

## Cours n° 2

# Liaison de données, trames et réseau

1 Master Langue et Informatique – Internet et Bases de Données – Claude Montacié

## Sommaire

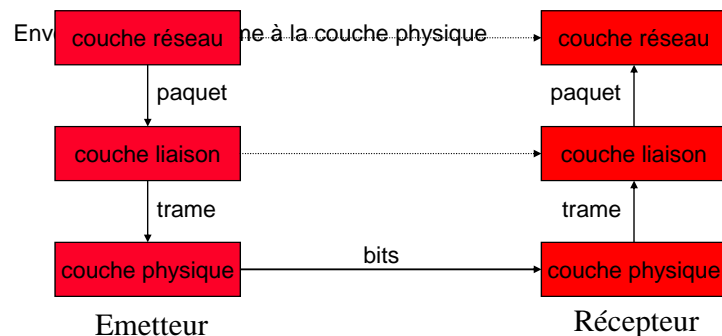
1. **Délimitation de trames**
  - Fanions
2. **Détection/correction d'erreurs**
  - Code polynomial
3. **Contrôle de flux**
  - Protocoles à fenêtres d'anticipation
4. **Couche réseau**
  - Modes de commutation
  - Contrôle de la congestion

2 Master Langue et Informatique – Internet et Bases de Données – Claude Montacié

## Définition de la couche liaison

### Assurer une transmission exempte d'erreurs sur un canal de communication

Récupération des paquets de la couche réseau,  
Construction d'une (ou plusieurs) trame(s) pour chaque paquet,



3 Master Langue et Informatique – Internet et Bases de Données – Claude Montacié

## 1. DELIMITATION DE TRAMES

### Introduction

**Trames** (Suites de bits ou de caractères de taille variable)

Détection du début et de la fin de la trame,  
Synchronisation entre émetteur et récepteur

'M' 'A' 'S' 'T' 'E' 'R'    'I' 'G' 'L' 'I' 'T'    'I'

### Trois méthodes de délimitation

Taille de la trame,  
Champs délimitateurs (fanions) en début et/ou en fin de trame  
Transmission de la requête de délimitation à la couche physique

4 Master Langue et Informatique – Internet et Bases de Données – Claude Montacié

## 1. DELIMITATION DE TRAMES

### Taille de la trame

Ajout d'un champ dans l'en-tête de la trame pour indiquer le nombre de caractères de la trame

6 'M' 'A' 'S' 'T' 'E' 'R' 5 'T' 'G' 'L' 'T' 'T' 1 '1'

Problème en cas de modification de la valeur du champ au cours de la transmission

Trames émises

6 'M' 'A' 'S' 'T' 'E' 'R' 5 'T' 'G' 'L' 'T' 'T' 1 '1'

Trames reçues

6 'M' 'A' 'S' 'T' 'E' 'R' 4 'T' 'G' 'L' 'T' 73 01 '1'

Propagation de l'erreur

## 1. DELIMITATION DE TRAMES

### Fanions

Séquence particulière de bits signalant le début et la fin d'une trame

Adaptée à des trames de bits,  
Interdiction d'une séquence binaire identique dans la trame  
Ajout de bits de transparence  
Pas de perte de la synchronisation  
Envoi de trames de taille quelconque

Exemple

Fanion 1111111

Données 11101 011111101

Trame 1111111111011111110111111010111111

Exemple : ajout automatique d'un bit à 0 après 5 bits à 1

## 2. DETECTION/CORRECTION D'ERREURS

### Erreurs sur un canal de transmission

#### Causes

rayonnement électromagnétique (relais, émetteurs)  
câblage mal isolé et effet de distorsion (longueur du câble)

Taux d'erreur =  $\frac{\text{nombre de bits erronés}}{\text{nombre de bits émis}}$

$10^{-15}$  pour les bus des ordinateurs (erreurs tous les 11 ans)  
 $10^{-9}$  pour les réseaux locaux (erreurs toutes les 10 secondes)  
 $10^{-5}$  pour le téléphone (100 erreurs par seconde)  
 $10^{-2}$  pour le WIFI (100 000 erreurs par seconde)

