



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Réseaux IP

155. Performance des protocoles MAC

155. Performances des protocoles MAC

Performances, Hypothèses, Scrutation, Boucle à jeton, ALOHA pur, ALOHA segmenté, CSMA 1-persistent, CSMA p-persistent et CSMA/CD

Références:

- Cours de téléinformatique (Dr. R. Scheurer, HEIA-FR)
- Les Réseaux (Edition 2011, Pujolle)
- Computer Networks (5th Edition 2011, Peterson Davie)

Définitions (1)

Sept grandeurs principales suffisent généralement pour décrire les performances d'un réseau informatique:

- Le **débit nominal** D_n (*speed*) [bit/s].
- L'**intensité de trafic utile** S (*throughput*) réellement échangée sur le réseau [Erlang]
- Le **débit effectif** D_e (*maximal throughput*), correspondant au débit maximal possible tenant compte du protocole MAC:

$$D_e = \frac{\text{Quantité d'information transmise}}{\text{Temps nécessaire}} \quad [\text{bit/s}] ; \quad \text{notons que } D_e = S_{\max} \times D_n$$

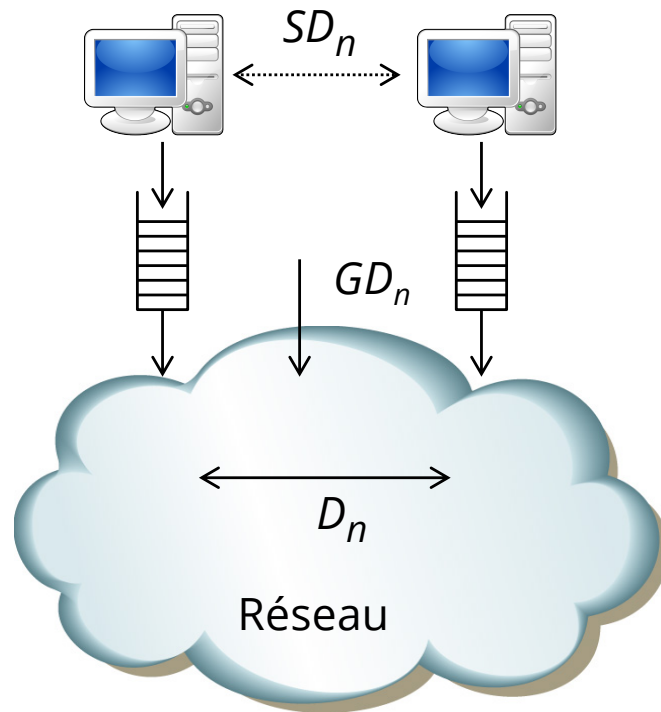
- Le **temps d'émission** moyen \bar{T} (*transmission time*) d'une trame sur le réseau [s]
- Le **temps de propagation** T_p (*propagation delay*) d'une trame d'un bout à l'autre du réseau comprenant le temps de propagation sur le câble et les éventuels répéteurs et registres intermédiaires [s]. Dans le calcul de D_e pour le protocole CSMA/CD, il faut y inclure l'intervalle inter-trame.
- Le **délai de transfert** moyen \bar{T}_{tr} (*transfer delay*) d'une trame de bout en bout comprenant le temps d'accès, le temps d'émission et le temps de propagation [s].
- Le **temps d'accès** moyen \bar{T}_{access} (*access time*) au medium, en tenant compte des algorithmes utilisés, comme par exemple l'exponential Backoff [s].

Définitions (2)

Les paramètres suivants entre aussi en compte dans le calcul des performances:

