de canal, entropie conditionnelle, la capacité du canal, calcul de la capacité du canal.
- ✓ Théorème de codage de canal de Shannon, canal BSC et canal <<AWGN>>.
- ✓ Limites fondamentales, rôle du taux de codage  $R$ , liens entre  $E_{bc}/N_0$  et  $E_b/N_0$ , performances des systèmes par rapport aux limites fondamentales.
- ✓ Introduction aux codes correcteurs d'erreurs, détection MV et MAP, notions de décodage <<hard>> et <<soft>>.
- ✓ Paramètres d'un code correcteur, notion de distance minimale d'un code, décodage complet et incomplet, exemple : code de Hamming.
- ✓ Codes en bloc linéaires, codage systématique, distance minimale et poids de Hamming, description matricielle d'un code en bloc linéaire.
- ✓ Capacité de détection et de correction d'un code en bloc linéaire, décodage par syndrome, stratégies ARQ et FEC.
- ✓ Introduction élémentaire aux codes cycliques, définition du polynôme générateur du code, exemple : CRC.

# Les couches OSI

## *Network architecture based on the OSI model*



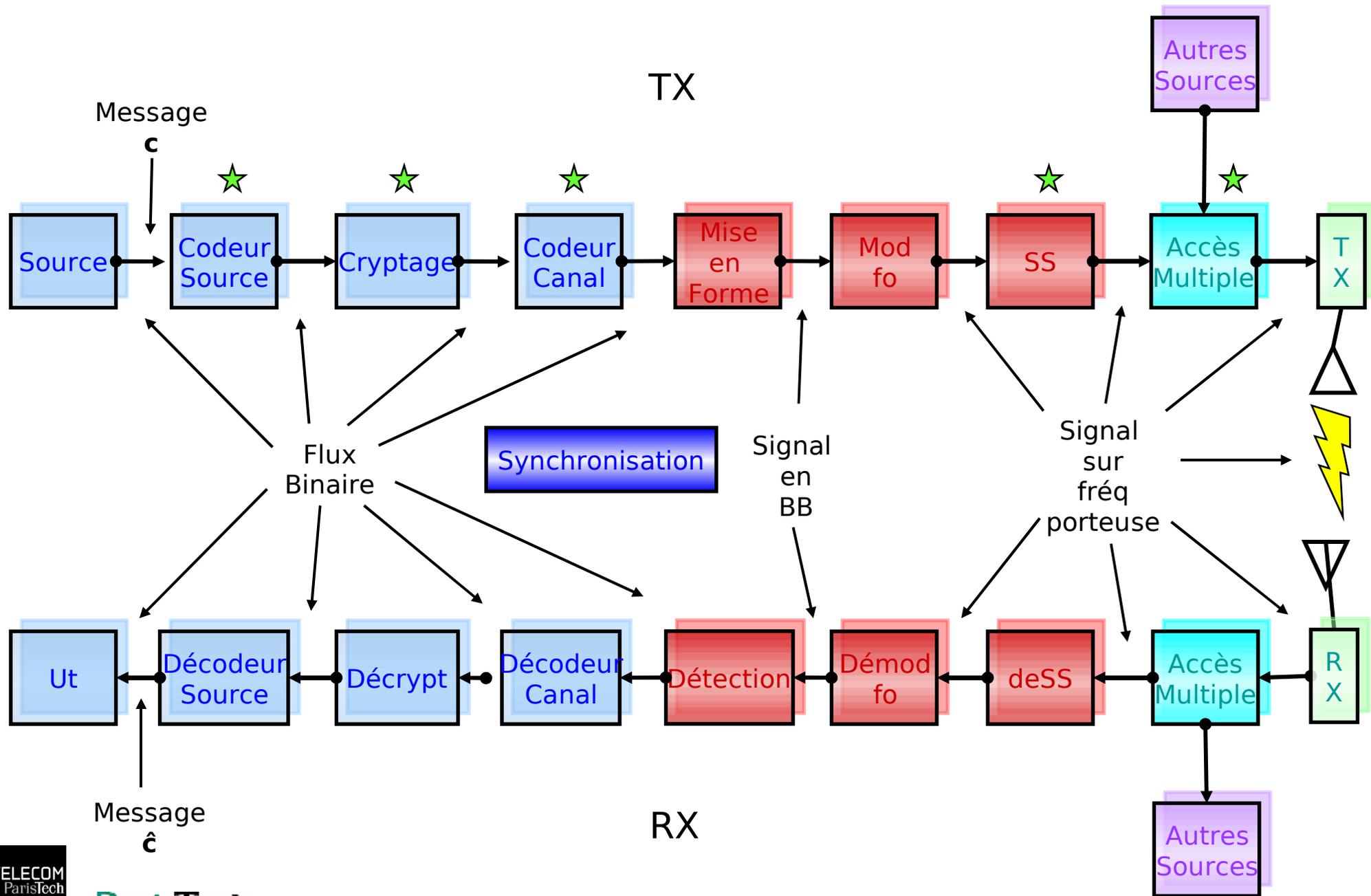
# La chaîne de transmission

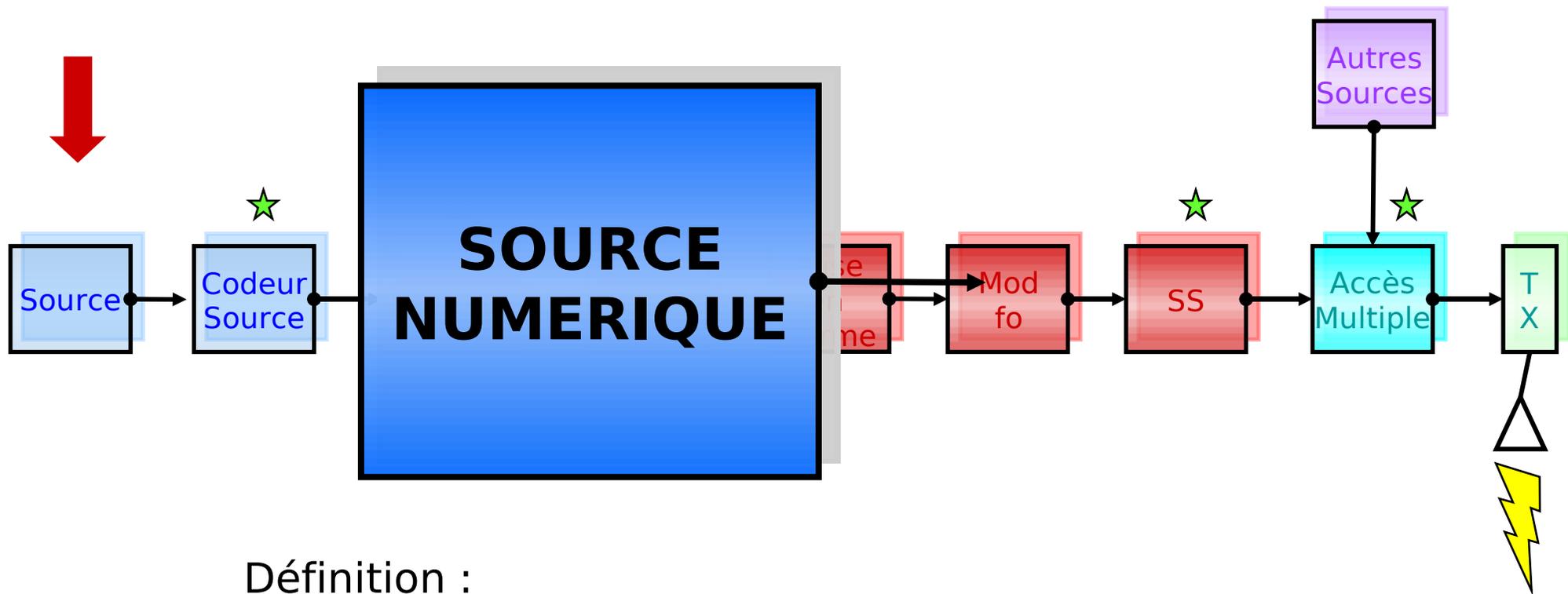
---



Le schéma de transmission « point à point » entre **A** et **B**

Objectif :  
Transférer des messages contenant l'information  
entre **A** (émetteur) et **B** (récepteur)



