

Plan du Cours Réseaux Master MNT

Pascal Urien

Télécom Paristech

<http://www.enst.fr/~urien/cours.html>

Cours 1

- Historique
 - Le téléphone
- Le modèle OSI
- Le Modèle X25
- Le modèle IEEE 802
- Le Modèle TCP/IP
- En fin de séance (si il reste du temps) divers exercices

Cours 2

- Les bases théoriques
 - Systèmes linéaires
 - Fonction de convolution
 - Transformée de Fourier
 - Théorème de Shannon
 - Densité Spectrale d'Énergie
- Codage de l'information
- Rapport S/B, taux d'erreur
- Media de transmission
 - Guide d'onde, Câble coaxiale
 - Fibre Optique

Cours 3

- Correction des erreurs
 - Fenêtre d'émission/réception
- Modèle MAC
 - ALOHA
 - CSMA/CD (Ethernet)
 - CSMA/CA (Wi-Fi)
 - Token Ring
- Le réseau X25
 - Couches 1,2,3
- Concept de réseau cellulaire
 - Le réseau GSM

Cours 4

- IPV4
- IPV6
- TCP
- HTTP
 - HTML, XML, JAVASCRIPT, JAVA, AJAX
 - Quelques aspects SMTP (mail), FTP (transfert de fichiers)
- Analyse d'une requête HTTP

Cours 5

- Concepts de base de la sécurité
- Sécurité des réseaux
- SSL/TLS
- IPSEC

Divers Exercices Réseaux

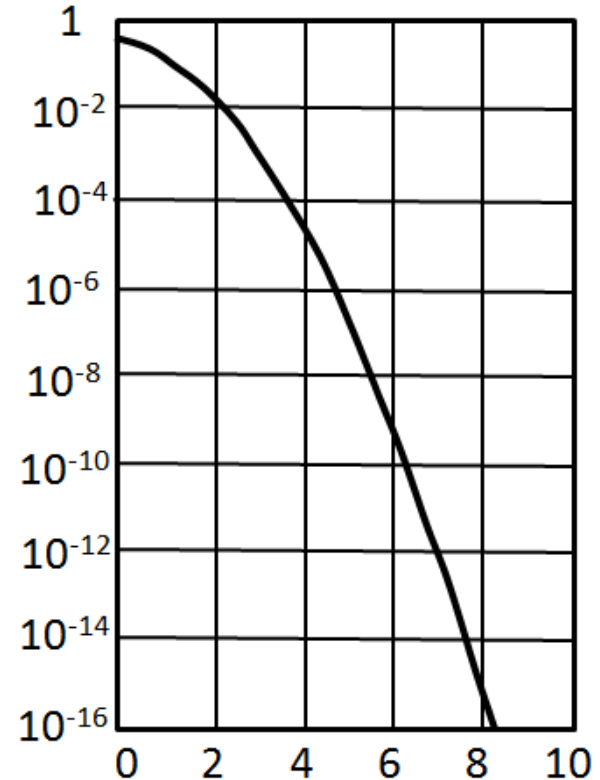
- En supposant l'utilisation de moments d'information de 1 bit, estimer la capacité en bit/Hz d'une ligne de bande passante B Hz avec une largeur de bit de T_0 , N (bits/s)= $1/T_0$
 - Au sens de Shannon.
 - En utilisant le 2^o critère de Nyquist.
 - Pour un signal NRZ, la durée d'un bit est de T_0 secondes, on admettra que la densité spectrale de puissance du signal est contenue dans une bande large de $2/T_0$.
- Shannon $B = 1/2.T_0$, $N/B = 2$
- Nyquist $B = 1/T_0$, $N/B = 1$
- NRZ $B = 2/T_0$, $N/B = 0,5$

Taux d'erreur

erfc(x)

$$Pe = \text{erfc} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Ps}{Pn}}$$

$$Pe = \text{erfc} \frac{1}{2} \frac{A}{\sigma}$$



x

- Un routeur reçoit 400 trames par secondes. Les trames sont mémorisées dans une file d'attente. Le système hôte qui héberge cette carte peut traiter 500 trames par secondes.
 - Quel est le temps de traversé de la file d'attente.
 - Quel est le nombre moyen de trames présents dans la file d'attente.
 - Quel est la probabilité de perte de trames pour une file large de 8 trames.
- $P_n \lambda(t) = (\lambda t)^n / n! e^{-\lambda t}$
- Taux d'arrivé λ , Taux de départ μ
- $\rho = \lambda / \mu$
- $T = 1 / (\mu - \lambda)$, temps moyen de traversé
- $N = \lambda T$, nombre moyen de packets dans la file
- $p_k = (1 - \rho) \rho^k$, probabilité d'avoir k packets dans la file

- Sur un anneau à jeton de 100 Mbit/s on mesure 100 jetons par secondes. L'anneau comporte 100 nœuds, le temps de traversé d'un nœud est de 0.01 ms, le périmètre de l'anneau est de 200 km, la vitesse de propagation de la lumière est de 0.005 ms/km. Quelle est la quantité d'information utile qui circule sur l'anneau.

- Un satellite est situé à 36000 km d'altitude. On utilise une liaison à 128000 bit/s, avec des trames de longueur fixe de 512 bits. Chaque trame reçue est acquittée, la durée d'un acquittement est supposée négligeable.
- Quelle taille de fenêtre d'émission doit on utiliser pour obtenir un rendement optimal de la liaison (on prendra $c = 300\ 000$ km/s)

Slides Cours Réseaux

Télégraphe des frères Chappe (1794)

Chacun des deux bras montre sept positions, et le *cross bar* reliant les deux bras a quatre angles différents, pour un total de 196 symboles ($7 \times 7 \times 4$).

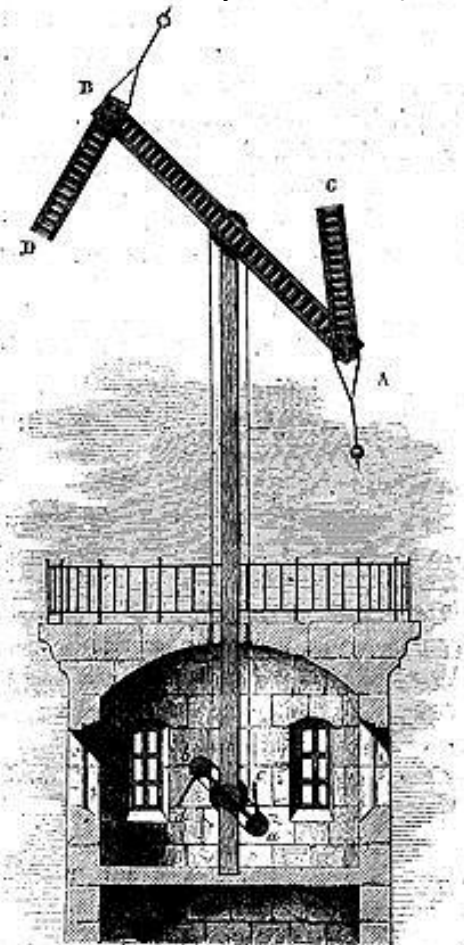


Fig. 19. — Télégraphe de Chappe.



Tour Chappe
Marly le roi (78)

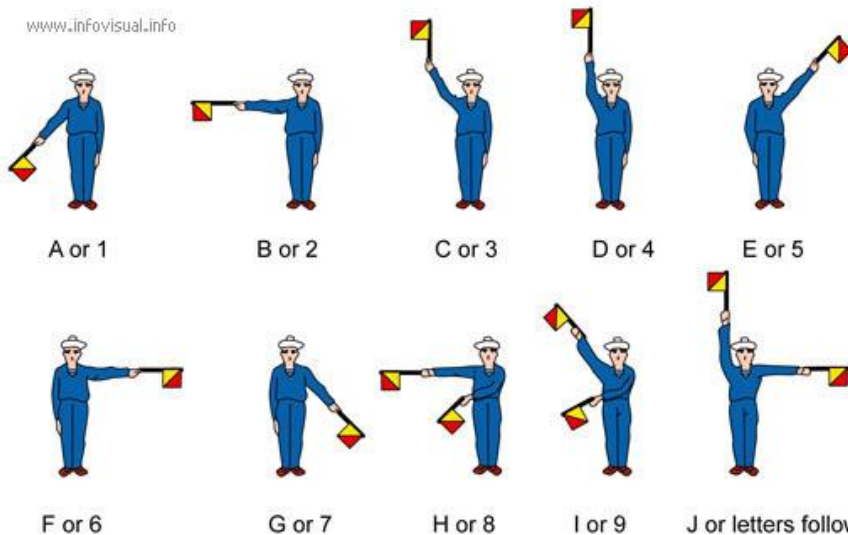
Grille des signaux de correspondance

1	26	47	72
2	27	48	73
3	28	49	74
4	29	50	75
5	30	51	76
6	31	52	77
7	32	53	78
8	33	54	79
9	34	55	80
10	35	56	81
11	36	57	82
12	37	58	83
13	38	59	84
14	39	60	85
15	40	61	86
16	41	62	87
17	42	63	88
18	43	64	89
19	44	65	90
20	45	66	91
21	46	67	92
22		68	
23		69	
24		70	
25		71	

Sémaphore de Marine (vers 1800)

SEMAPHORE (marine alphabet 1 of 3)

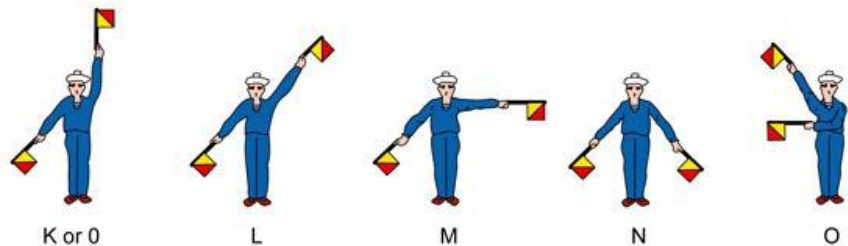
www.infovisual.info



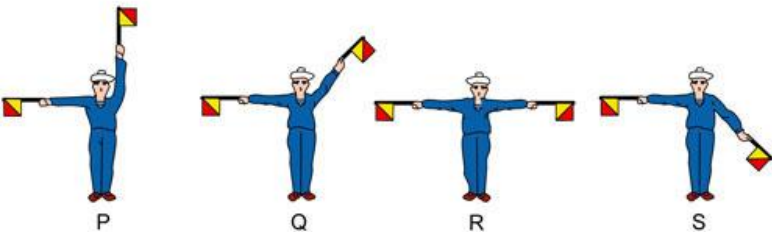
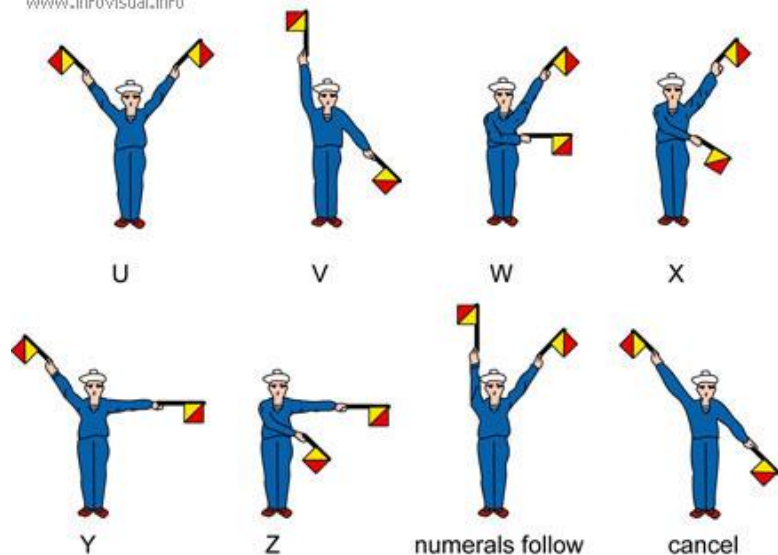
SEMAPHORE (marine alphabet 3 of 3)