#### Types d'erreurs

Erreurs isolées  
simples à détecter et à corriger, proportion élevée de trames affectées  
Erreurs en rafales  
difficiles à détecter et à corriger, proportion faible de trames affectées

## 2. DETECTION/CORRECTION D'ERREURS

### Stratégies

#### Détection des erreurs par le récepteur

Code détecteurs d'erreurs  
Demande d'une retransmission à l'émetteur

#### Détection et correction des erreurs par le récepteur

Codes correcteurs d'erreur  
canal unidirectionnel  
grande distance entre l'émetteur et le récepteur (satellite)

#### Adaptation de la taille des trames transmises

Diminution de la taille des trames  
en cas d'augmentation du taux d'erreur,  
en cas d'erreurs isolés

## Principe des codes

**Mot de code**

d bits de données + c bits de contrôle = n bits d'information (à transmettre)

**Distance de Hamming de deux mots**

Nombre de bits différents entre deux mots

**Distance de Hamming d'un code**

distance de Hamming entre les 2 mots du code les plus proches

**Capacité d'un code à détecter d erreurs**

Distance de Hamming du code supérieure ou égale à d + 1

**Capacité d'un code à corriger d erreurs**

Distance de Hamming du code supérieure ou égale à 2\*d + 1

Exemple : Soit le code C = { 0000 0000, 0000 1111, 1111 0000, 1111 1111 }  
sa distance de Hamming est égale à 4  
si un récepteur reçoit 0000 0111, peut t'il corriger l'erreur ?

## Principe et capacité

**Transformation du mot de données en polynôme**

1	1	0	1
---	---	---	---

 devient  $x^3 + x^2 + 1$

**Division par un polynôme générateur**

Mot de code constitué du quotient et du reste

**Normalisation de polynômes générateur possédant de bonnes propriétés**

CRC 16 =  $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

CRC CCITT =  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

Détection de toutes les erreurs simples et doubles, de toutes les erreurs en rafale de longueur  $\leq 16$

Adapté à des mots de données de taille variable

## Protocole Envoyer

**Hypothèses**

Mémoire tampon infinie et canal parfait (pas de pertes ni d'erreurs)

Paquet p

**Emetteur**

Tant que vrai répéter

t ← construireTrame(p)

couchePhysique.prendreTrame(t)

Fin tant que

**Récepteur**

Tant que vrai répéter

t ← couchePhysique.donnerTrame()

Fin tant que

## Protocole Envoyer et Attendre (Send and Wait)

**Hypothèses**

mémoire tampon finie et canal parfait (pas de pertes ni d'erreurs)

Envoie par le récepteur d'une trame d'acquittement après chaque trame reçue

Attente par l'émetteur de l'acquittement avant l'émission de la trame suivante

**Emetteur**

Tant que vrai répéter

t ← construireTrame(p)

couchePhysique.prendreTrame(t)

couchePhysique.attendreAcquittement()

Fin tant que

**Récepteur**

Tant que vrai répéter

t ← couchePhysique.donnerTrame()

couchePhysique.envoyerAcquittement()

Fin tant que

## Protocole Envoyer Attendre et Réémettre (1/2)

### Hypothèses

mémoire tampon finie et canal imparfait (pertes et erreurs)

Utilisation d'une méthode de détection d'erreurs

Envoie par le récepteur d'une trame d'acquittement si la trame est correcte.

