

WAN : Protocole

Dans une transmission, **chaque élément de la chaîne** influence la qualité de la transmission.

La couche physique (RTC, câble coaxial d'un LAN,...) subit des perturbations (bruit, décharge,...) occasionnant des **erreurs de transmission**.

La **numérisation des réseaux** (multiplexages temporels), de **nouveaux supports** de transmission (fibre optique) ainsi que le recours à des **traitements sophistiqués du signal** (Digital Signal Processing) ont pour effet de diminuer considérablement les erreurs de transmission.

1 Taux d'erreurs

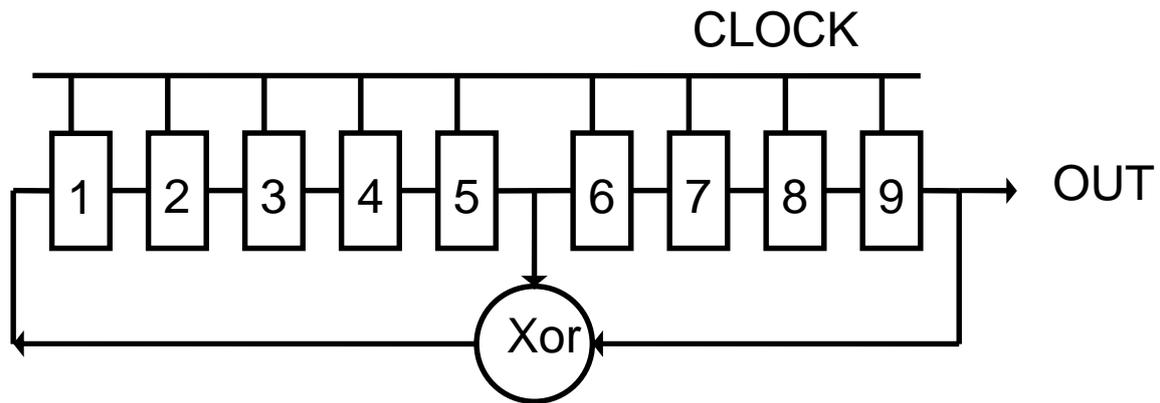
Les taux d'erreurs permettent de quantifier les erreurs de transmission.

a) **Taux (probabilité) d'erreurs sur les bits** est le nombre de bits erronés, reçus pendant un intervalle de temps Δt déterminé, rapporté au nombre total de bits transmis pendant cet intervalle de temps :

b) **Taux (probabilité) d'erreurs sur les blocs**, par analogie :

L'UIT a normalisé (avis V.52) un bloc d'essai de 511 bits,

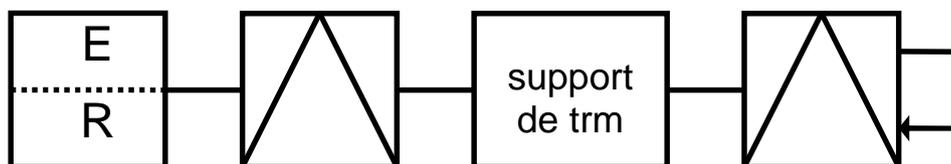
constitué par la séquence pseudo-aléatoire donnée par le circuit suivant :



c) Mesures de taux d'erreurs

Des équipements spécifiques (BERT = Bit Error Rate Tester) vont ainsi mesurer :

- le taux d'erreurs sur les bits (bit error rate).
- le taux d'erreurs sur les blocs (block error rate)
- le pourcent de secondes sans erreur (% of error free second)
- le débit utile (throughput / file transfer).



En travaillant au niveau du bit, ces équipements sont indépendants de tout protocole.

Plus l'intervalle de temps Δt est grand; plus ces mesures sont significatives (statistique, écart type, distribution,...).

d) Taux d'erreurs résiduel renseigne sur la fiabilité apportée par le mécanisme de protection :

C'est lui qui donne le **degré de sécurité d'une liaison !**

Dans le cas du CRC, la théorie montre que pour chaque polynôme $G(x)$ de degré r , composé de 3 termes dont le facteur $x+1$, la probabilité de détection est la suivante :

erreur	probabilité de détection	idem pour $r = 16$
1 bit faux	100 %	100 %
2 bit faux	100 %	100 %
nb impair bits faux	100 %	100 %
groupe de bits faux		
de longueur $< (r+1)$	100 %	100 %
de longueur $= (r+1)$	$1 - (1/2)^{(r-1)}$	99,997 %
de longueur $> (r+1)$	$1 - (1/2)^{(r)}$	99,998 %

2 Correction des erreurs

Après avoir détecté un bloc faux, le récepteur peut, **pour corriger** :

- a) **demander une répétition du message; la redondance ne permettant que la détection !**
- b) **calculer le message correct en utilisant la redondance qui doit être suffisante !**

- correction directe (Forward Error Correction)

- émission triplée :

cette méthode consiste à envoyer systématiquement 3 fois le message puis à en déterminer le message le plus probable à l'aide d'une logique de décision majoritaire.