SEMAPHORE (marine alphabet 2 of 3)

www.infovisual.info

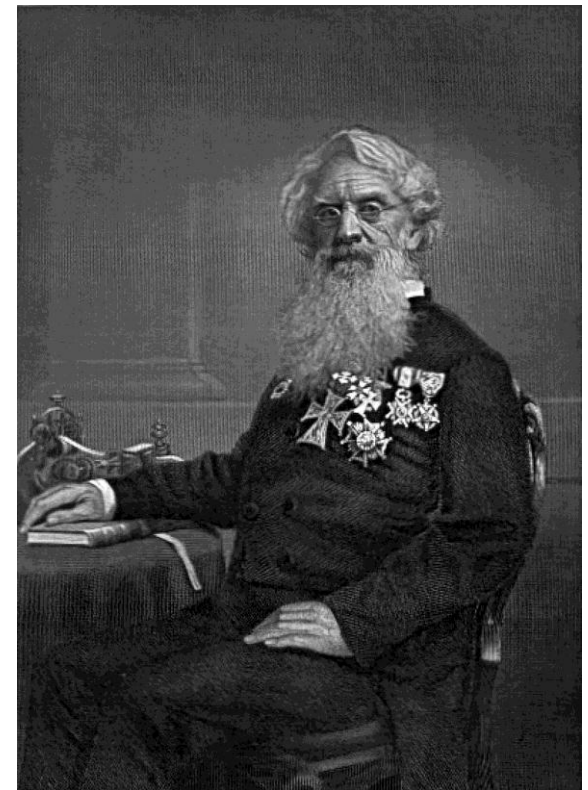


www.infovisual.info



Télégraphe & Morse Samuel F (1836)

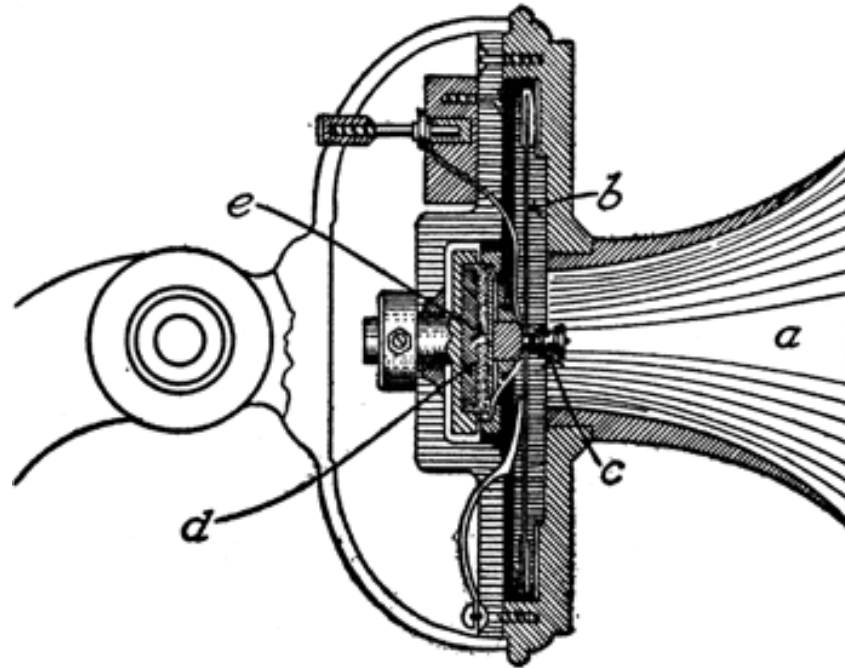
A	• ■■	N	■■ •	1	• ■■■■■■
B	■■ ●●●	O	■■■■■	2	●● ■■■■
C	■■ ● ■■ ●	P	● ■■■■ ●	3	●●● ■■■■
D	■■ ●●●	Q	■■■■ ● ■■	4	●●●● ■■
E	● (1 unit)	R	● ■■ ●	5	●●●●●
F	●● ■■ ●	S	●●●●	6	■■ ●●●●
G	■■ ■■ ●	T	■■ (3 units)	7	■■■■ ●●●
H	●●●●●	U	●● ■■	8	■■■■■ ●●
I	●●	V	●●● ■■	9	■■■■■■■ ●
J	● ■■■■■■	W	● ■■■■	0	■■■■■■■■■
K	■■■ ● ■■	X	■■■ ●● ■■		
L	● ■■■ ●●	Y	■■■ ● ■■■■		
M	■■■ ■■	Z	■■■ ■■ ●●		



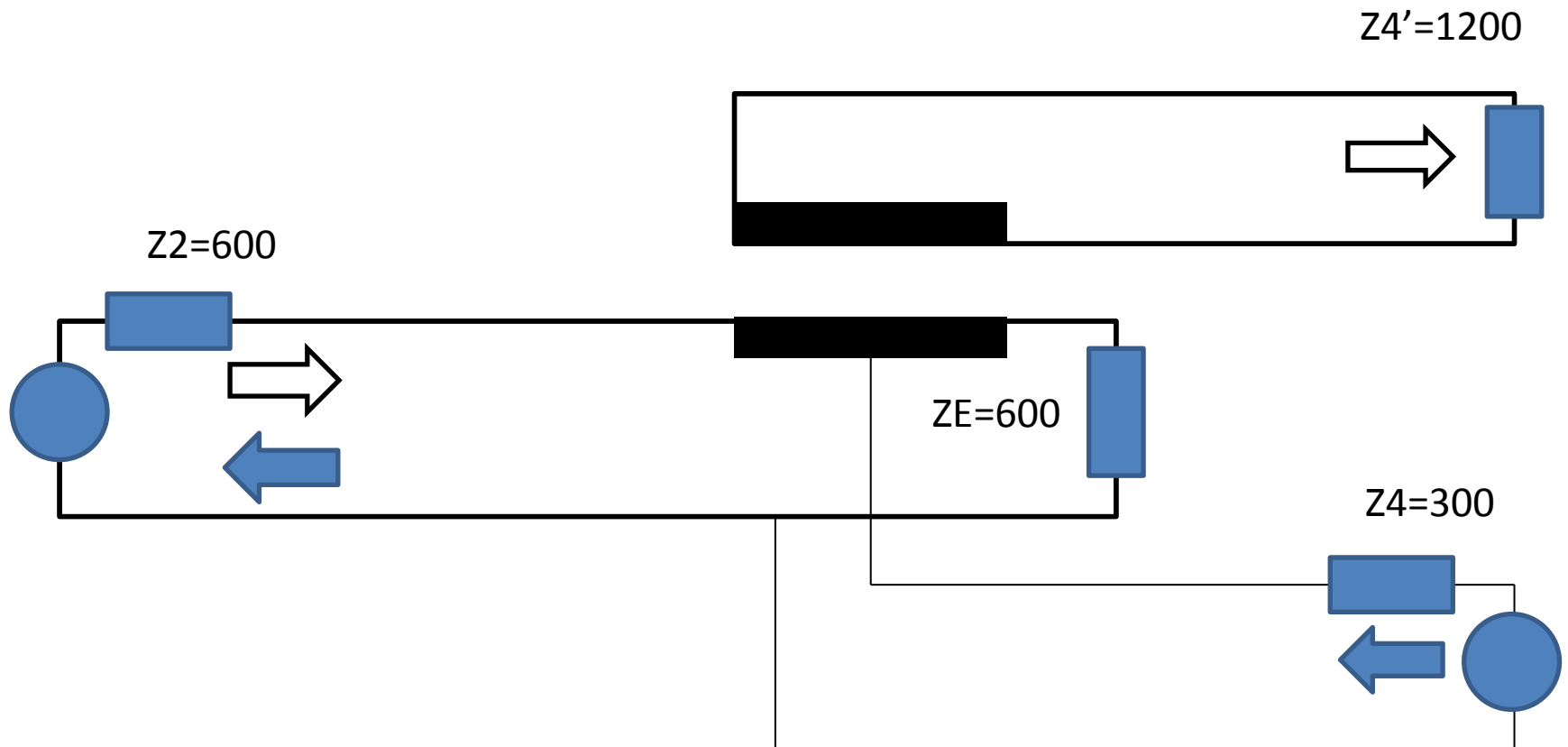
1876, Alexander Graham Bell invente le téléphone