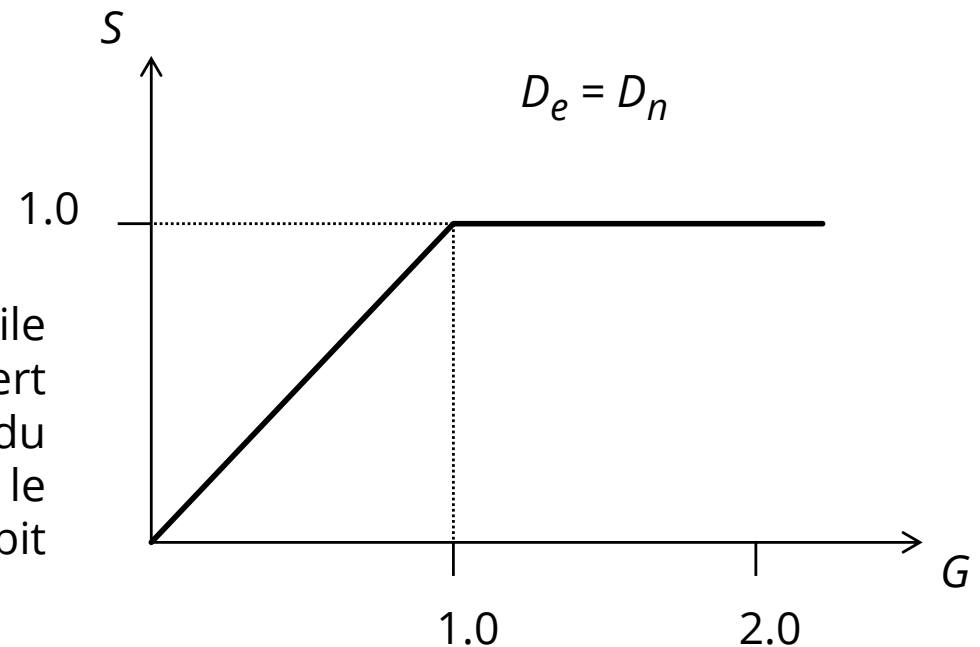
- \overline{T}_S – **temps de scrutation** (scan or cycle time / Abfragezeit)
 - temps (moyen) entre deux opportunités de transmission de données d'une station, c.-à-d. le temps entre deux invitations successives de la même station
- T_C – **temps de cheminement** (Total) (walk time / **minimale** Abfragezeit)
 - temps de scrutation minimal, c.-à-d. sans trafic
 - *temps de cheminement unique* T_C/N : temps de cheminement total divisé par le nombre de stations
 - c.-à-d. le temps utilisé pour une invitation (single poll)
- N – Nombre de stations
- λ – taux d'arrivée des trames par station [trames/s]
- $1/\mu$ (ou t) – temps moyen d'émission d'une trame [s]

Réseau idéal



G = **intensité de trafic totale offerte** par les stations au réseau (y compris les trames qui n'arrivent pas à destination)

Dans un réseau **idéal**, le débit effectif utile augmente de façon à satisfaire le trafic offert jusqu'à ce qu'il atteigne le débit nominal D_n du réseau. Si le trafic offert augmente encore, le débit d'information reste égal au débit nominal.



Réseau réel

- L'étude exacte des performances n'est possible que dans un petit nombre de cas simples. Des modèles approchés nous donnent cependant des estimations qui permettent de dimensionner correctement un réseau.
- De façon générale, seule une fraction du débit nominal D_n peut être utilisée en raison des besoins du protocole MAC (collisions, jeton) et des entêtes (*header, overhead*) requises à toutes les couches du réseau. Ici, quand nous parlons de débit effectif D_e , nous tenons compte **seulement** des effets dus au mécanisme du protocole MAC.
- La plupart des protocoles perdent leur efficacité lorsque la **taille moyenne** \bar{L} des trames diminue, le **débit nominal** augmente et/ou la **taille du réseau** augmente. Un critère important est le **paramètre A**:

$$A = \frac{\text{Temps de propagation de bout en bout}}{\text{Durée moyenne d'émission d'une trame}} = \frac{T_p}{\bar{L}} = \frac{T_p D_n}{L}$$

De façon générale, plus A est grand, moins bonnes sont les performances d'un protocole MAC!

Hypothèses pour l'étude des performances

- Trafic d'arrivée des trames suit les **hypothèses de Poisson**. Cette hypothèse est assez bien vérifiée dans la réalité sauf dans les cas d'arrivées **stimulées** (après un démarrage par exemple), un nombre très restreint de sources de trafic, ou les cas d'arrivées découragées.
- N stations **équivalentes** sur le réseau (N est en général grand)
- La **distribution de la taille des trames** est souvent mal connue, variable au cours du temps et/ou compliquée. On peut parfois la mesurer et utiliser des modèles généraux (par exemple M/G/1). En pratique, il est souvent suffisant d'utiliser:
 - ➔ soit une taille constante (valeurs optimistes si ce n'est pas le cas)
 - ➔ soit une distribution exponentielle (valeurs pessimistes dans la grande majorité des cas réels).
- En l'absence de modèle analytique, il est toujours possible d'utiliser un outil de simulation. Plusieurs produits commerciaux performants sont disponibles sur le marché. Dans ce cas, il est très important de vérifier les hypothèses (explicites ou implicites) qui sont utilisées par le modèle.