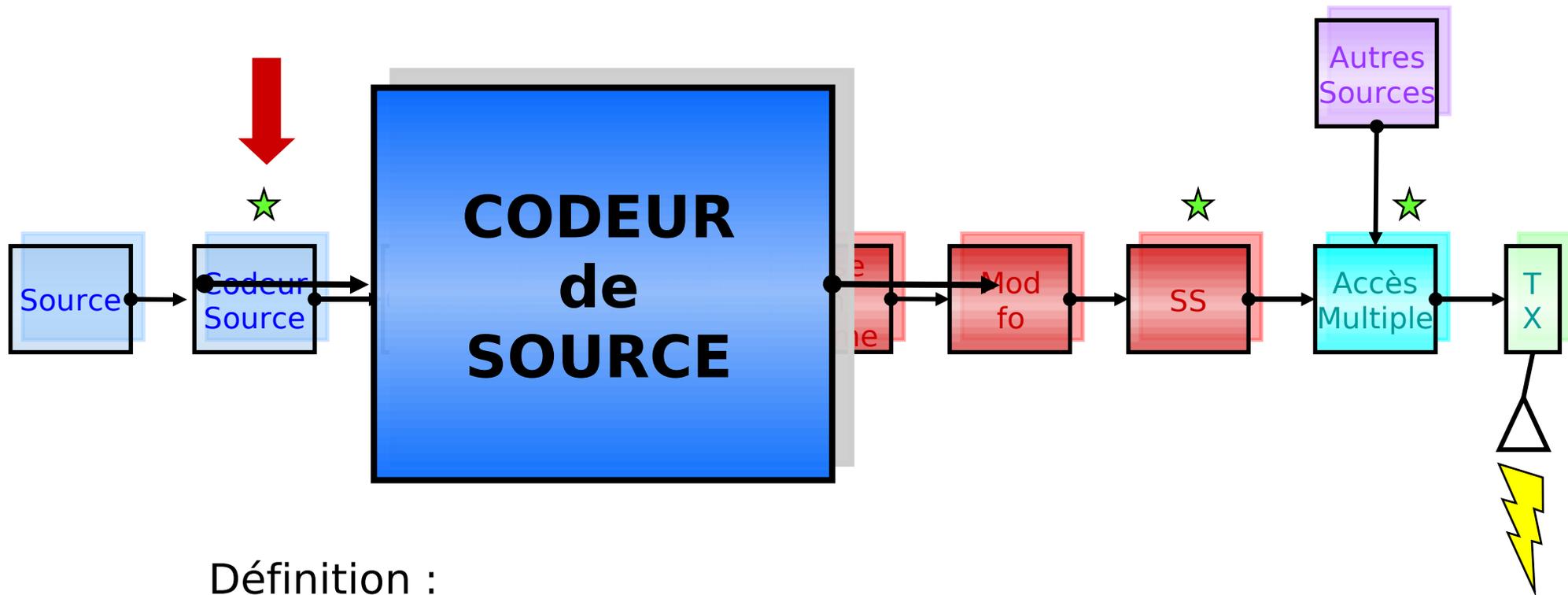


Définition :

Tout dispositif capable de générer des messages appartenant à un alphabet discret et fini

Exemples :

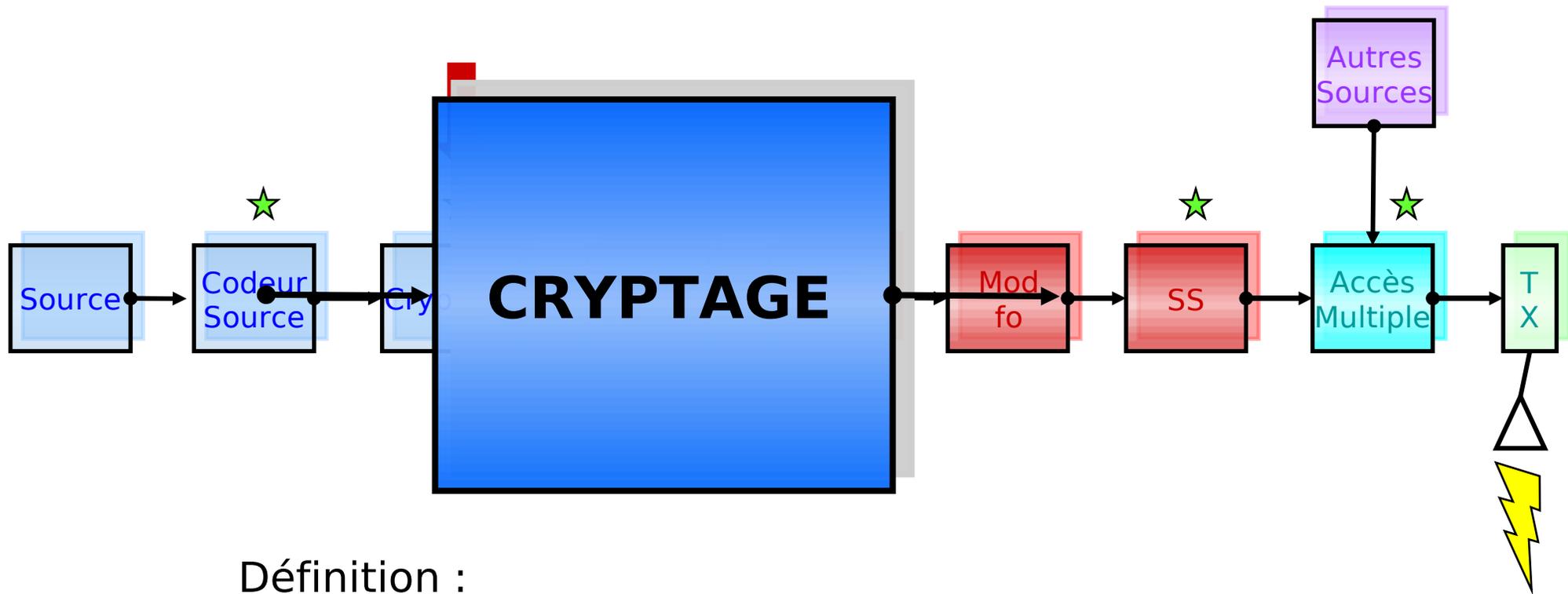
- un ordinateur ;
- un convertisseur A/N ;
- une base de données.