Transmitter

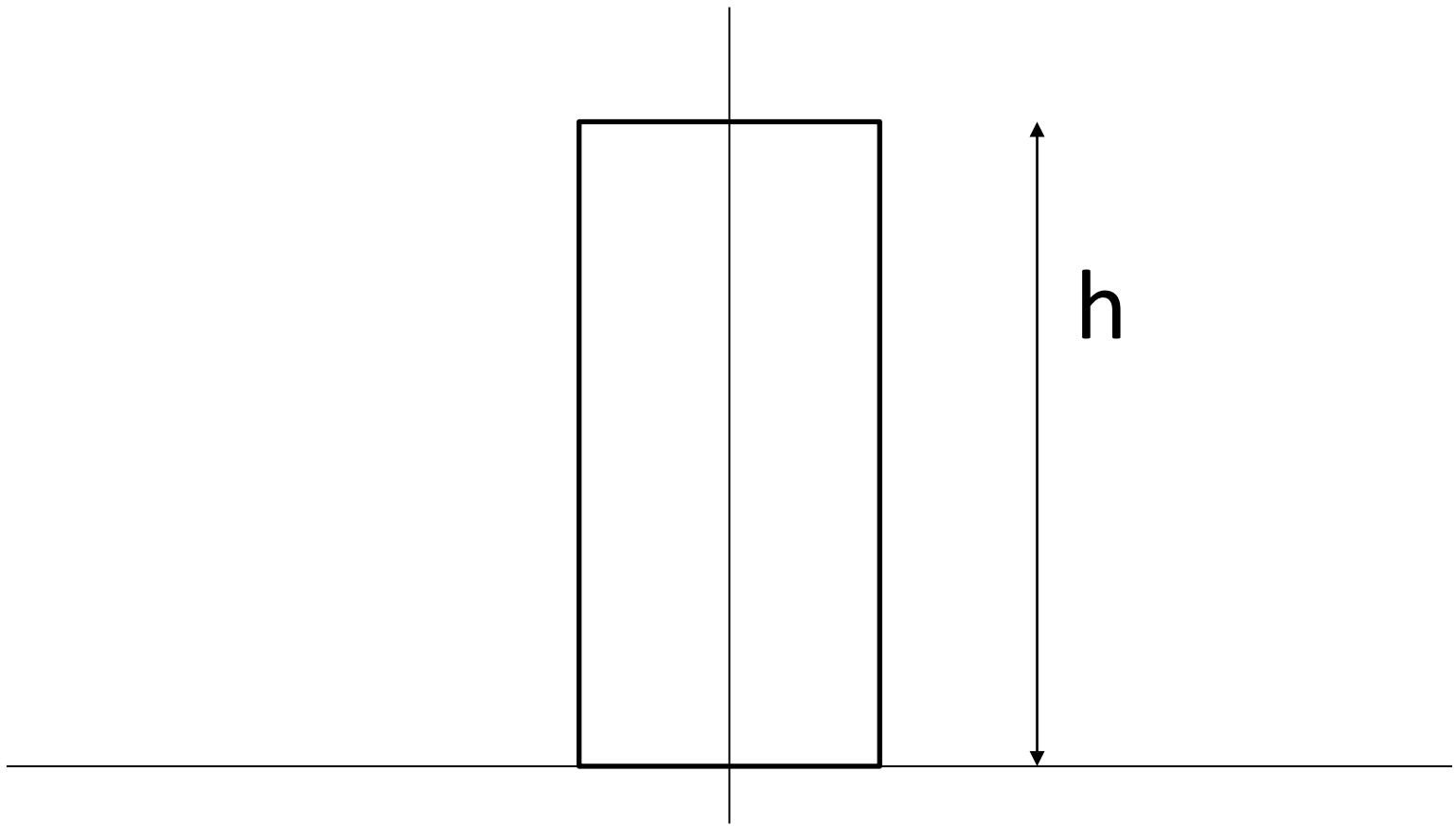


Conversion 2 fils/4 fils



Pour une atténuation de 3dB
 $Z2 = Z_E$, $Z4' = 2 \cdot Z2$, $Z4 = Z2 / 2$

$\delta(t)$



h

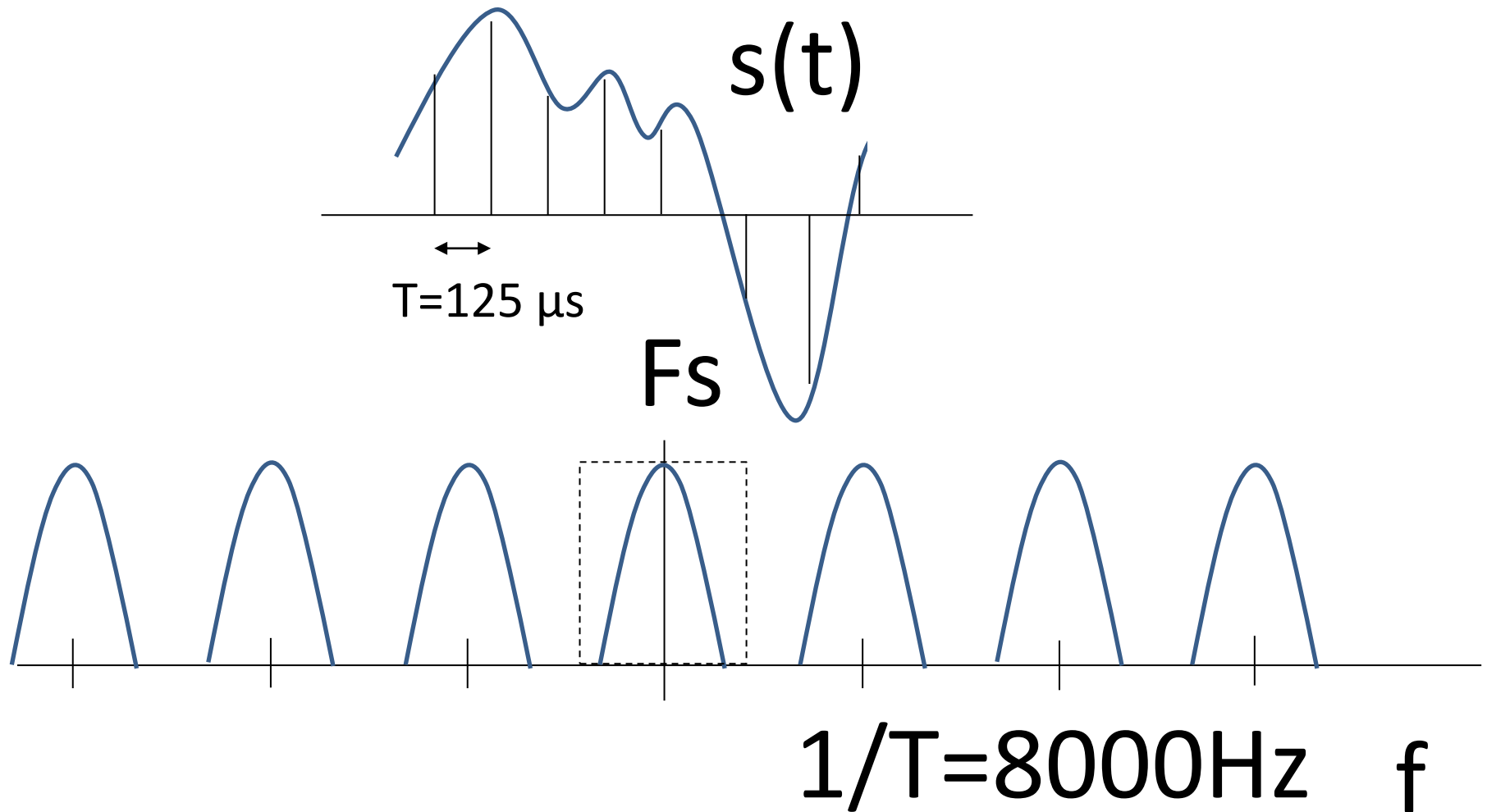
$1/h$

Echantillonnage (sampling)

$$\mathbf{F} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta\left(f - \frac{k}{T}\right)$$

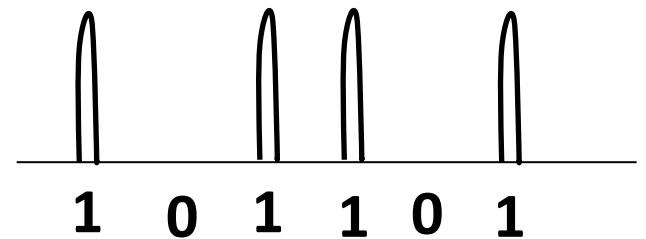
$$\mathbf{F} s(t) x \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \mathbf{F} s\left(f - \frac{k}{T}\right)$$

Echantillonnage/Reconstitution

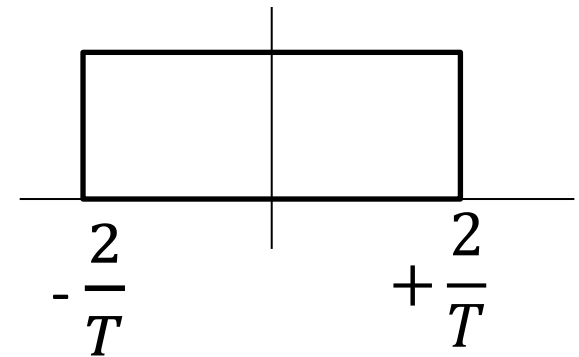


Transmission dans un canal parfait sans bruit

$$b(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} bk \delta(t - kT)$$

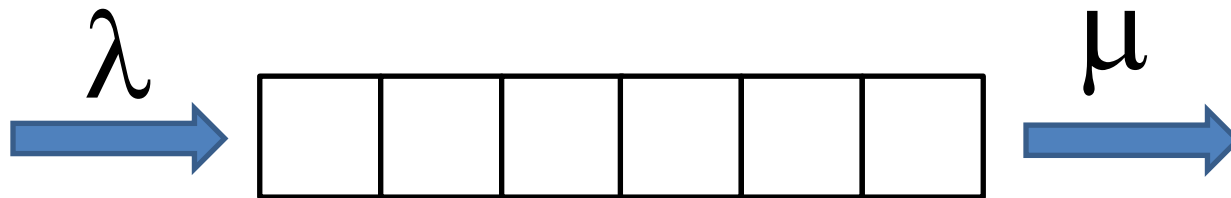


$$Y(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} bk \sin \frac{\left(\pi \frac{t - kT}{T} \right)}{\left(\pi \frac{t - kT}{T} \right)}$$



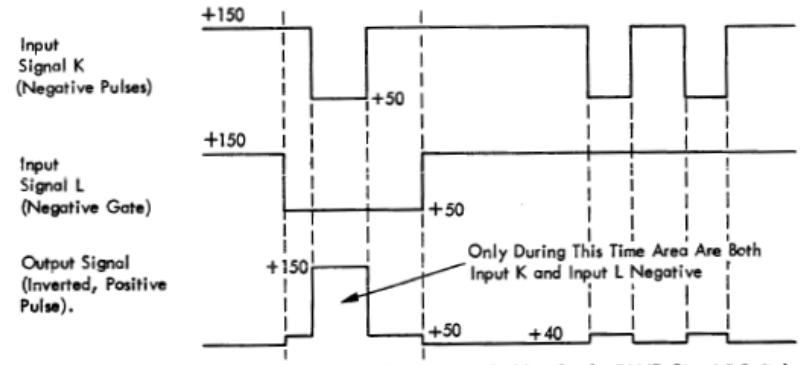
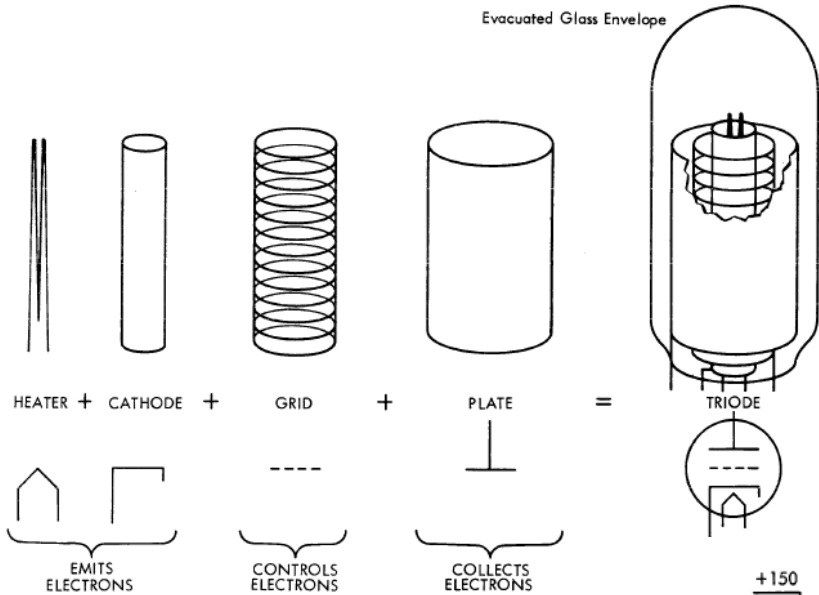
$$Y(kT) = bk$$

Temps de traversé d'un routeur



- $P_n \lambda(t) = (\lambda t)^n / n! e^{-\lambda t}$
- Taux d'arrivé λ (s^{-1})
- Taux de départ μ (s^{-1})
- $\rho = \lambda / \mu$ ($\rho < 1$)
- $T = 1 / (\mu - \lambda)$, temps moyen de traversé de la file
- $N = \lambda T$, nombre moyen de paquets dans la file
- $p_k = (1 - \rho) \rho^k$, probabilité d'avoir k paquets dans la file

Porte NAND et Triode (1957)



Control or Selection of a Pulse is a Problem for the "AND Circuit" Switch. Waveforms Drawn are Representative of an Inverter Switch.