- code de Hamming par exemple.

- code Trellis (modem V.32)

Les paramètres qui justifient l'emploi d'une méthode plutôt qu'une autre sont :

- **taux d'erreurs sur les bits et les blocs**
- **mode de transmission (simplex ne permet pas le dialogue)**
- **rendement (rapport entre redondance et message)**

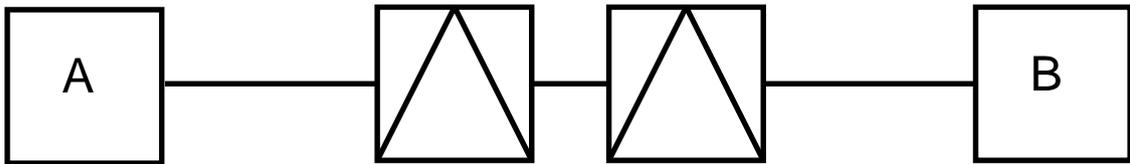
Pratiquement, la méthode de correction par retransmission, associée à une redondance du type CRC, donne souvent le meilleur compromis.

Soulignons encore l'importance du choix de la taille optimum des blocs transmis.

3 Ebauches de protocoles

Le but de ce paragraphe est d'étudier diverses méthodes susceptibles de résoudre les **contrôles d'erreur et de flux**.

Considérons le **transfert d'un fichier de A vers B** :



a) **Liaison parfaite** \emptyset

- A émet en permanence
- Le canal transmet sans erreur tous les messages
- B possède suffisamment de mémoires tampons.

b) **Liaison à capacité limitée et sans erreur**

Capacité limitée \emptyset **CONTROLE DE FLUX** géré par exemple :

Le producteur A, après avoir envoyé un paquet, doit attendre un acquittement (accusé de réception) du consommateur B :

Remarque :

c) Liaison à capacité limitée et avec erreur sur les paquets

Capacité limitée \varnothing CONTROLE DE FLUX

Erreur sur les paquets \varnothing CONTROLE D'ERREUR

gérés par exemple :

L'acquittement, attendu par A, signifie que B n'a pas détecté d'erreur dans le paquet reçu **et** qu'il l'a consommé :

Remarques :

d) Liaison à capacité limitée avec erreurs sur les paquets et les acquittements

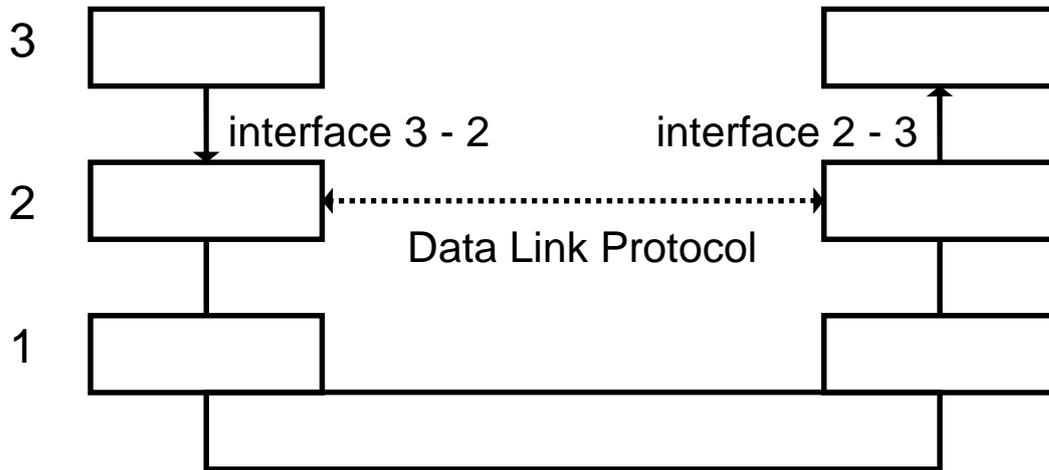
Solution : ajouter au paquet un numéro de séquence :

Un **protocole de communication** est un ensemble de règles (procédures) que chaque entité doit respecter dans ses échanges.