Définition :  
 dispositif capable de générer une représentation plus « économique » de l'information générée par la source

Exemples :

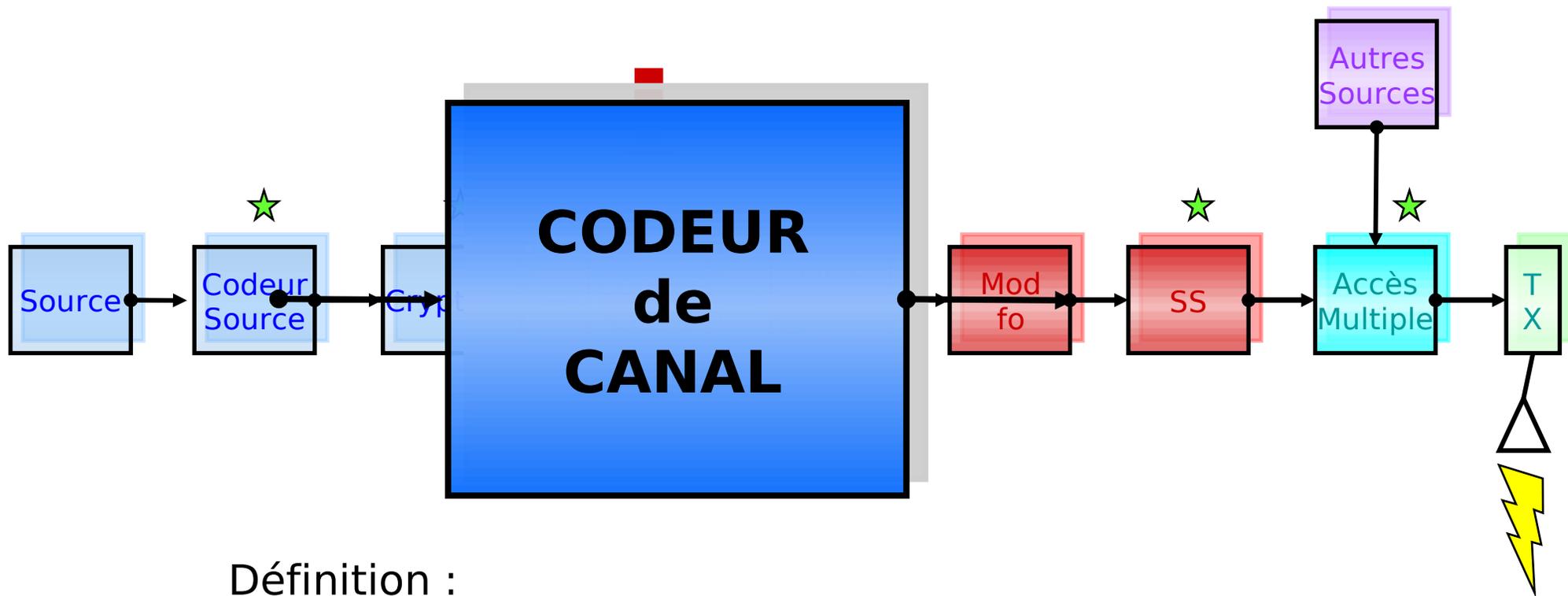
- codeur de parole ;
- codeur d'images ;
- PKZIP, gzip.



Définition :  
dispositif capable « protéger » l'information.