Figure 38. Control or Selection of a Pulse

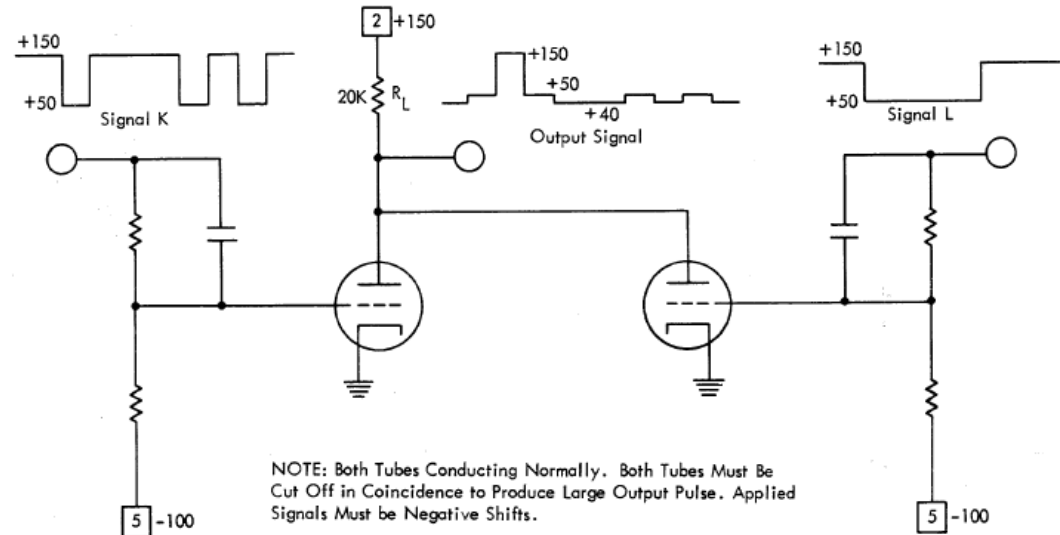
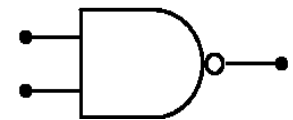
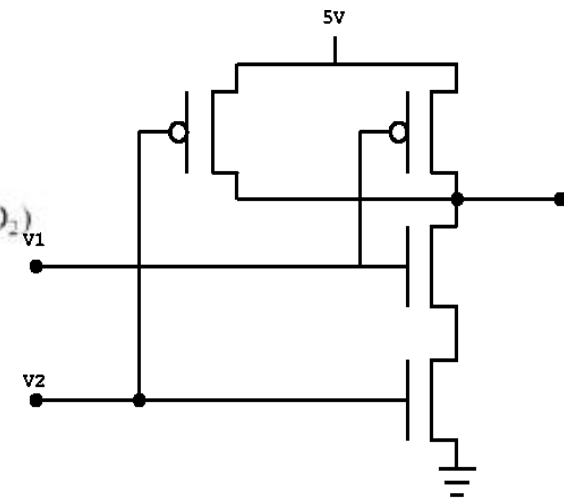
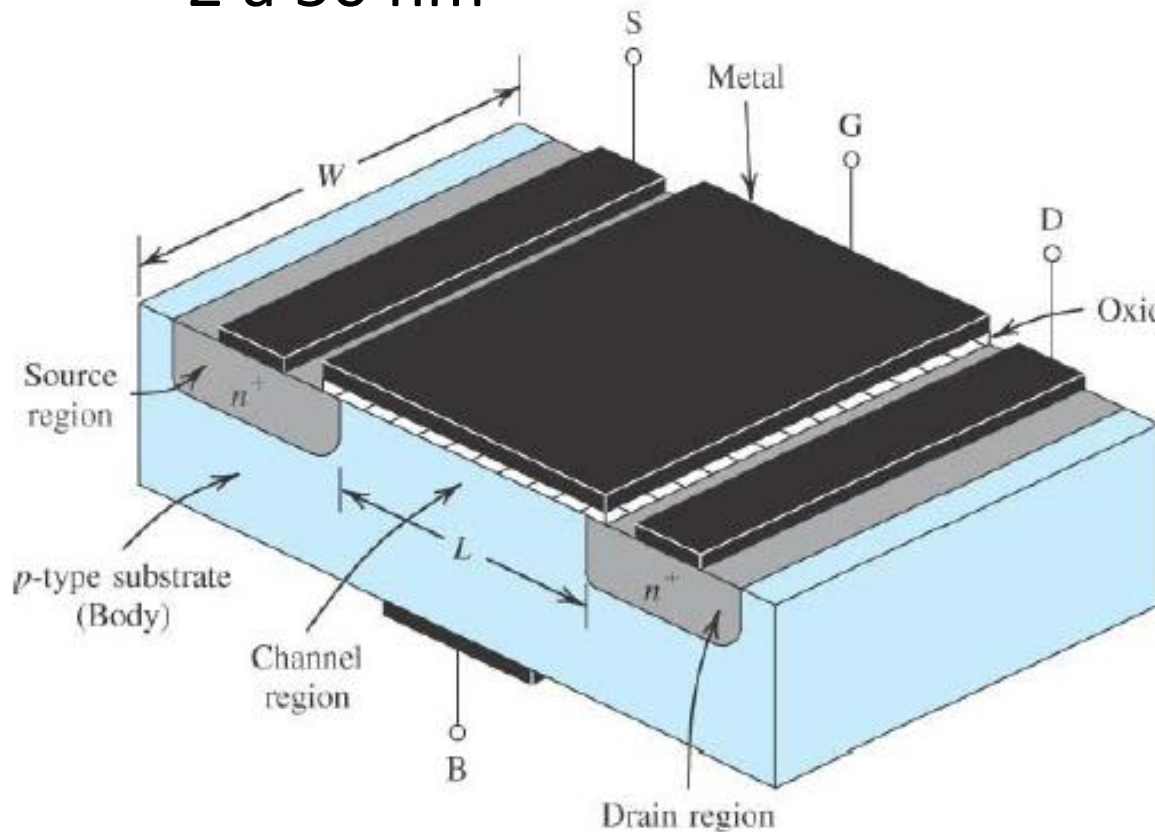
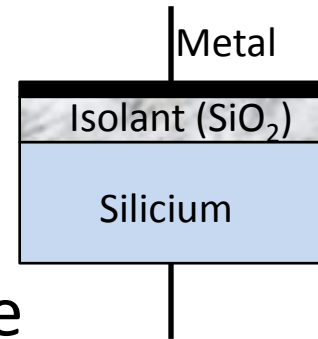


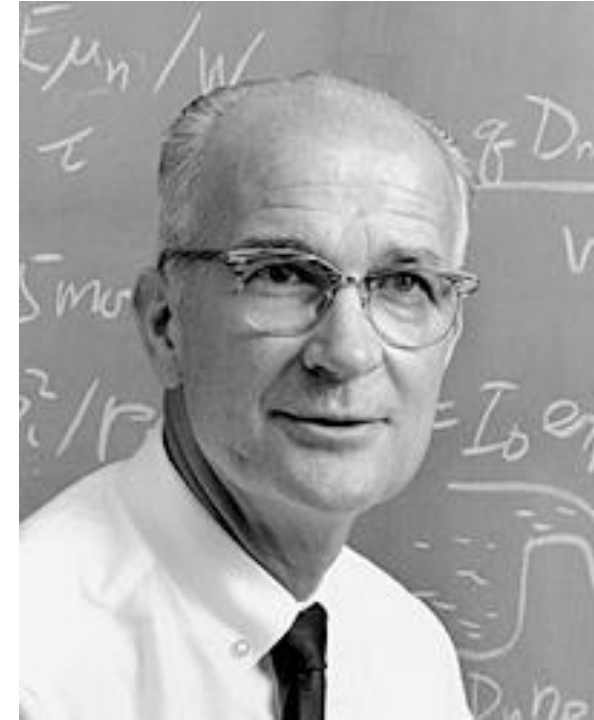
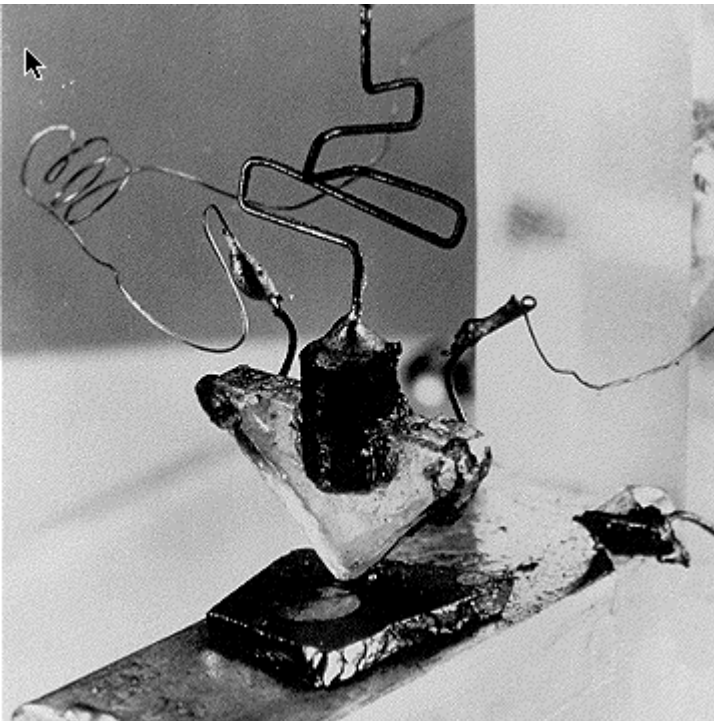
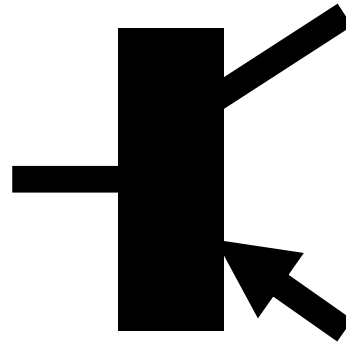
Figure 39. The Inverter AND Circuit (Switch)

Porte NAND CMOS

- Dimensions d'un transistor
 - Longueur (L) de 1 à 3 μm , largeur (W) de 0,2 à 100 μm , épaisseur de l'isolant (t_{ox}) de 2 à 50 nm

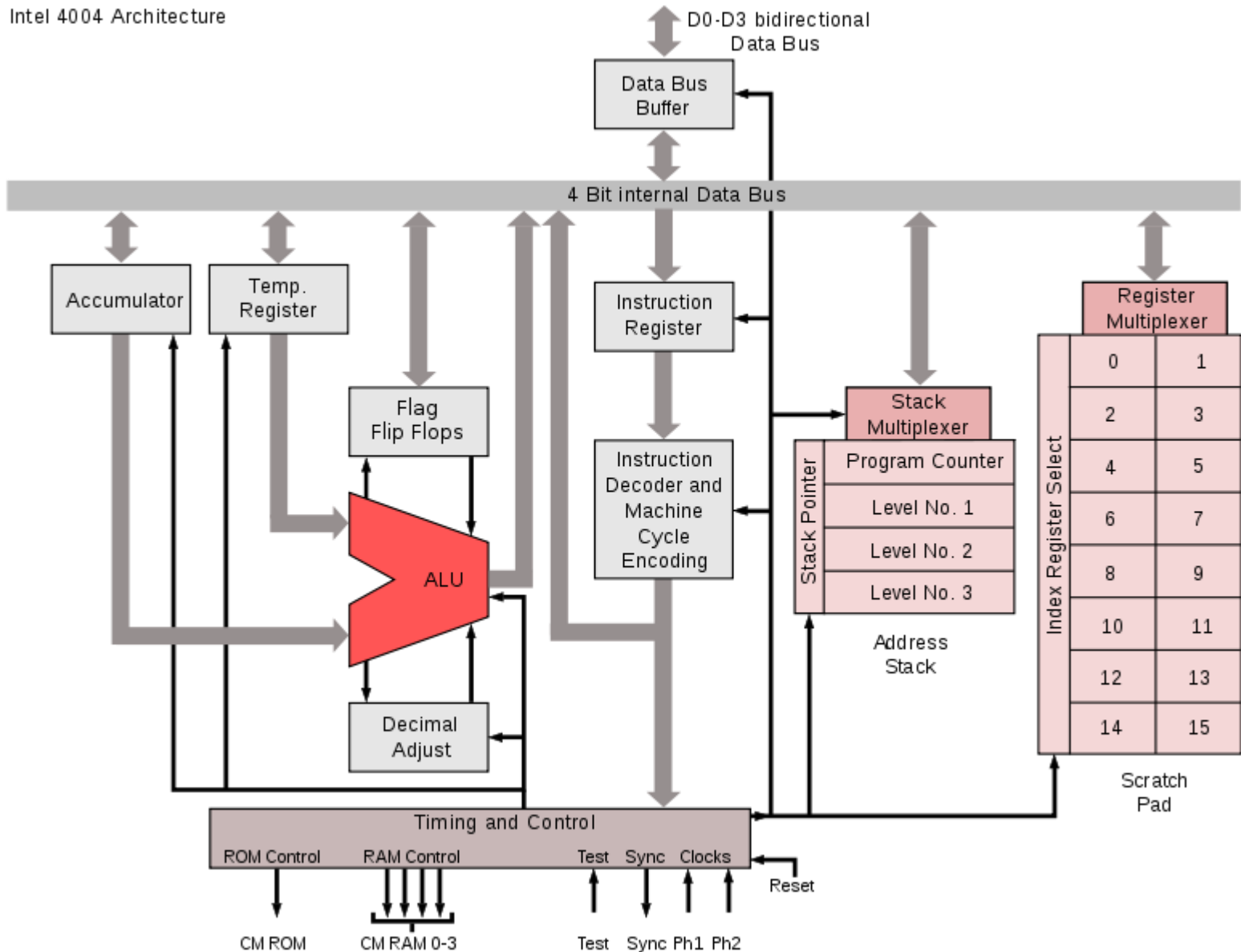


William Shockley, invention du transistor (1947)

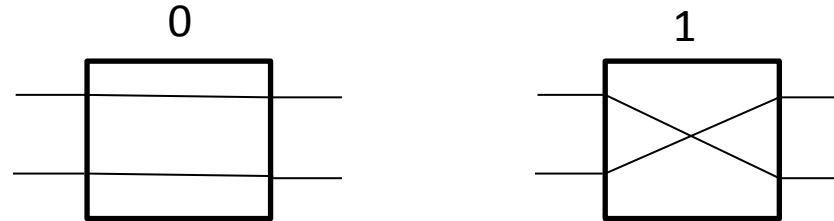


Intel 4004, 1971

Intel 4004 Architecture



Commutateur c22 et crossbar



Soit une matrice C_{nm} réalisée avec nm éléments c_{22} , avec n entrées et m sorties.