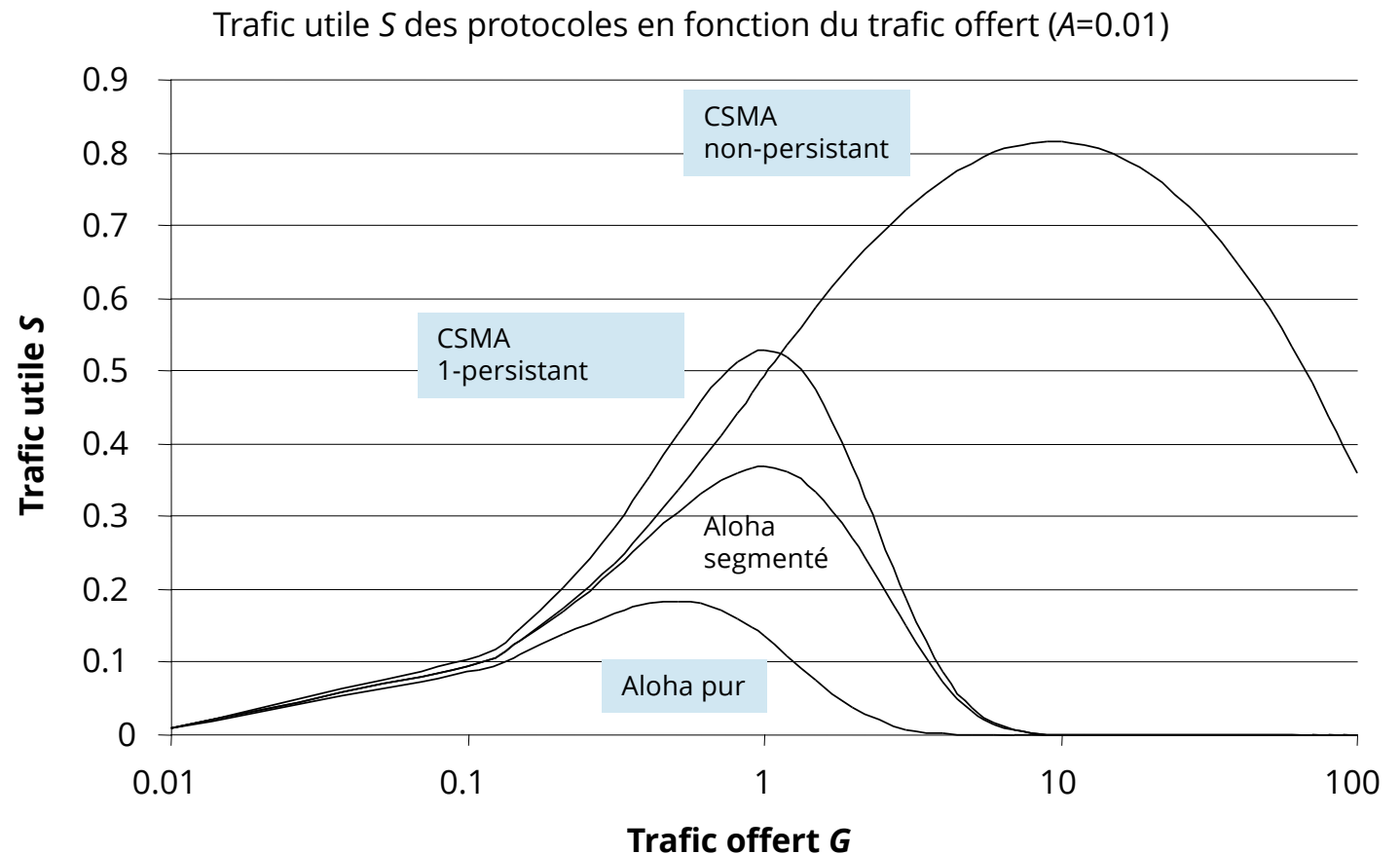
Performance des autres protocoles CSMA

Le protocole CSMA non-persistant donne un trafic utile de : $S = \frac{Ge^{-AG}}{G+2AG+e^{-AG}} ; A = \frac{T_p}{T}$

Le protocole CSMA 1-persistant donne un trafic utile de : $S = \frac{G[1+G+AG(1+G+AG/2)]e^{-G(1+2A)}}{G(1+2A)-(1-e^{-AG})+(1+AG)e^{-G(1+A)}}$

Le traitement devient dans ce cas (et dans celui de CSMA p-persistant et CSMA 1-persistant) nettement plus compliqué. Des approximations analytiques peuvent être trouvées et sont présentées dans la littérature.