Exemples :

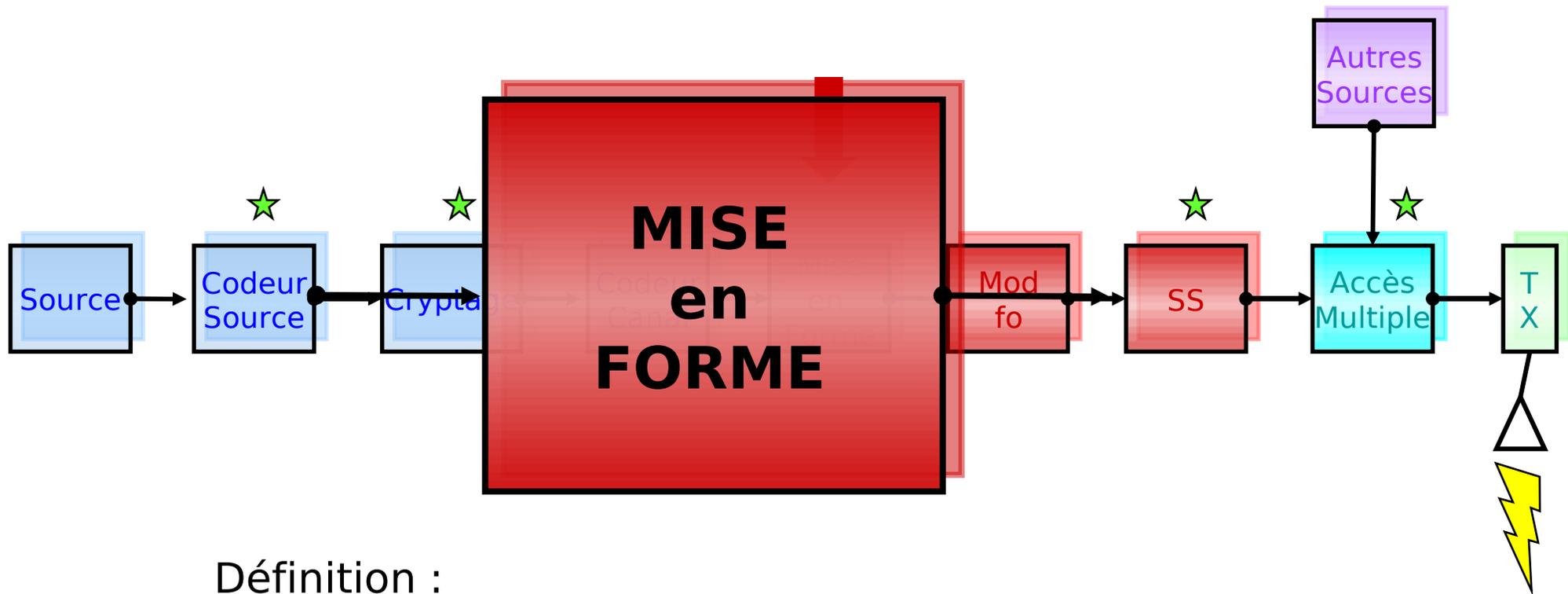
- Clés de chiffrement ;
- RSA ;
- Watermarking.



Définition :  
 dispositif capable de protéger l'information des perturbations  
 du canal

Exemples :

- codes détecteurs d'erreurs ;
- codes correcteurs d'erreurs ;
- codes en bloc;
- codes convolutifs.

