

Contrôle d'erreurs

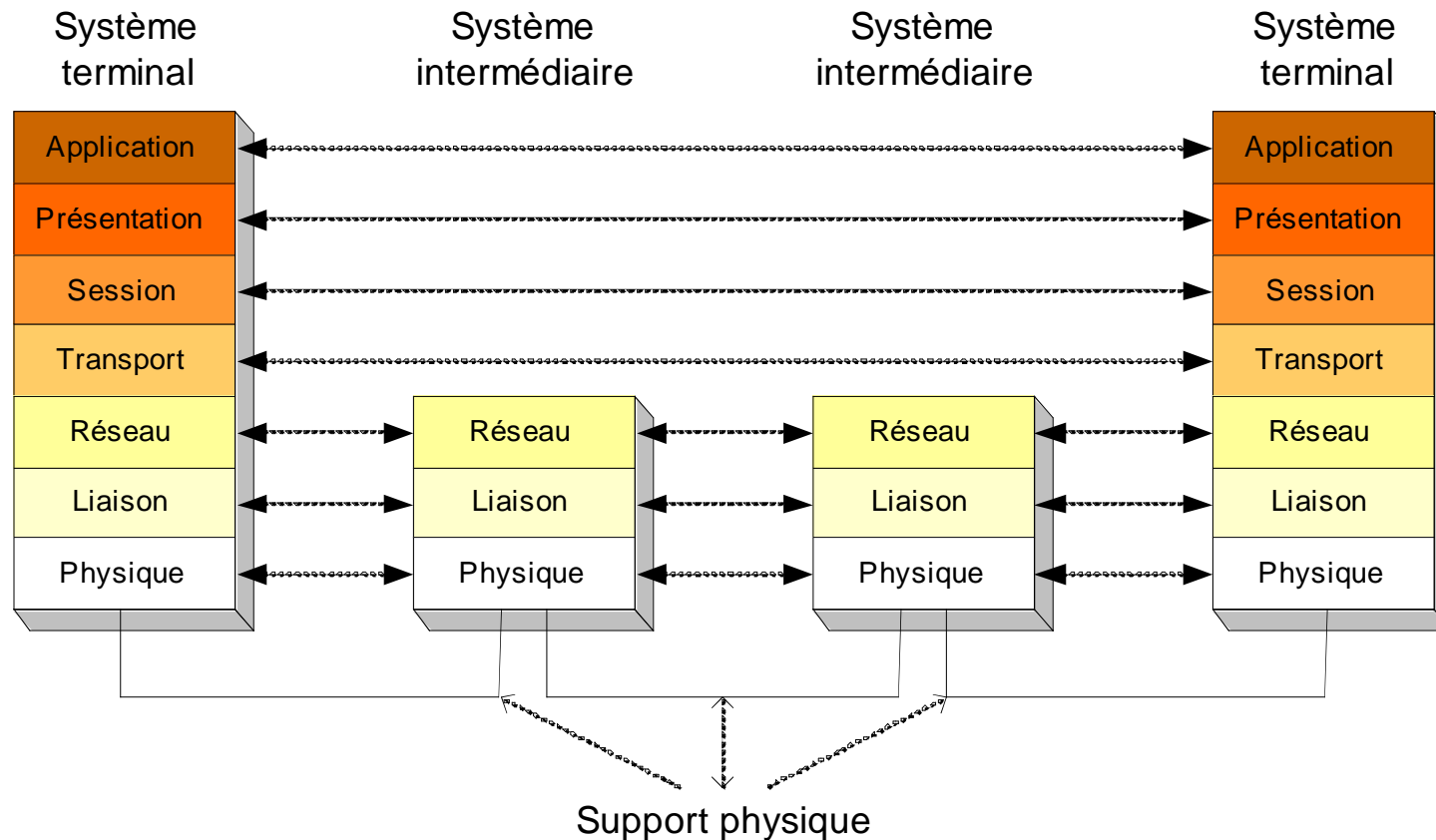
Partie 1

Objectifs

- Connaître les critères d'efficacité d'un contrôle d'erreur
- Pouvoir expliquer et appliquer les techniques de parité simple et croisée
- Code de Hamming: Savoir calculer la distance et le poids de Hamming
- Code de Hamming: Savoir calculer la distance minimale d'un code
- Code de Hamming: Savoir calculer le nombre d'erreurs détectables et corrigibles
- Code de Hamming: Pouvoir choisir un nombre de bits de contrôle adapté