La **téléinformatique** (télématique) englobe un certains nombres de protocoles répartis en **couches** (layer, level).

4 Couche liaison de données (Data Link Layer)

La couche liaison de données convertit un canal de transmission perturbé (couche physique) en un canal sûr, utilisable par la couche supérieure :



Nous conviendrons d'appeler :

- l'information échangée au niveau 3 un **paquet**
- l'information échangée au niveau 2 une **trame**

La couche liaison de données (niveau 2) doit :

- garantir que les paquets reçus à l'interface 3-2 soient transmis **sans erreur et en séquence** à l'interface 2-3 opposé,
- **détecter les erreurs** à partir de la redondance ajoutée au paquet (CRC par exemple),
- **corriger les erreurs**, généralement selon le principe de la retransmission,
- avertir la couche supérieure (niveau 3) en cas **d'erreurs irrécupérables** (à la suite de coupure de ligne par exemple).

a) **Numéros de séquence N(S) et N(R)**

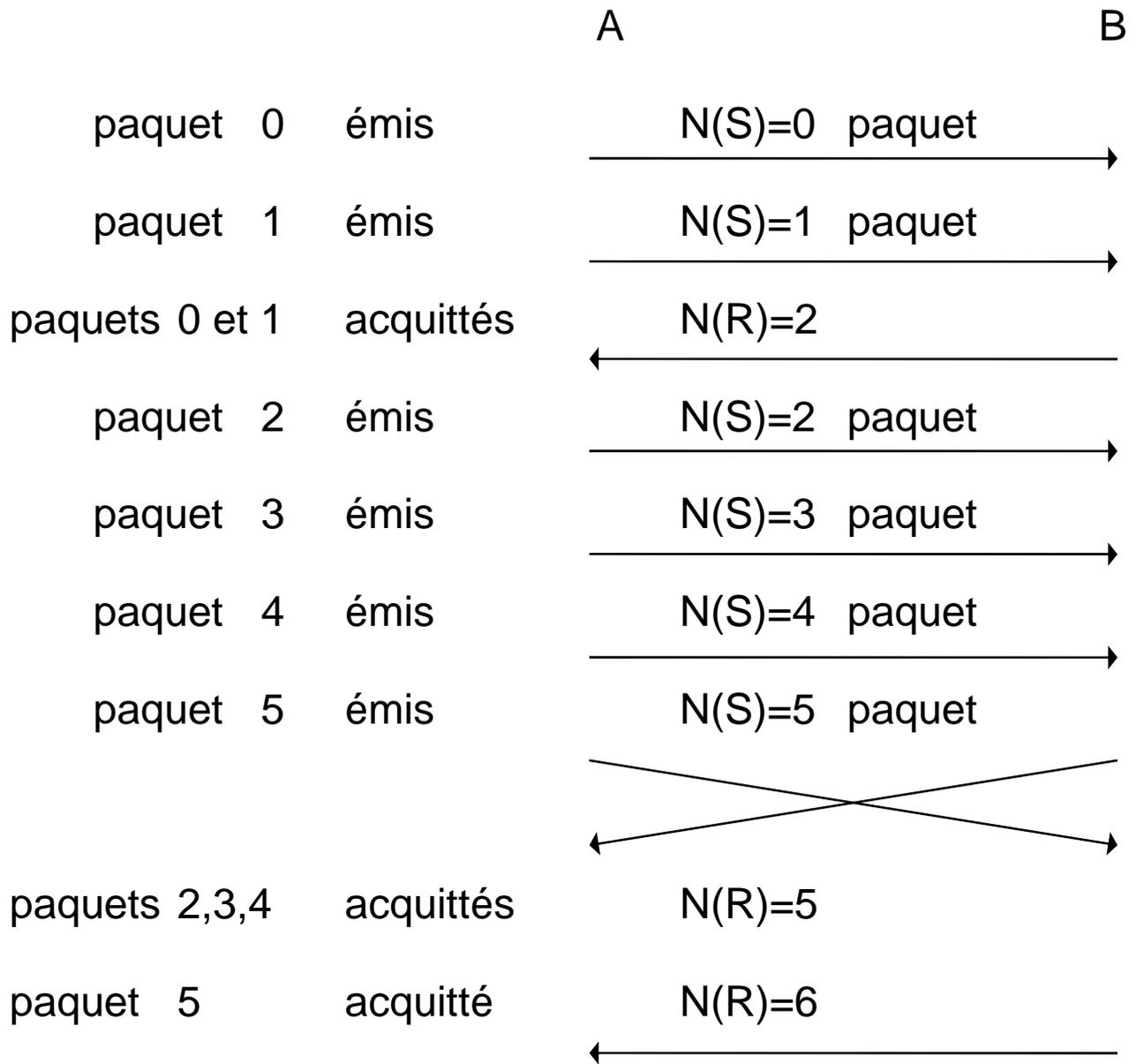
Chaque **paquet** contient un **numéro de séquence N(S)** compris entre 0 et 7 (modulo 8) :



Chaque **accusé de réception** contient un **numéro de séquence N(R)** compris également entre 0 et 7.