- 1) Pour établir une connexion entre l'entrée i et la sortie j il suffit que $c_{22}(i,j)=1$; pour $k>i$ et $r<j$ $c_{22}(i,r)=c_{22}(k,j)=0$
- 2) C_{nm} réalise toutes les bijections d'une partie de $[0,n-1]$ vers $[0,m-1]$

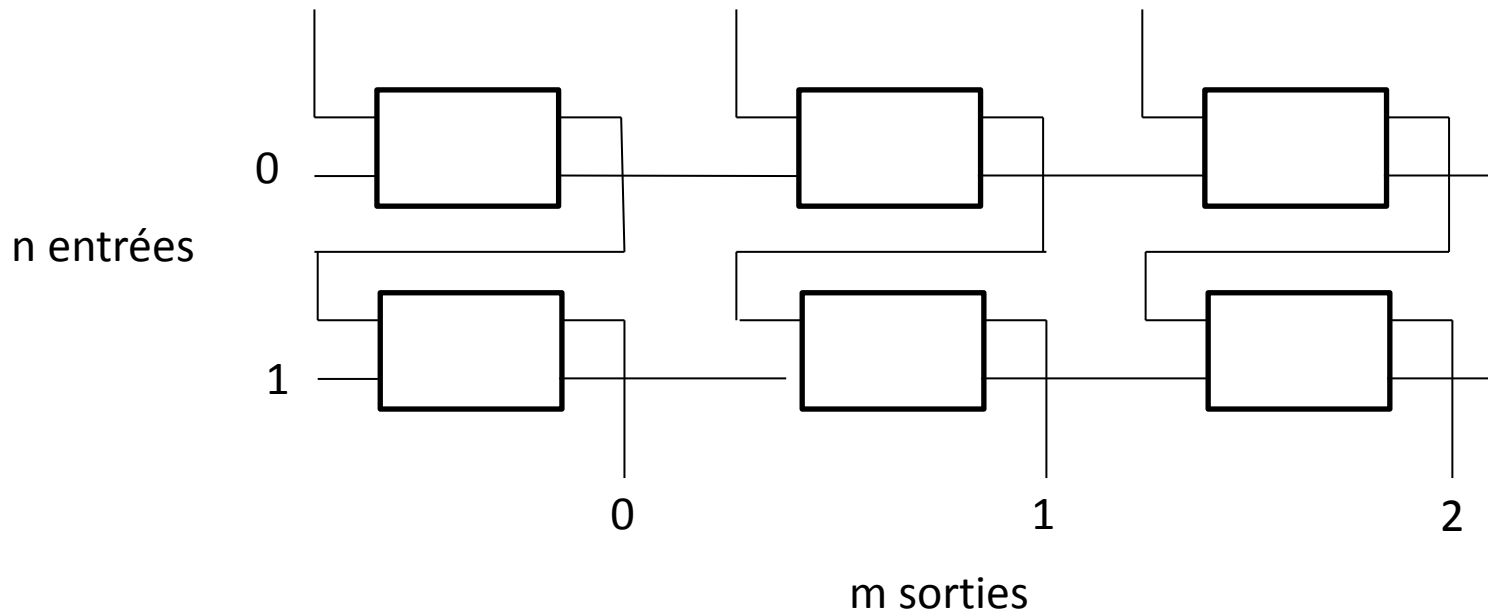
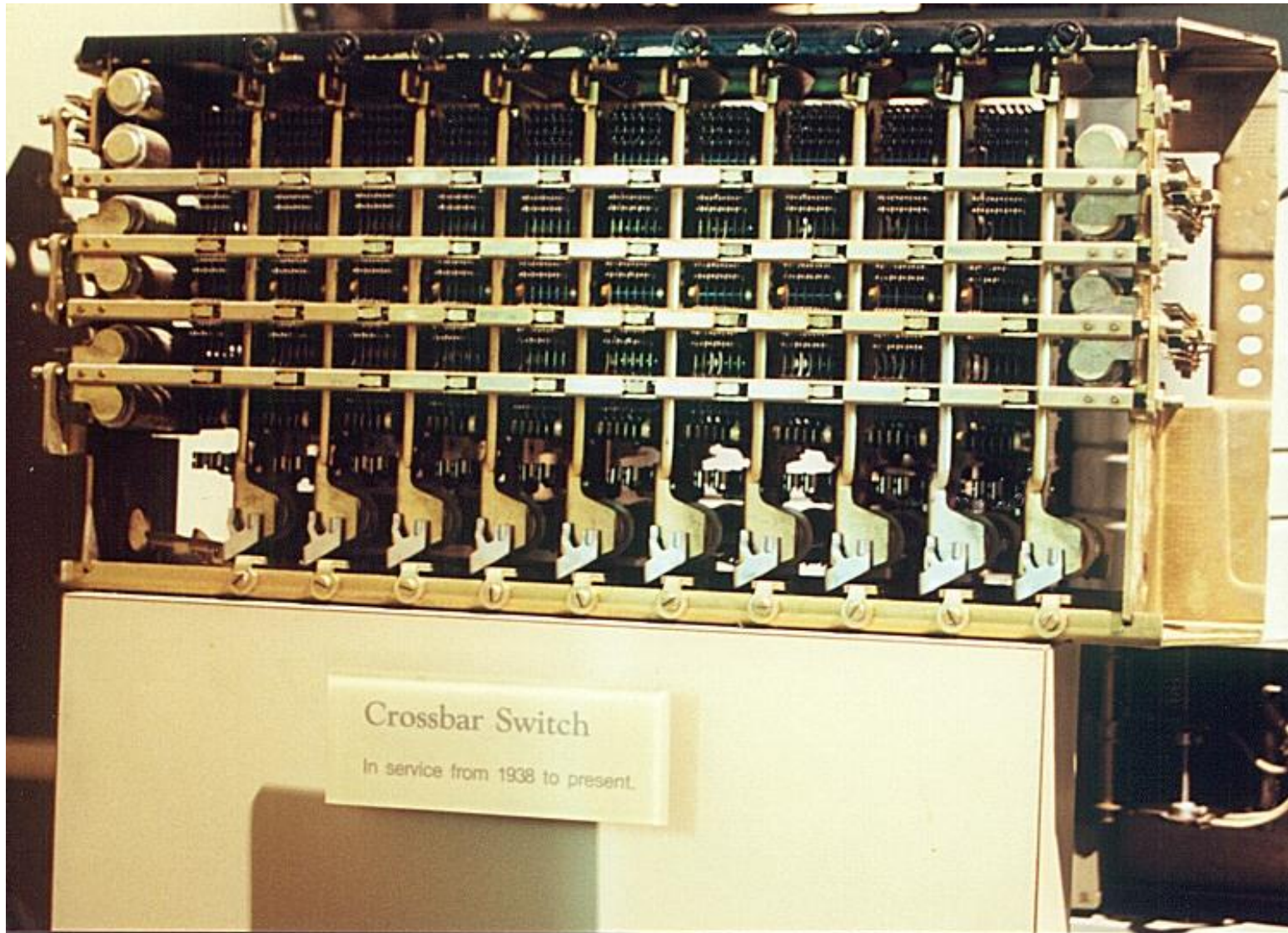
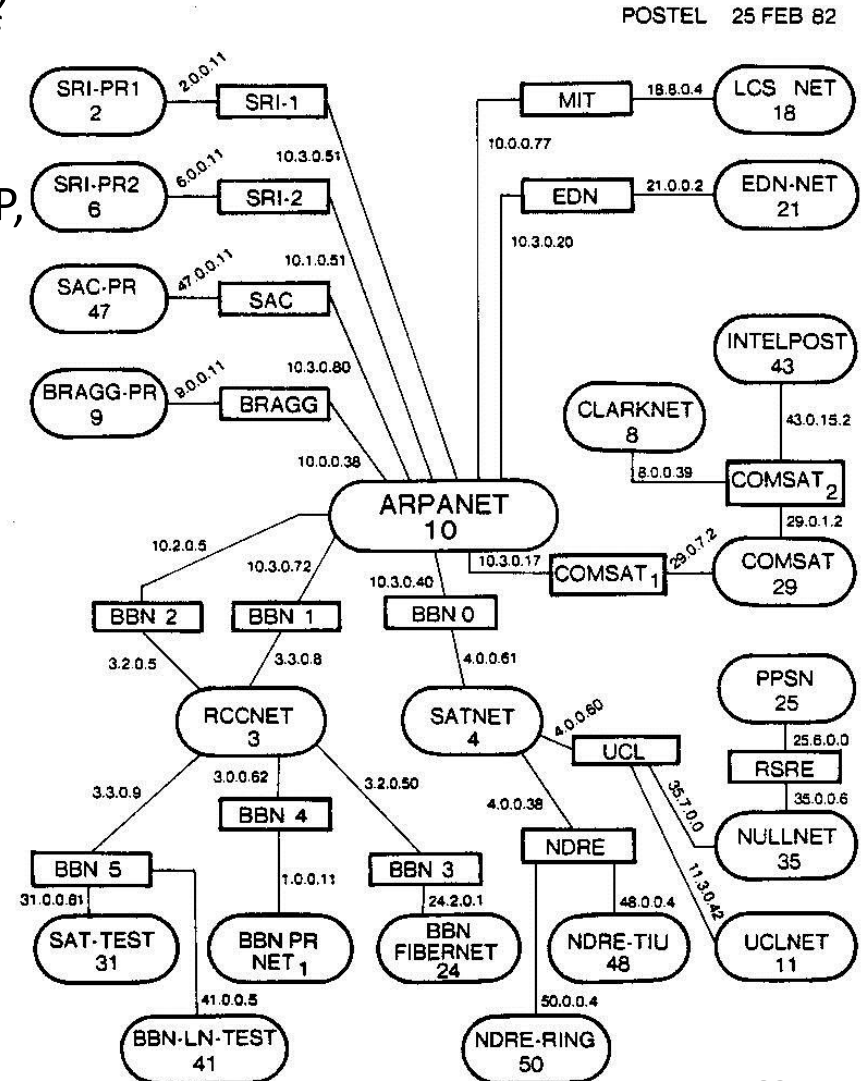
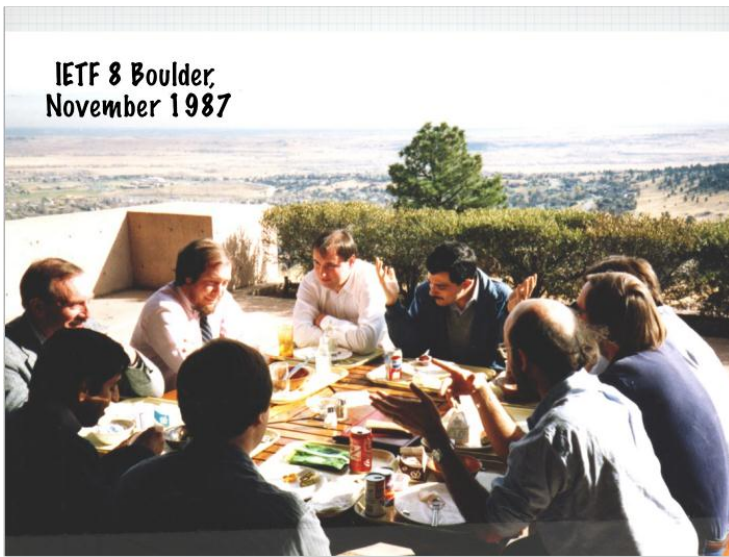


Illustration d'un commutateur crossbar (1938)



Internet 1/2

- 1970
 - Les cinq premiers nœuds Internet : UCLA, Stanford, UC Santa Barbara, University of Utah, BBN.
- 1974
 - Premières spécifications du protocole TCP, RFC 675, Vint Cerf.
- Janvier 1984
 - Le premier réseau ARPANET TCP/IP est opérationnel, et comporte 1000 nœuds.
- Janvier 1986
 - IETF 1, San Diego, 21 participants.