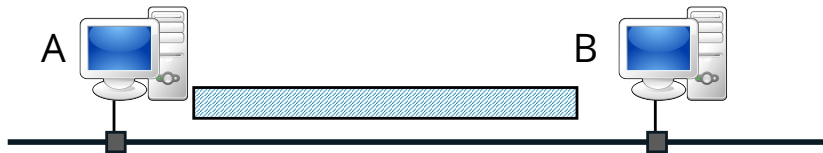
L. Kleinrock et F. Tobagi, "Packet switching in radio channels, Pt. 1", IEEE Trans. Comm., Vol. COM-23, Dec. 1975.



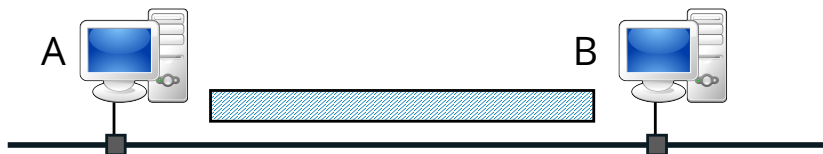
Analyse simplifiée du protocole CSMA/CD



1. A commence à envoyer une trame



2. B détecte la trame de A



3. A finit de transmettre



4. B Détecte la fin de la transmission de A et commence à transmettre

Sans collisions:

$$D_e = \frac{\bar{L}}{\bar{T} + T_p} = \frac{D_n}{1 + \frac{T_p}{\bar{T}}} = \frac{1}{1 + A} D_n$$

\bar{L} : longueur moyenne d'une trame [bit]

\bar{T} : temps moyen d'émission d'une trame [s]

T_p : temps de propagation de bout en bout [s]

Note: Le bon fonctionnement du protocole CSMA/CD requiert que $A < 0.5$

Débit maximal du protocole CSMA/CD avec collisions

Sans collisions, on a trouvé ci-dessus:

$$D_e = \frac{1}{1+A} D_n$$

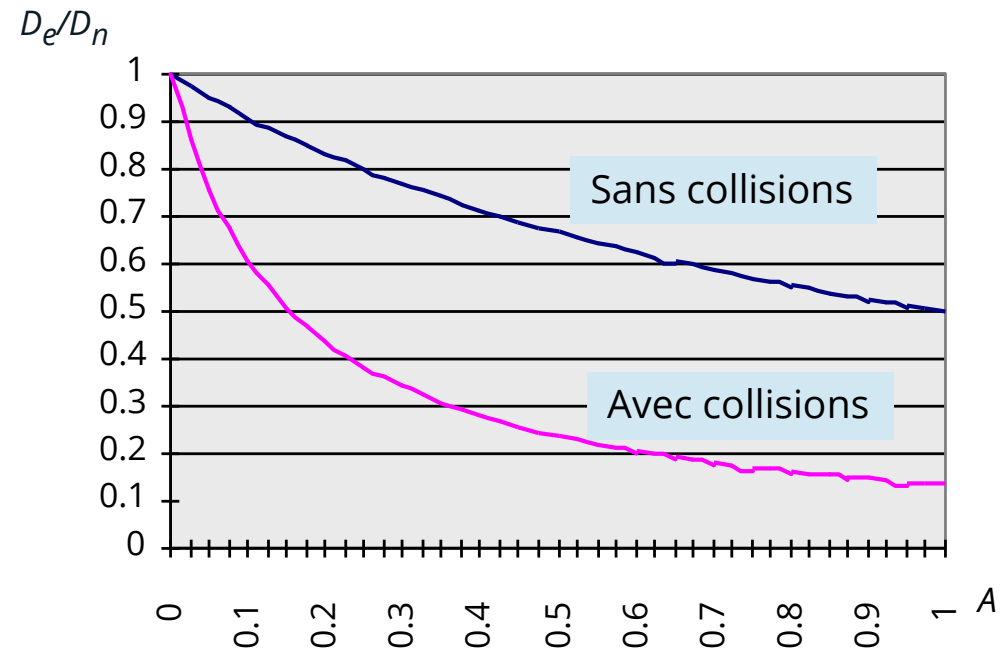
Lam* a donné une expression qui **tient compte des collisions**. Cette expression a été bien vérifiée par des simulations et des mesures dans des cas réels:

$$D_e = \frac{1}{1+A(2e+1)} D_n$$

où $e = 2.718..$

*S. Lam "A CSMA protocol for LANs,"
Computer networks, Vol. 4, 1980.

Débit effectif relatif CSMA/CD



Note: contrairement aux autres protocoles CSMA, il n'y a pas d'écroulement des performances à forte charge.

CSMA/CD: influence de la taille de la trame

Paramètres:

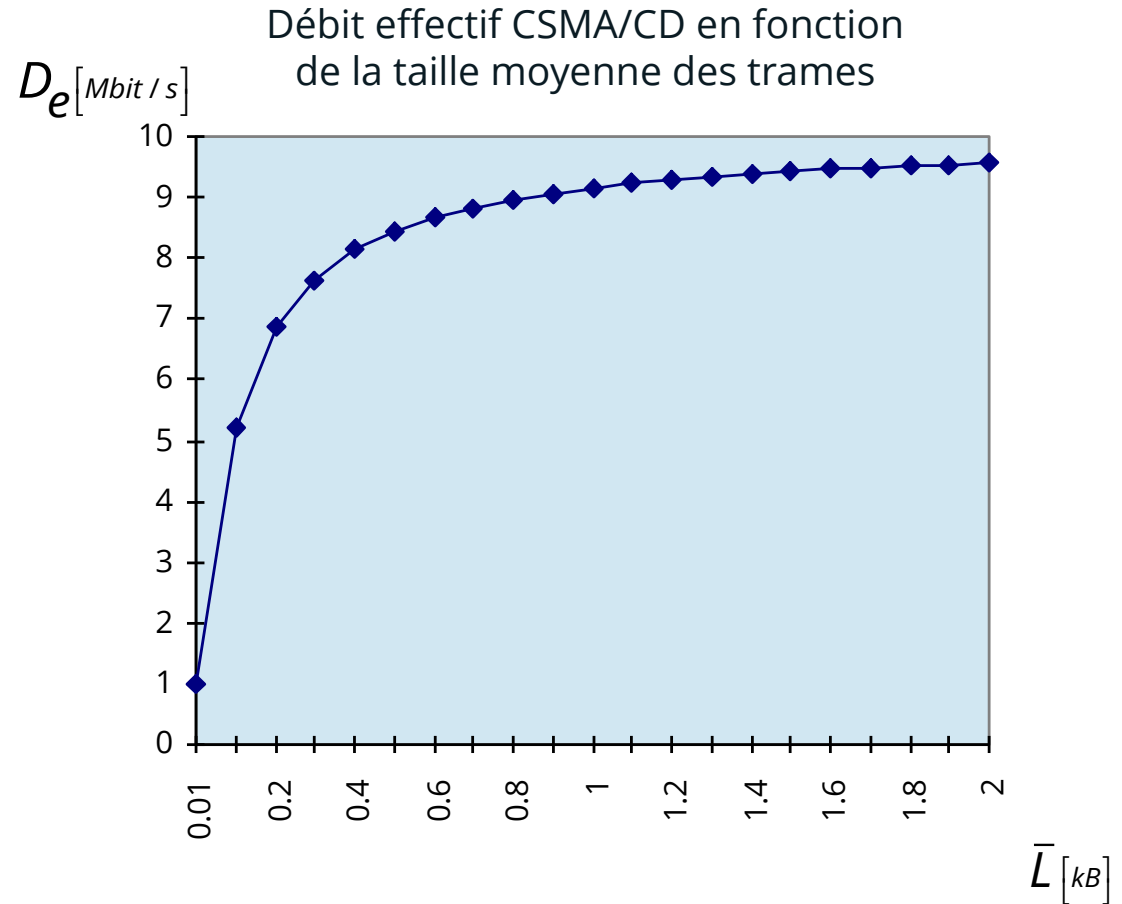
$$D_n = 10 \text{ Mbit/s}$$

Temps de propagation (y compris délai du répéteur et intervalle inter-trame): $T_p = 11.5 \mu\text{s}$

$$A = \frac{11.5 \mu\text{s}}{\bar{L} / D_n}$$

$$D_e = \frac{1}{1 + A(2e + 1)} D_n$$

On observe que l'efficacité du protocole augmente lorsque la taille des trames augmente.