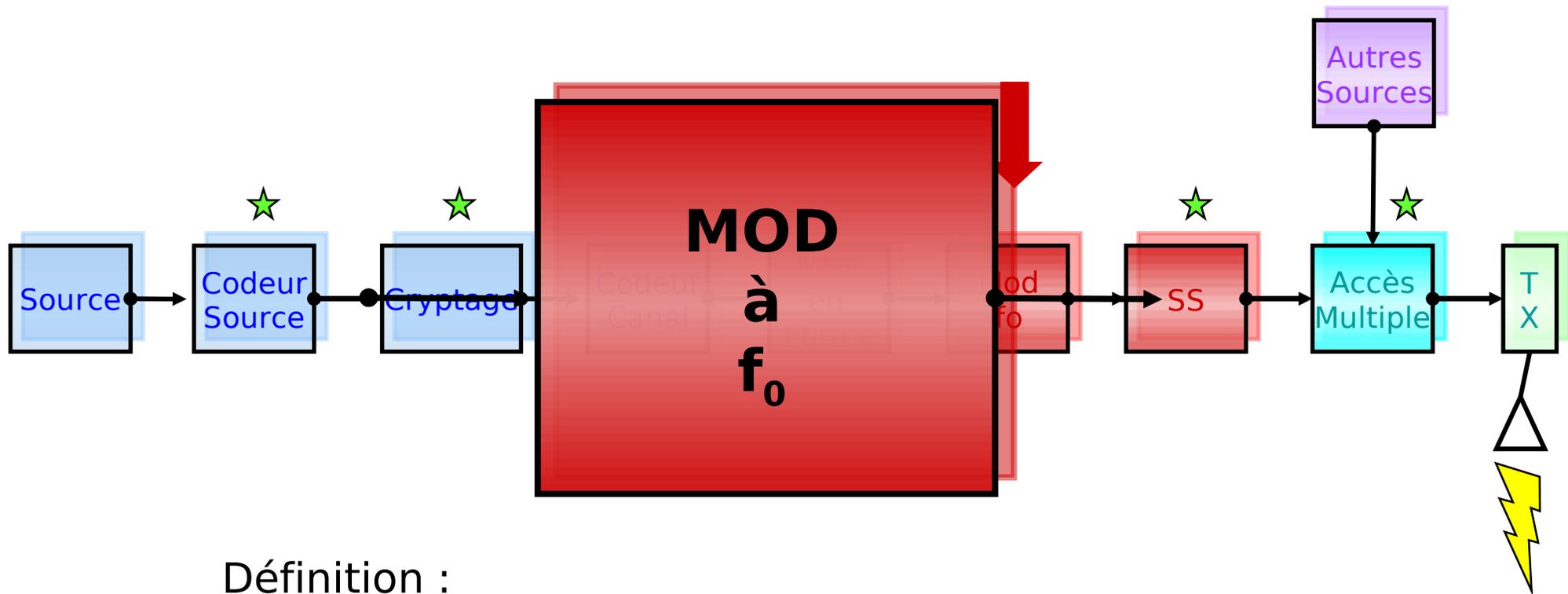


Définition :

dispositif qui représente l'information sous forme d'un signal apte à être transmis sur un support physique (signal à temps continu)

Exemples :

- code en ligne ;
- filtre de Nyquist ;
- filtre en racine de Nyquist;
- filtre en cosinus surélevé.

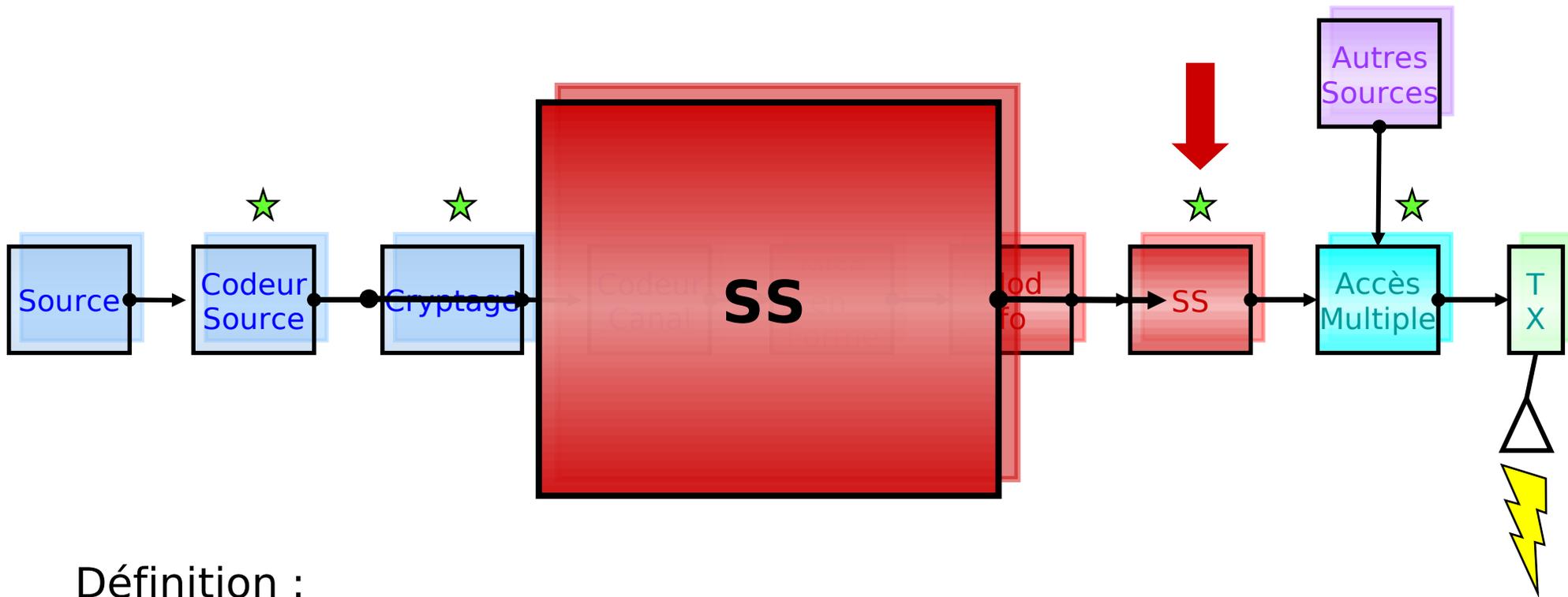


Définition :

Convertisseur de fréquence ; transpose le spectre du signal autour de la fréquence  $f_0$ .