Internet 2/2

- Juillet 1994
 - A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), RFC 1654
- Mai 1994, NAT
 - RFC 1661, The IP Network Address Translator (NAT).
- 1989, Invention du WEB
 - Tim Barner Lee réalise les premiers serveurs et clients HTTP en 1990
- 1999, Wi-Fi, IEEE 802.11

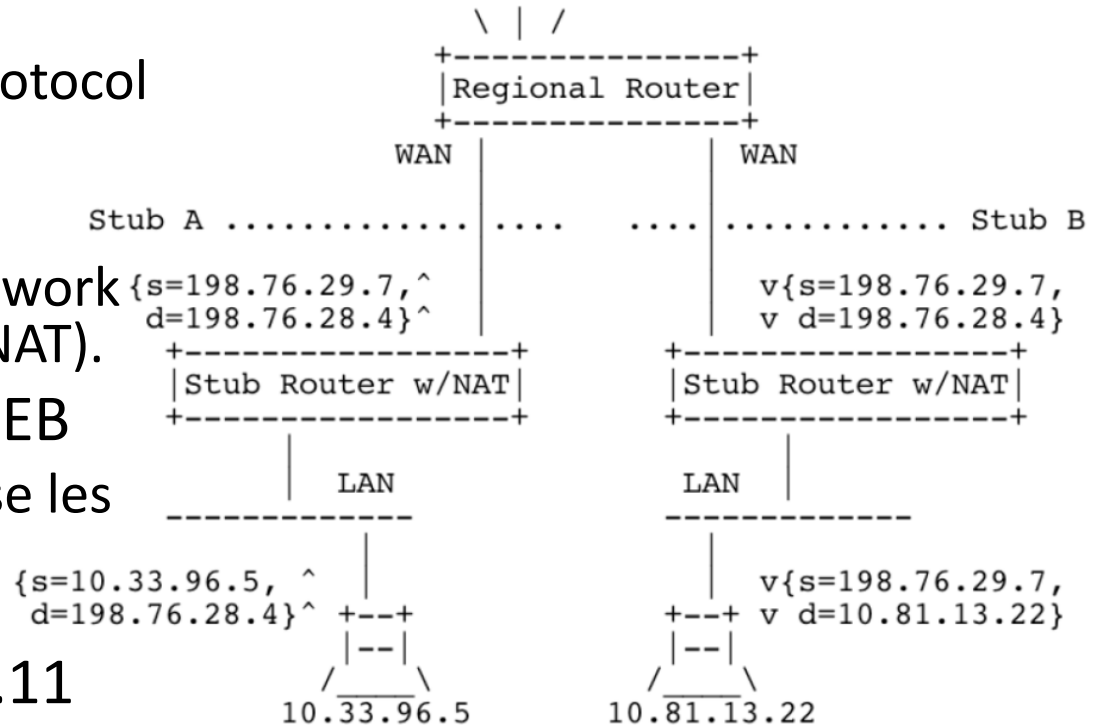


Figure 2: Basic NAT Operation



Tim Barner Lee

Principe du WEB

- L'information stockée dans le réseau est identifiée par une URL (ou URI)
 - Cette identification s'appuie sur le protocole DNS
- HTTP réalise le transfert de l'information
- HTML intègre des liens sur des objets (URL)

L'évolution des technologies réseaux

- Réseaux analogiques (“L’âge de l’arbre”)
 - 1876, Alexander Graham Bell invente le téléphone. L’architecture du réseau est basée sur des connections point à point, établies manuellement. Les compagnies téléphoniques construisent et contrôlent tous les composants du réseau.
- Les réseaux numériques (première ébauche de grille dans l’arbre)
 - 1948. Claude Elwood Shannon invente le concept d’information numérique. L’architecture réseau est basé sur des commutateurs numériques, les “switchs”.
- Les réseaux IP (la grille envahit l’arbre)
 - 1981. Jon Postel, Steve Crocker, et Vint Cerf inventent le réseau Internet qui substitue les routeurs aux commutateurs. Le réseau est administré par de multiples organisations.
- Réseaux Abstraites (L’âge du Boogie Woogie)
 - L’IP sans fil (1999) et accès large bande (Broadband Access) (2005)
 - Le réseau devient abstrait. Les accès (technologies câblées, large bande, Wi-Fi, WiMax...), et les services (eMail, Skype, Messenger, UMA...) sont gérés par de multiples organisations.

Illustration of Network Ages

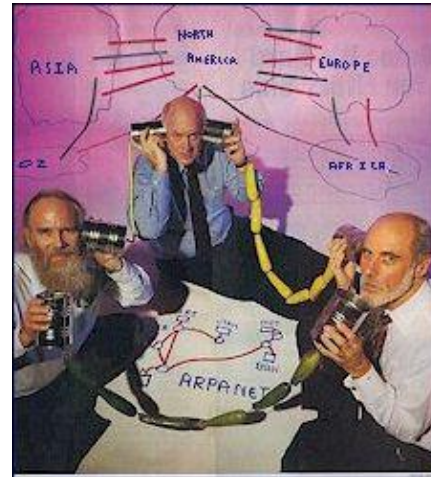
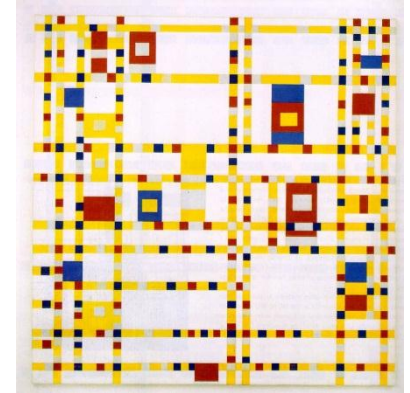
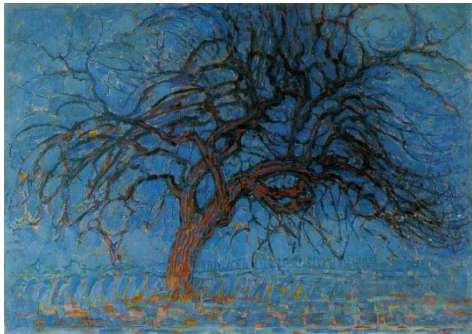
*Piet Mondrian

“*Apple tree”

“*Boogie Woogie”

“*Gray tree”

“*Red tree”



Alexander Graham Bell (1876).

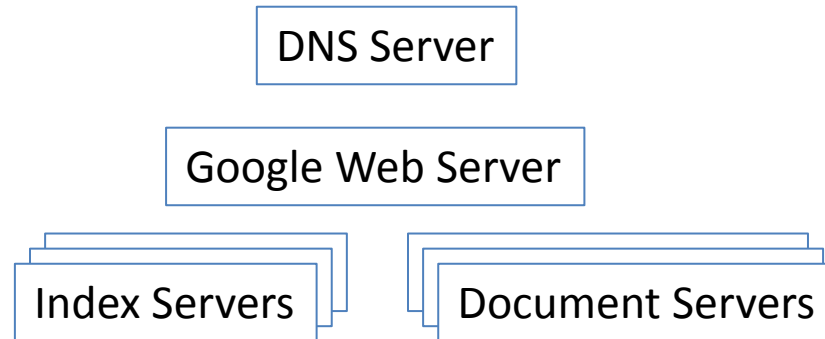
Analog Networks

Claude Elwood Shannon (1948)
Digital Networks

Jon Postel,
Steve Crocker
Vint Cerf (1981)
IP Networks

Wireless LAN (1999)
Broadband Access
Abstract Networks

GOOGLE: Une société fondée en 1998 par Larry Page et Sergev Brin

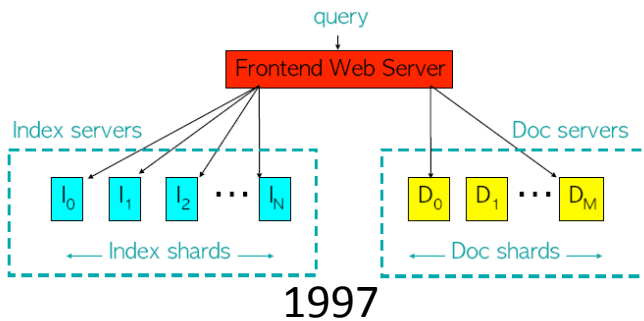


- 359 racks
- 31,654 machines
- 63,184 CPUs
- 126,368 Ghz of processing power
- 63,184 Gb of RAM
- 2,527 Tb of Hard Drive space

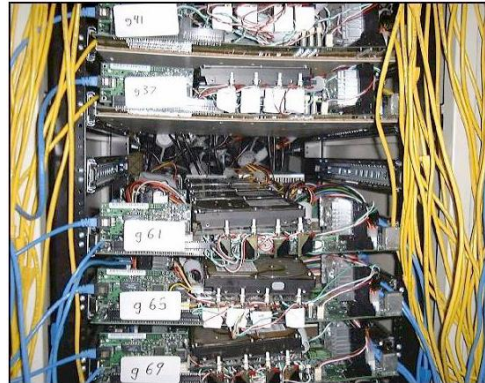
1792 megabytes of memory
 366 gigabytes of disk storage
 2933 megahertz in 10 CPUs



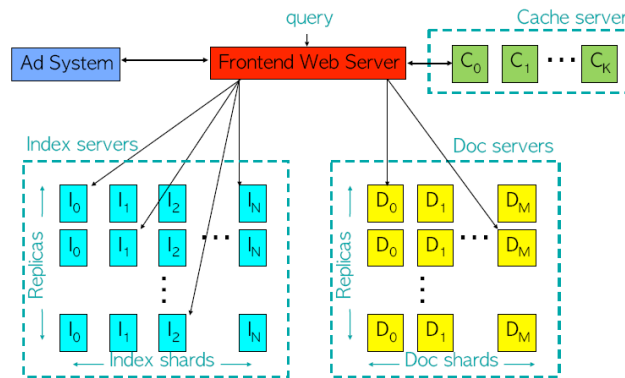
GOOGLE CIRCA 1999



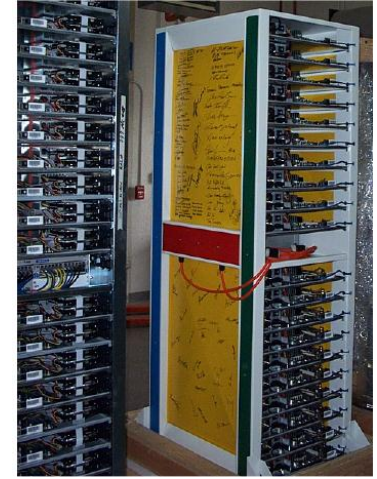
1997



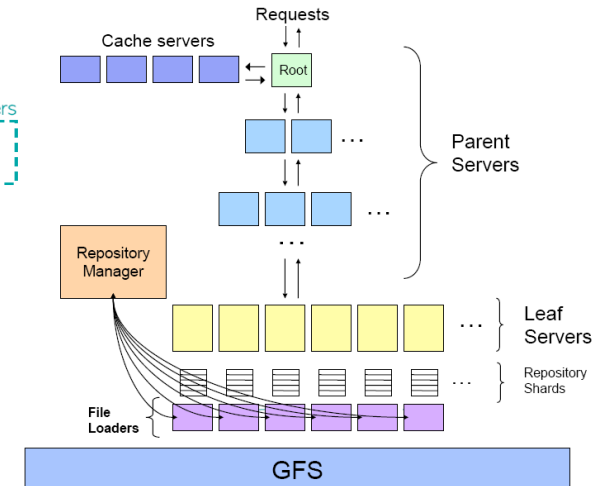
CorkBoard



1999



Google Cluster



2004

2006

<http://www.google.com/datacenter/thedalles/index.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=zRwPSFpLX8I&NR=1>

The Dalles, Oregon Data Center - Hello City of The Dalles! - Windows Internet Explorer

http://www.google.com/datacenter/thedalles/index.html

Fichier Edition Affichage Favoris Outils ?

★ Favoris Annotation (Harper's Mag... The Dalles, Oregon Dat... x

Google The Dalles, Oregon Data Center **Au moins 12 data center de grande capacité**

Home **Hello City of The Dalles!**


[Frequently Asked Questions](#) Google is very happy to be located in The Dalles, Oregon.