Le modèle de référence OSI

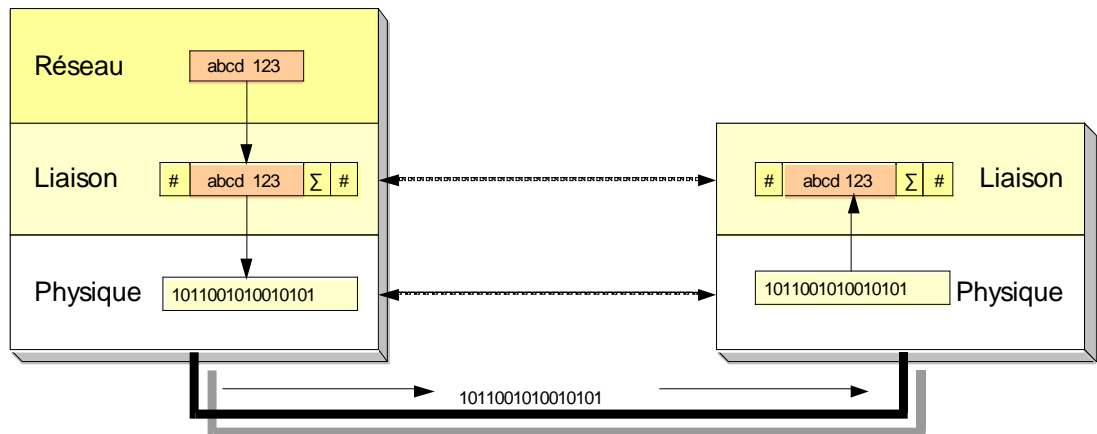
Modèle en sept couches:



2. Couche liaison

Simuler une liaison parfaite, sans erreurs, à la couche supérieure

- Travaille entre systèmes voisins, à travers une seule liaison
- Découper les séquences de bits en paquets (appelés trames)
 - Reconnaître les frontières entre les trames
- Détecter et corriger des erreurs de transmission
- Régulation de flux



Contrôle d'erreurs

- Les protocoles de la couche physique ne sont pas parfaits mais subissent des erreurs bits
- Le taux d'erreur bit dépend surtout du média de transmission
- La couche liaison implémente deux fonctions:
 - Détection d'erreurs
 - Codes détecteurs
 - Correction d'erreurs (seulement pour un service fiable)
 - Codes correcteurs
 - Retransmission de trames

Critères d'efficacité

1. Capacité à détecter / corriger des erreurs multiples
2. Capacité à détecter / corriger des rafales d'erreurs d'une certaine longueur
3. Probabilité d'accepter une trame erronée comme correcte
4. Rendement: rapport entre les bits de données et la longueur totale des paquets

Parité simple

- Méthode la plus simple de détection d'erreurs
- Ajout d'un bit de parité à la fin d'un bloc de données
- Deux types:
 - **Parité paire:** s'assurer que la somme des bits est paire (y compris le bit de parité). **Ex:** 01010**0**, 01110**1**
 - **Parité impaire:** s'assurer que la somme des bits est impaire (y compris le bit de parité). **Ex:** 01010**1**, 01110**0**

Parité simple: efficacité

- Toutes les erreurs bit sur un nombre impair de bits sont détectables pour une longueur de données quelconque
- En pratique, seulement la moitié des erreurs bit sont détectées
- La plupart des erreurs bits apparaissent en rafale, donc un nombre pair d'erreurs est aussi probable qu'un nombre impair

Parité croisée

- Aussi appelé parités verticales et horizontales
- Permettent de construire un code correcteur simple
 - Arranger la séquence de bits en une matrice
 - Calculer une parité par ligne et par colonne

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

Parités
horizontales

Parités verticales

Parité croisée: efficacité

- Permet de corriger toutes les erreurs simples
- Permet de détecter toutes les erreurs sur 2 ou 3 bits
- Permet de détecter toutes les rafales plus courtes que la longueur d'une ligne
- 4 erreurs bits peuvent passer sans être détectées

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

Parités
horizontales

Parités verticales

Code de Hamming

- Vecteur de m bits de données: x^T
- Vecteur de n bits de mot de code: y^T
- Un mot de code est composé de m bits de données, suivis de r bits de contrôle
- Les mots de codes doivent différer le plus possible les uns des autres
- → La distance de Hamming minimale doit être la plus grande possible

Code de Hamming

Poids et distance

- Le **poids de Hamming** d'un mot de code correspond au nombre de 1 qu'il contient

- Ex:** 01110101 -> 5, 00110000 -> 2

- La **distance de Hamming** entre deux mots de code correspond au nombre bits qui diffèrent entre les deux:

- Ex:**

0 1 110 1 0 1
0 0 110 0 0 0

0**1**000**1**0**1** -> **3**

0 1 110000
0 0 110000

0**1**000000 -> **1**

- La **distance de Hamming minimale d** d'un code est la plus petite distance entre deux mots de codes parmi tous les mots de code possible

Code de Hamming

Nombre d'erreurs détectables et corrigibles

- Le nombre maximal d'erreur **détectables** correspond à

$$d - 1$$

- Le nombre maximal d'erreur **corrigibles** correspond à

$$\frac{d - 1}{2}$$

- Comment définir le nombre de bits de contrôle r ?

$$(m + r + 1) \leq 2^r$$