La valeur de N(R) correspond **au numéro du prochain paquet attendu**; elle acquitte tous les paquets en séquence jusqu'à N(R) - 1.



b) Variables locales V(S), V(R) et V(A)

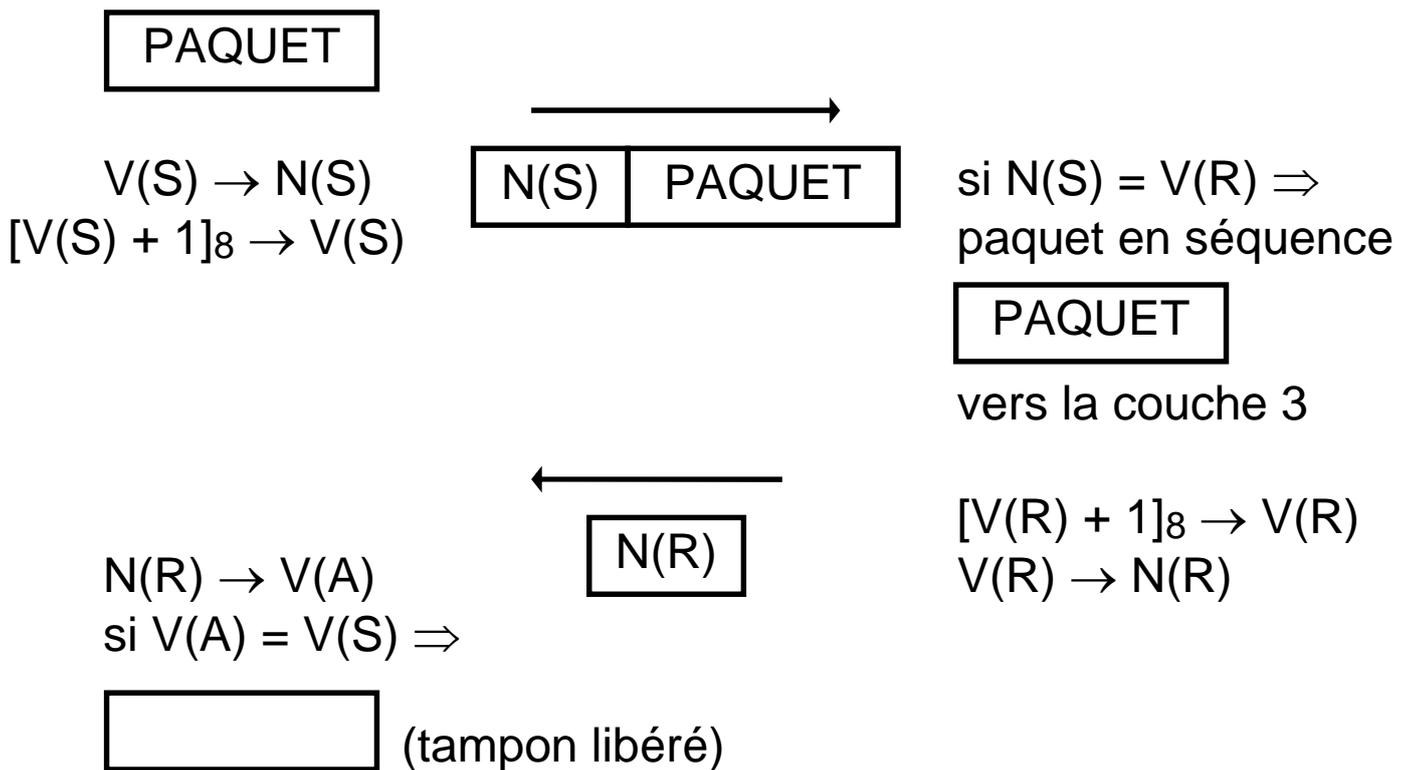
Les stations A et B doivent gérer les variables locales :