[Data Center Details](#) We opened our data center here in 2006 and today we're fully operational with approximately 200 people on site, ranging from technology assistants to experienced data center managers. We have had an excellent experience in The Dalles as we've built out this \$600 million investment, and we look forward to being a part of the Columbia Gorge community for many years to come.

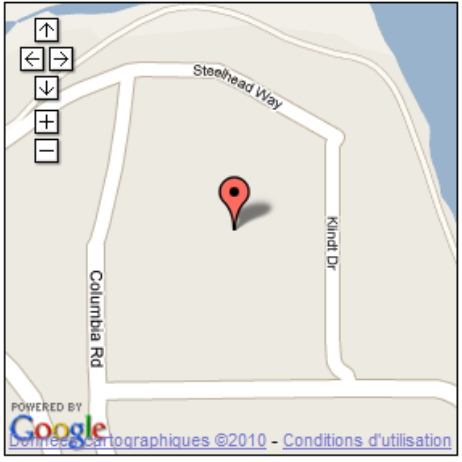
[Opportunities and Contacts](#)

[Community Outreach](#) We're eager to share more information with you about what we're doing in the area. On this site, you'll find information about:

- what exactly a data center is
- the kinds of jobs that are available
- what Google does
- how to contact us
- our community outreach program



Google's data center in the City of The Dalles is a part of the Columbia Gorge community you may be interested in.



GOOGLE data center (2008)

POWERED BY Google

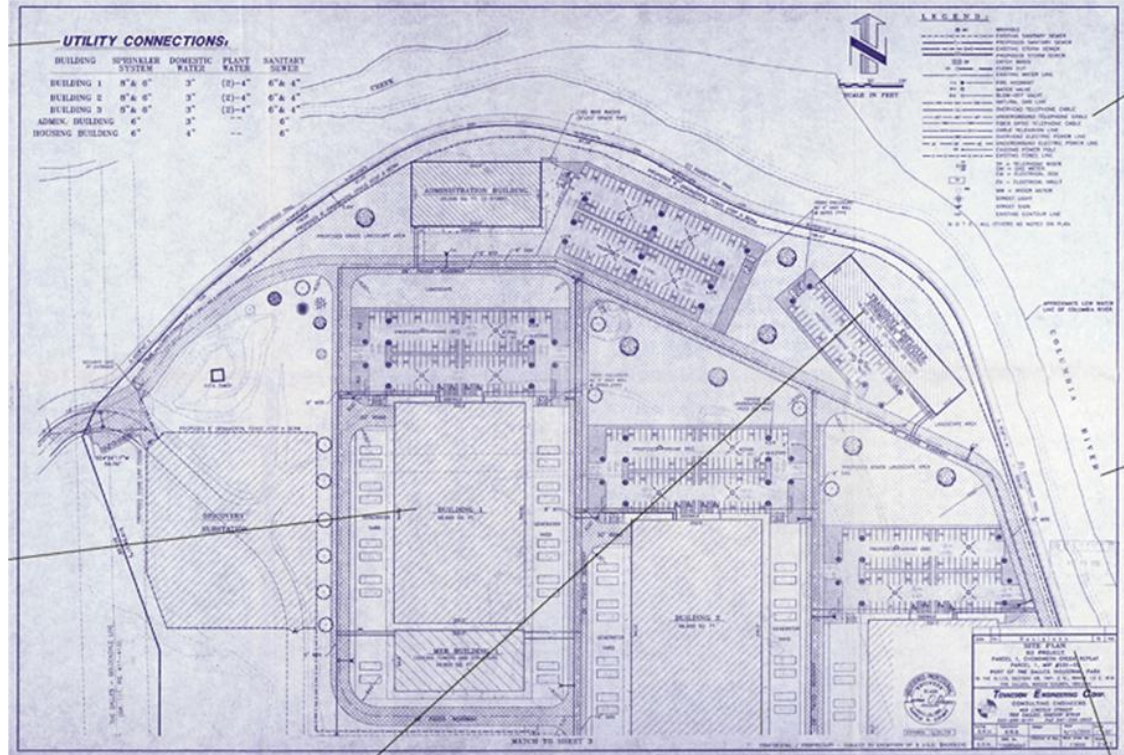
© 2010 - Conditions d'utilisation

Internet | Mode protégé : activé 100%

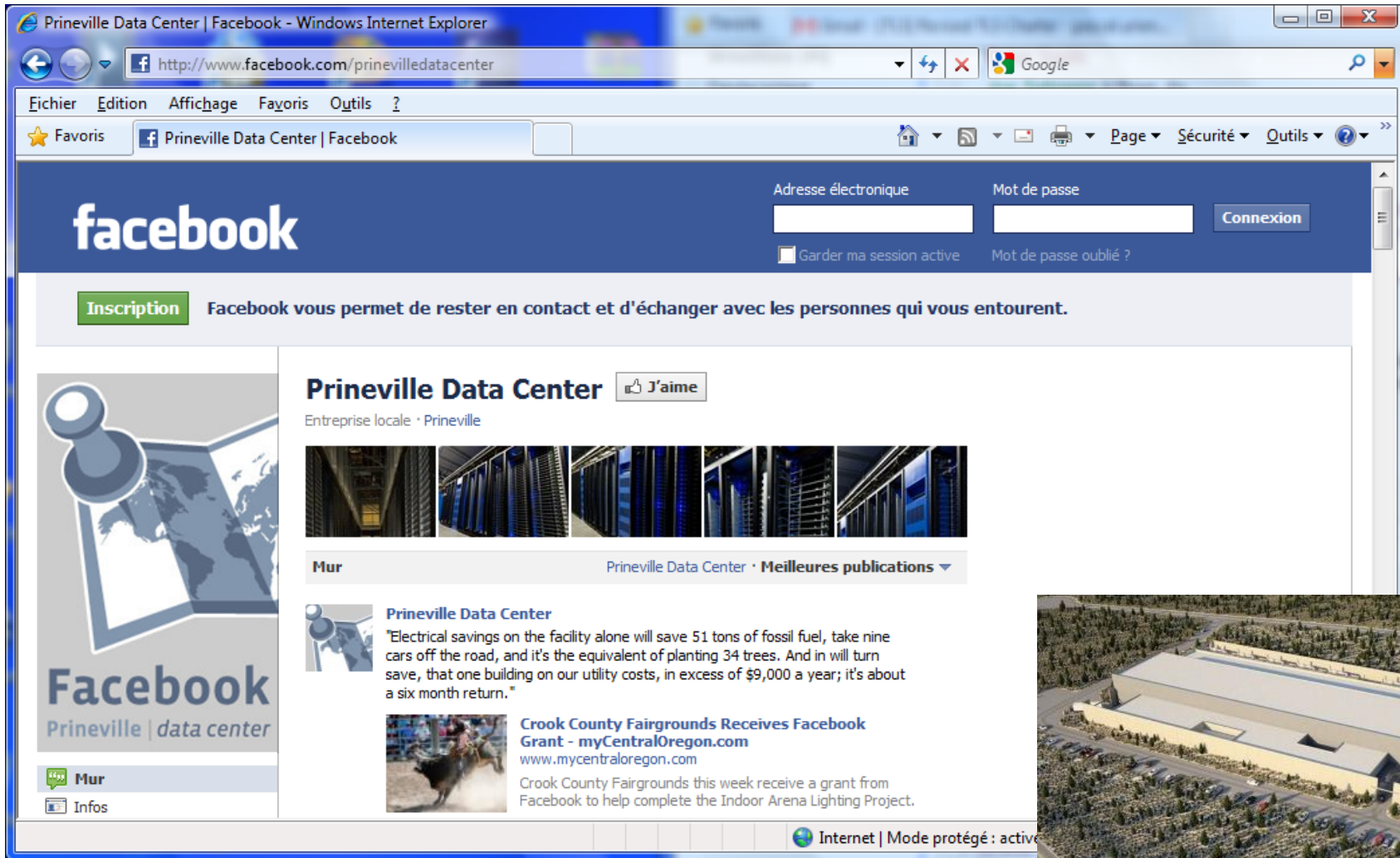
<http://harpers.org/media/slideshow/annot/2008-03/index.html>

- 3 bâtiments de 6400m² (2 construits)
- **1 million** de serveurs
- **2⁵⁰ octets** (penta octet, 1024 To, 1 million de Go)
- **103 MW** (un réacteur nucléaire produit entre 1000 et 1500 MW)
- La consommation électrique d'une ville de **80,000 habitants**

En France le prix de revient du MW/h est de l'ordre de 5€, le prix de vente aux particuliers est de l'ordre de 75€
100MW, 200,000 €/jour



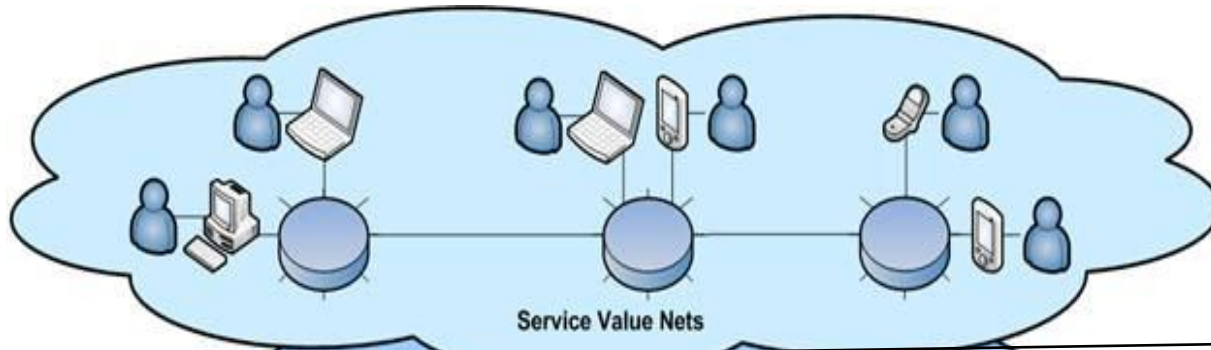
Mark Zuckerberg, FaceBook, 2004



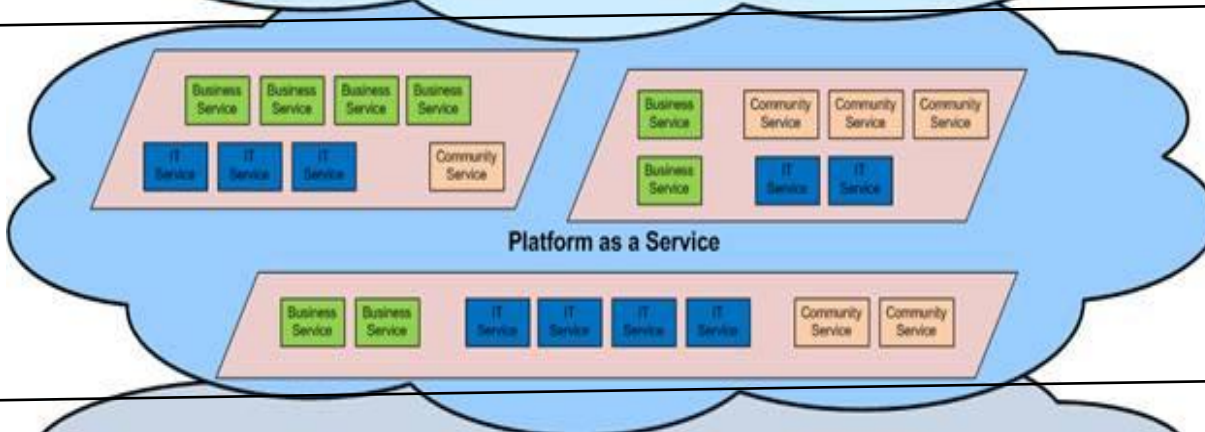
The screenshot shows a Windows Internet Explorer browser window displaying the Facebook profile page for "Prineville Data Center". The browser's address bar shows the URL "http://www.facebook.com/prinevilldatacenter". The page features the Facebook logo, a login form with fields for "Adresse électronique" and "Mot de passe", and a "Connexion" button. Below the login form, there is a green "Inscription" button and the text "Facebook vous permet de rester en contact et d'échanger avec les personnes qui vous entourent." The profile header includes the name "Prineville Data Center" with a "J'aime" button and the category "Entreprise locale · Prineville". A banner image shows server racks. Below the banner, there is a "Mur" section with a "Meilleures publications" dropdown. The first post is from "Prineville Data Center" with a text update about electrical savings. The second post is from "Crook County Fairgrounds" with a photo of a rodeo and a text update about a Facebook grant. The browser's status bar at the bottom indicates "Internet | Mode protégé : activé".