Réémission de la trame si aucune trame d'acquittement n'est reçue

### Emetteur

Tant que vrai répéter

$t \leftarrow \text{construireTrame}(p)$

booléen ack  $\leftarrow$  faux

Tant que ack = faux répéter

$\text{couchePhysique.prendreTrame}(t)$

ack  $\leftarrow \text{couchePhysique.attendreAcquittement}()$

Fin Tant que

Fin tant que

## Protocole Envoyer Attendre et Réémettre (2/2)

### Récepteur

Tant que vrai répéter

$t \leftarrow \text{couchePhysique.donnerTrame}()$

Si estCorrecte(t) alors

$\text{couchePhysique.envoyerAcquittement}()$

Fin si

Fin tant que

### Problème

Blocage en cas de perte de la trame d'acquittement

## Protocole à fenêtres d'anticipation

### Numérotation des trames et des trames d'acquittement

Détection d'une trame perdue

### Fenêtre de réception stockant les trames attendues

Taille (R) avec  $R = 1$  généralement

### Fenêtre d'émission indiquant la liste des numéros de trames dont on attend l'acquittement

Taille (maxE) indiquant le nombre maximal de trames pouvant être envoyées sans acquittements (taille courante variable)

Choix de maxE en fonction de la taille de la trame, du débit et du temps de propagation

### Efficacité de la transmission = $T_{em}/T_a$

$T_{em} = \text{maxE} * T_e$  temps d'émission maximal

$T_a = T_e + T_p$  temps d'émission + temps de propagation

$T_e = m / d$  m taille de la trame, d débit

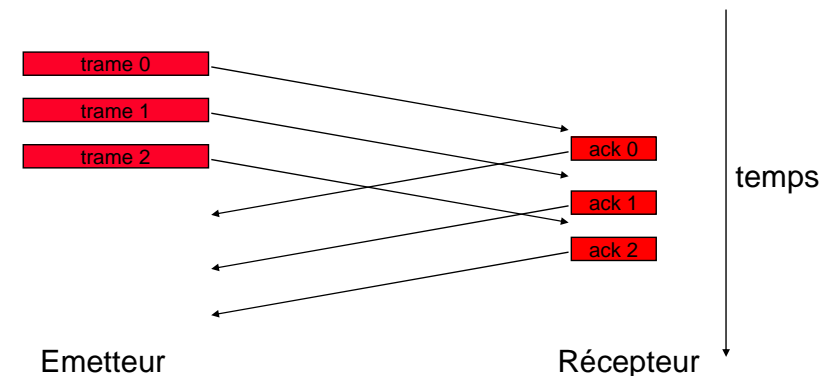
Exemple  $d = 50\text{kbts/s}$ ,  $m = 1000\text{ bits}$ ,  $T_p = 250\text{ms}$  MaxE = 13