Exemples :

- modulateur numérique ;
- modulations linéaires ;
- modulations à phase continue ;
- BPSK, QPSK, QAM, MSK.

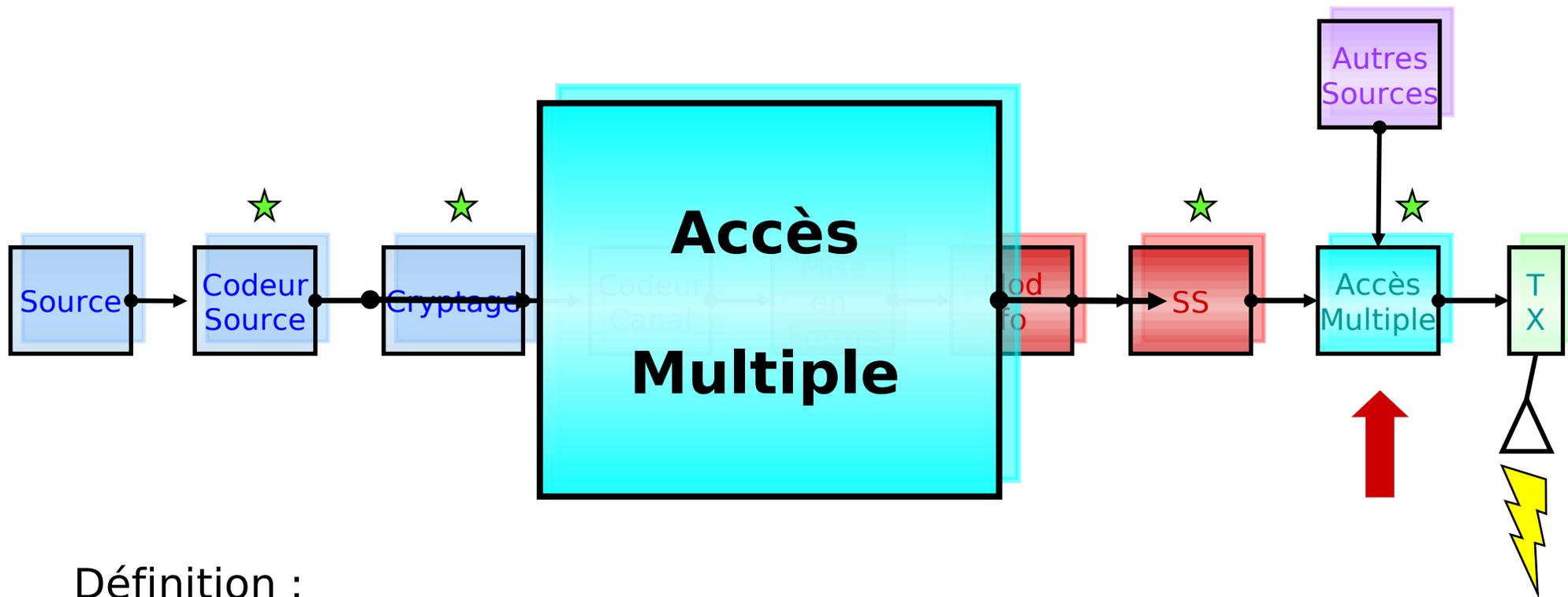


Définition :

Dispositif à étalement du spectre (*spread spectrum*), transforme un signal de largeur de bande  $B$  en signal de largeur de bande  $B_{ss}$  avec  $B_{ss} \gg B$ .

Exemples :

- étalement par séquence directe ;
- étalement par saut de fréquence ;
- système anti-brouillage ;
- CDMA.