V(S) : numéro du prochain paquet à émettre

V(R) : numéro du prochain paquet à recevoir

V(A) : numéro du dernier paquet acquitté + 1
acquitte tous les paquets jusqu'à V(A) - 1.

de la
couche 3

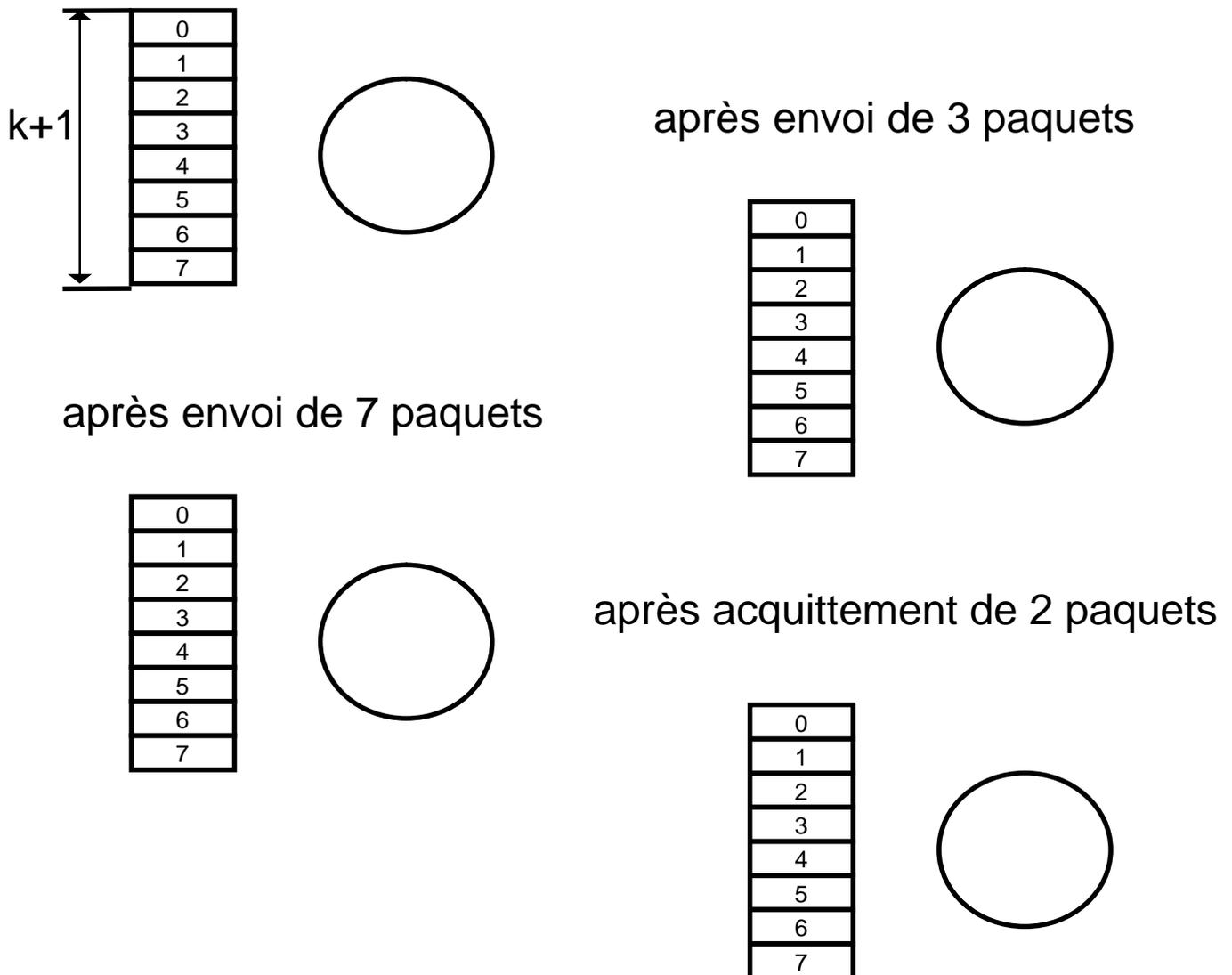


c) Fenêtre de contrôle d'erreur k

On appelle **fenêtre de contrôle d'erreur k**, le nombre maximum de paquets que l'expéditeur peut envoyer sans acquittement du destinataire.

Cette fenêtre définit en fait le nombre de tampons remplis de paquets déjà envoyés que l'expéditeur doit conserver en vue d'une éventuelle retransmission.

Illustration avec une fenêtre $k = 7$:



Ex 4 : Déterminer la valeur maximale de k .