## Stratégies d'acquittement (1/2)

### Envoi d'un acquittement pour chaque trame

Minimisation du temps de réponse

Doublment du nombre de trames

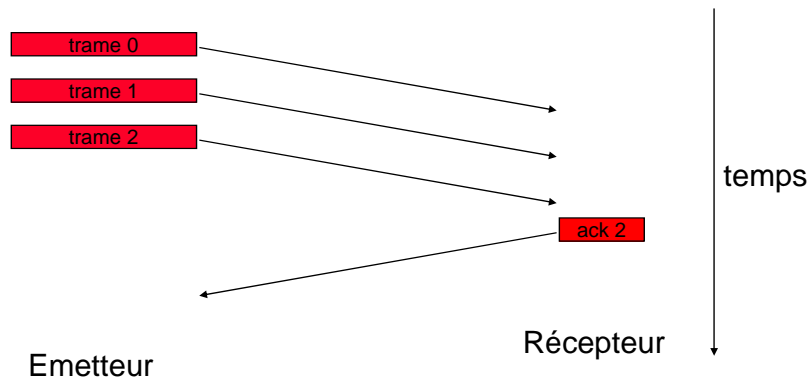


## Stratégies d'acquittement (2/2)

### Envoi d'un acquittement toutes les trames reçues

Augmentation du temps de réponse

Minimisation du nombre de trames d'acquittement

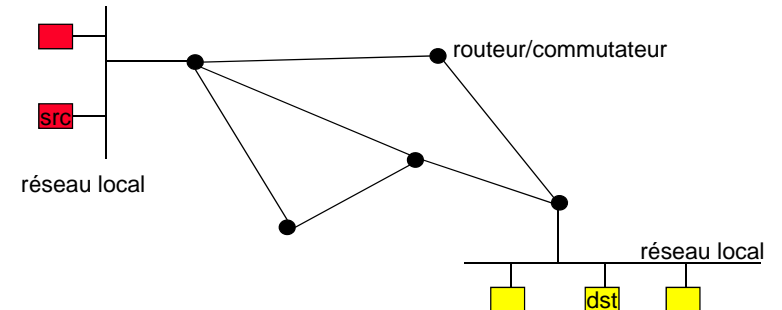


## Principes

### Transmission entre 2 machines non nécessairement connectés

Données sont fractionnées en paquets.

Transmission indirecte par l'intermédiaire de routeur/commutateur



## Principes

### Mode de communication

Méthode d'acheminement des informations du paquet à la bonne destination à travers le réseau

### Circuit virtuel

Constitution d'une connexion entre réseaux locaux différents par utilisation successive de réseaux intermédiaires

### Mode de communication connecté

Circuit virtuel calculé et établi à chaque connexion préalablement à tout envoi, Ajout à chaque paquet d'une référence représentant le numéro du circuit virtuel

### Mode de communication non connecté

Pas de circuit virtuel

Route calculée pour chaque paquet

Ajout à chaque paquet de l'adresse de destination

## Fonction de commutation

### Aiguillage du trafic établissant un circuit virtuel temporaire

Approche des opérateurs des réseaux de télécommunication

Calcul d'une route au moment de la connexion

Transmission de tous les paquets d'un message par cette route  
mode connecté

Équipement réseau spécialisé permettant la fonction commutation  
commutateur

### Gain en qualité de service de la commutation

Pas de calcul d'une route pour chaque paquet

Pas de perte de l'ordre des paquets

### Adaptée aux réseaux fiables

Perte du message complet en cas de panne d'un commutateur

Prix élevé du service

## Fonction de routage

### Aiguillage du trafic établissant une route à chaque paquet du message

Approche des opérateurs des réseaux informatiques  
Transmission possible des paquets par des routes différentes  
mode non connecté  
Equipement réseau spécialisé permettant la fonction de routage  
routeur

### Adaptée aux réseaux peu fiables

Choix d'une autre route en cas de panne d'un routeur  
Perte en qualité de service du routage  
Entrelacement possible des paquets  
Perte de paquet  
Remise en ordre et demande de retransmission à la charge de l'utilisateur  
Prix faible du service

## Description

### Facteurs de la congestion

Performance des processeurs des routeurs  
Trafic trop important en entrée par rapport aux capacités des lignes en sortie  
Taille insuffisante des files d'attente des routeurs  
perte de paquets

### Phénomène de congestion

Auto-entretien et aggravation  
réémission des paquets perdus  
Diminution des performances puis arrêt total des transmissions  
Propagation en amont  
blocage des acquittements

## Principes et algorithmes

### Prévention structurelle de la congestion

Résolution des problèmes lors de la phase de conception  
Pas de correction en phase d'utilisation

### Canalisation du trafic (traffic shaping)

Régulation de la vitesse d'écoulement des données  
élimination des saccades

### Algorithme du seau percé

Placement en file d'attente de tout paquet en sortie  
File d'attente pour chaque sortie du routeur,  
Envoi périodique des paquets en tête de leur file d'attente  
Transformation d'un flux irrégulier en flux régulier

### Approche adaptée aux réseaux propriétaires

## Description

### Méthode de rétroaction

Résolution des problèmes lors de l'apparition de la congestion

### Détection de la congestion

Pourcentage de paquets détruits  
Longueur des files d'attente  
Nombre de paquets hors délai et à retransmettre  
Temps moyen d'acheminement des paquets

### Envoi de l'alerte de congestion

Définition rapide d'un plan global d'action  
Envoi de paquets spéciaux aux routeurs accessibles choisis

### Action des routeurs

Réduction du trafic en sortie  
Délestage par reconfiguration des tables de routage