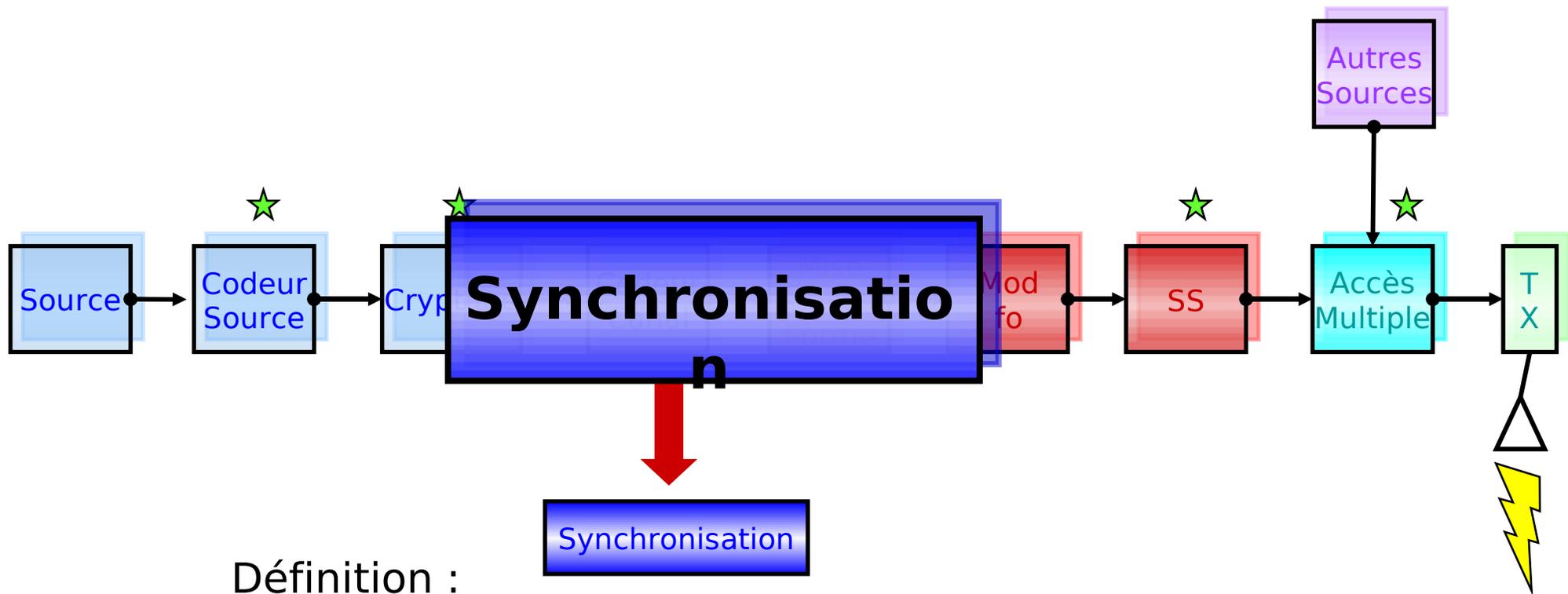


Définition :

Gestionnaire d'accès à la ressource de communication ; partage de La ressource avec d'autres éventuelles source d'information.

Exemples :

- FDMA, TDMA ;
- ALOHA, p-ALOHA, S-ALOHA ;
- CSMA, CSMA-CD, CSMA-CA ;
- CDMA.



Définition :

Dispositif capable de générer des références temporelles et fréquentielles compatibles avec la nature « temps discret » du signal numérique.

Exemples :

- synchro bit ;
- synchro fréquence ;
- synchro trame.

# Exemples de traitements

## Source

Échantillonnage  
Quantification  
PCM  
Données

## Codeur de Source

Codage prédictif  
Codage en bloc  
Codage à longueur variable  
Analyse/synthèse  
Codage sans pertes  
Codage avec distorsion

## Cryptographie

Bloc  
Flux binaire

## Codeur de Canal

Codes en bloc  
Codes cycliques  
Codes convolutifs  
Turbo-codes  
Codes LDPC

## Mise en Forme

Codes en ligne  
Filtre de Nyquist  
Filtrage adapté  
Modulation binaires  
BPSK, BFSK, etc.  
Modulation M-aires  
QPSK, QAM, etc  
PAM, PPM, PWM

## Égalisation

MLSE  
Filtrage, ZFE, DFE  
Égalisation Adaptive  
Filtre Fractionnaire

## Étalement

Séquence directe (DS)  
Saut de fréquence (FH)  
Saut de temps (TH)  
Hybrides

## Accès Multiple

Fréquence (FDMA)  
Temps (TDMA)  
Code (CDMA)  
Espace (SDMA)  
Polarisation (PDMA)  
Hybrides

## Synchronisation

Fréquence, Phase  
Symbole  
Trame  
Réseau

# A suivre ...

---

- ✓ Notions et définitions de base ;
- ✓ Rappels sur les signaux, filtres et spectres ;
- ✓ Bruit en bande de base d'un système de transmission.