Exemple: une longueur moyenne de trame de 512 octets donne $A = 0.0281$ et $D_e = 8.48 \text{ Mbit/s}$

Temps d'accès à un réseau CSMA/CD

Temps d'accès

(sans émission et propagation):

Pour calculer le temps d'accès, on se base sur le débit effectif D_e et on utilise le modèle d'une file d'attente à 1 serveur alimenté par toutes les stations.

En admettant que les arrivées sont de type Poisson et que la taille des trames est distribuée de façon exponentielle, on peut utiliser le modèle M/M/1:

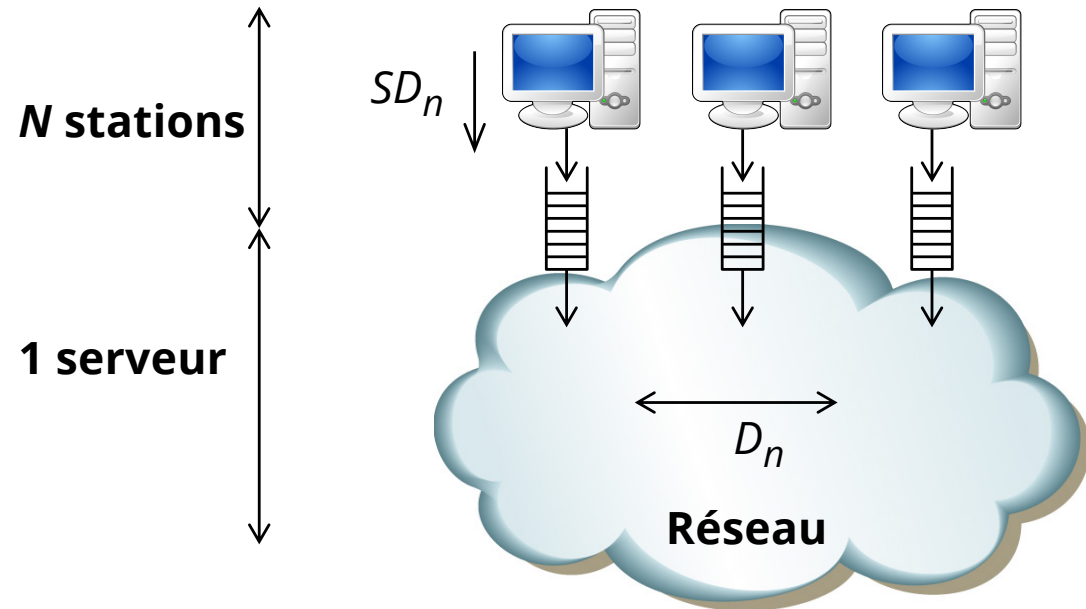
$$\bar{T}_f = \frac{\lambda / \mu}{\mu - \lambda}$$

Le taux de service μ découle du débit effectif D_e et de la longueur moyenne des trames.

$$\mu = \frac{D_e}{\bar{L}}$$

$$\lambda = \frac{SD_n}{\bar{L}}$$

Exemple: $D_e = 8.5 \text{ Mb/s}$, $S = 0.4$, $\bar{L} = 512 \text{ octets}$, $D_n = 10 \text{ Mb/s}$
 $\rightarrow \bar{T}_{\text{accès}} = 428 \mu\text{s}$



$$\bar{T}_{\text{accès}} = \frac{\frac{SD_n}{\bar{L}} \frac{\bar{L}}{D_e}}{\frac{D_e}{\bar{L}} - \frac{SD_n}{\bar{L}}} = \frac{S \bar{L} / D_e}{D_e / D_n - S} \quad [s]$$

Exercices

Réseau optique

- 100.31

Performance du protocole d'accès CSMA/CD

- 100.33 à 100.34
- 100.35 (homework - réponses à publier sur Moodle)