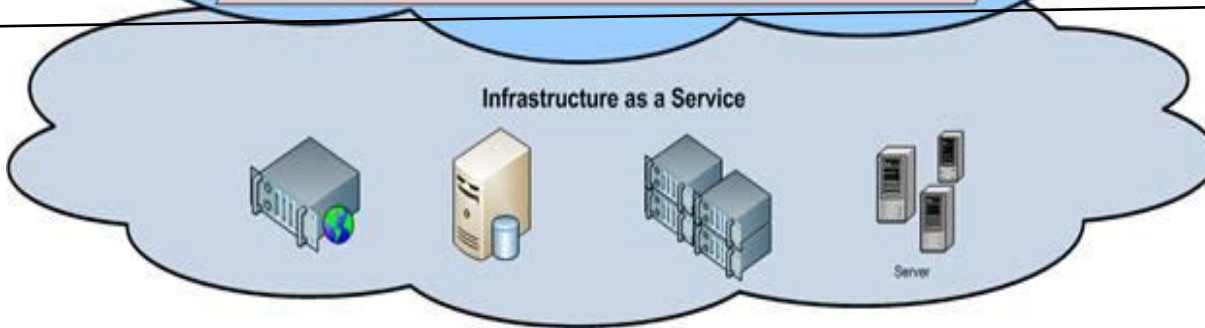
Modèle du Cloud Computing



SaaS

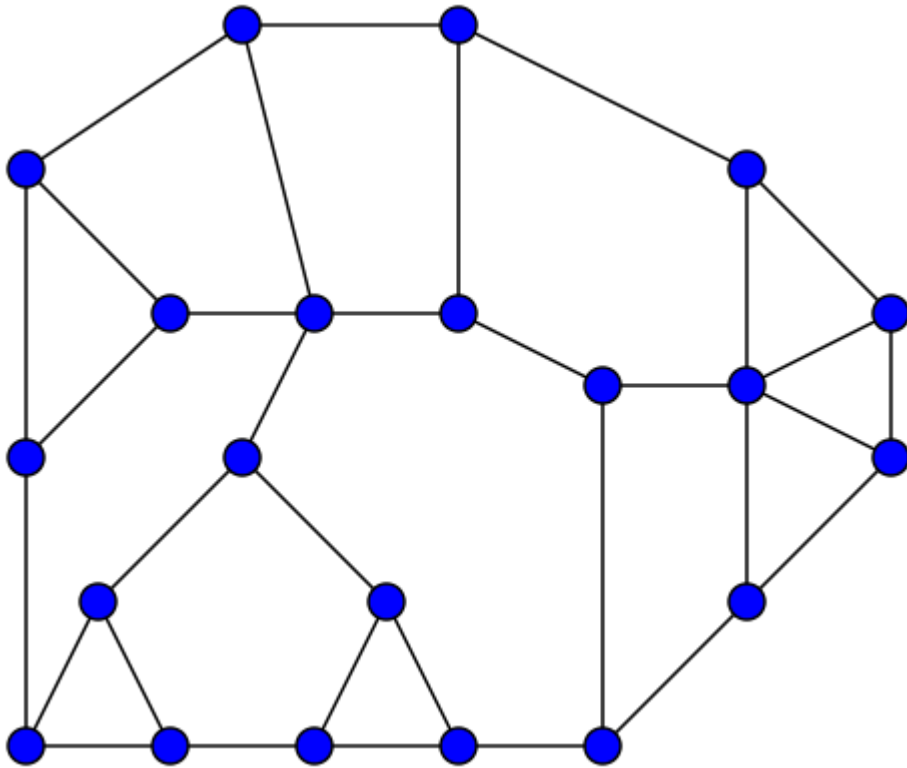


PaaS

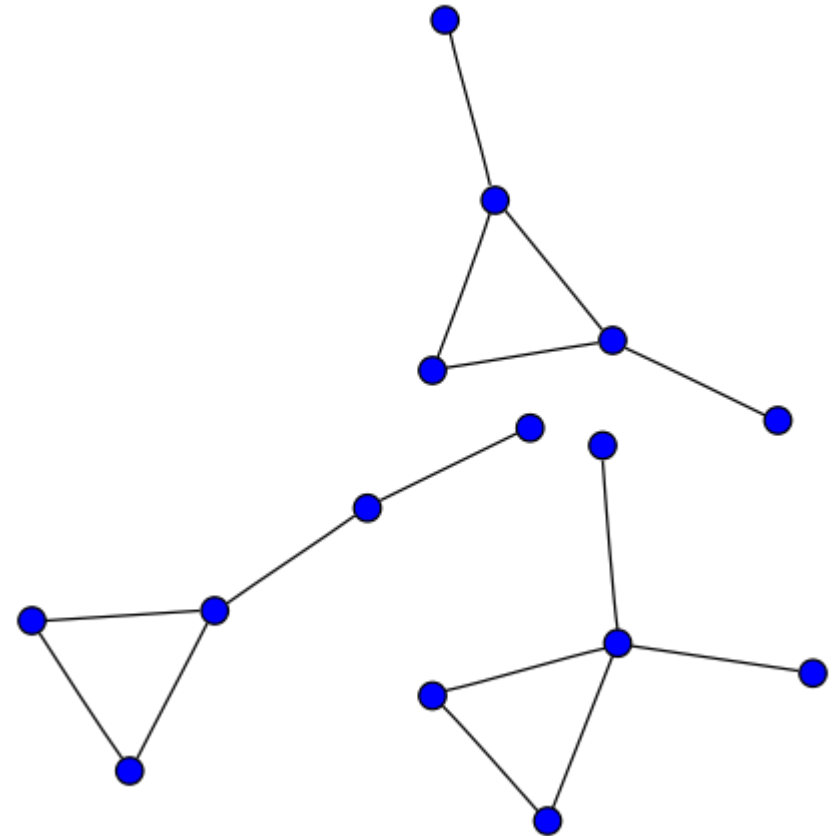


IaaS

Un réseau est un graphe connexe

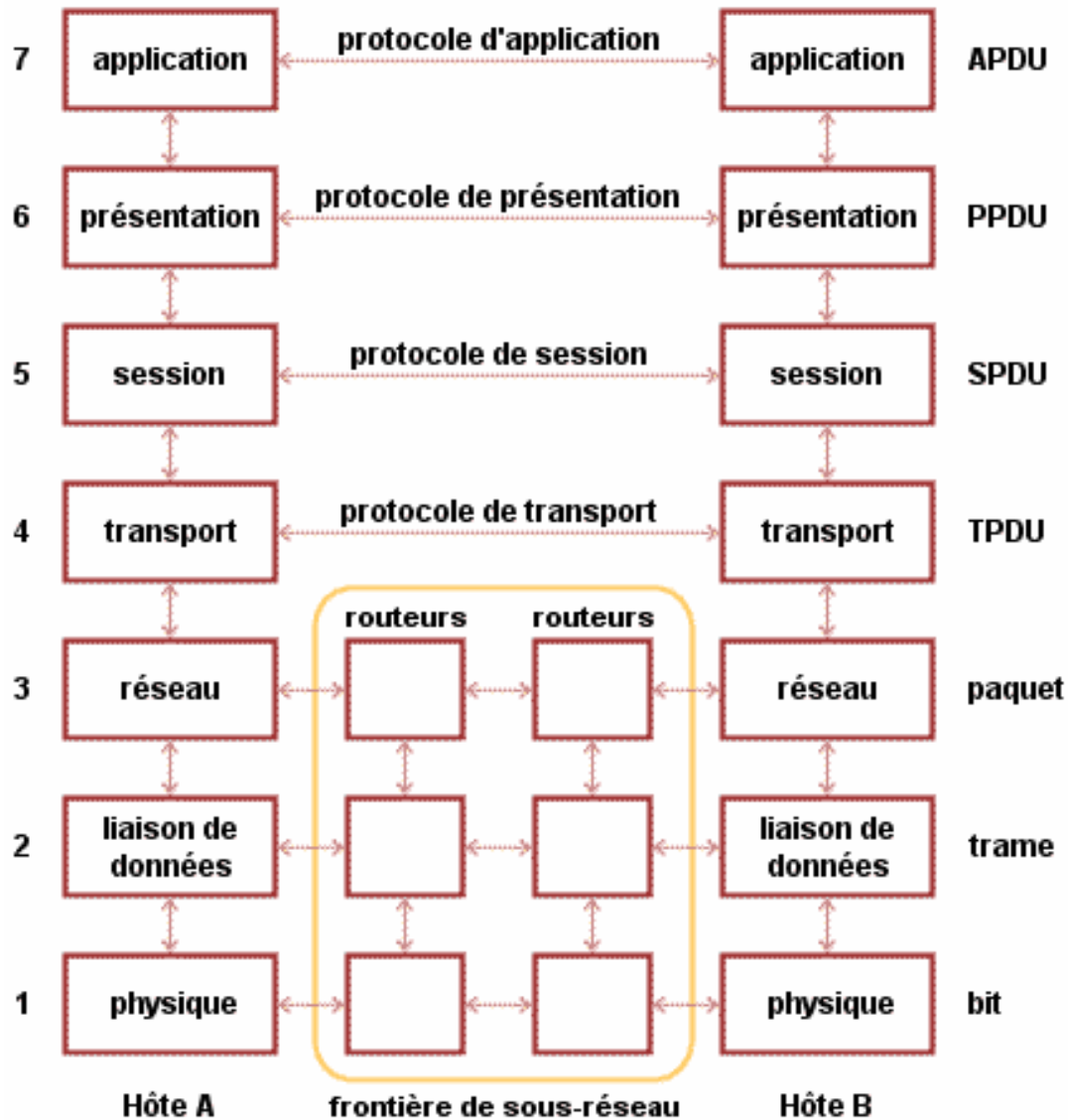


Graphe Connexe



Graphe non Connexe

Les 7 couches OSI



Systemes Linéaires

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + \dots + a_j \frac{d^j y}{dt^j} + \dots + a_0 = b_p \frac{d^p x}{dt^p} + \dots + b_i \frac{d^i x}{dt^i} + \dots + b_0$$

$$F(g') = j 2\pi f \times F(g),$$

$$F(g^{(p)}) = (j 2\pi f)^p \times F(g)$$

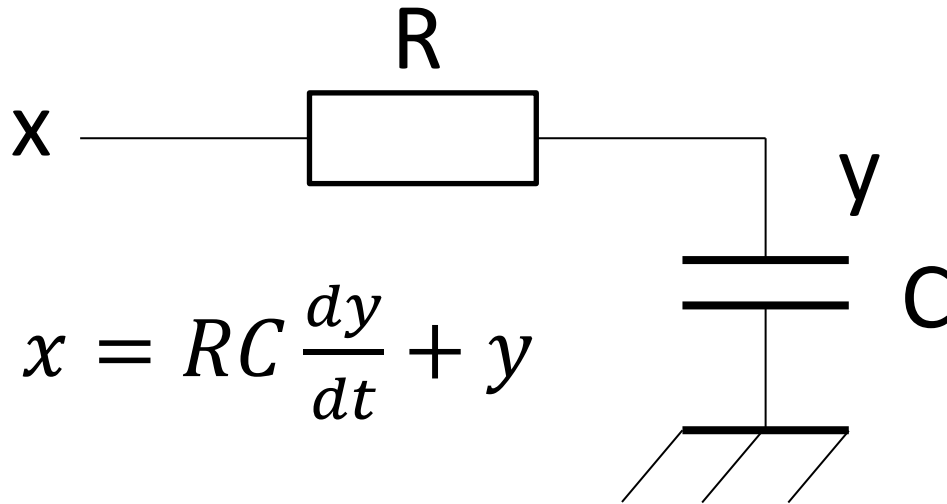
L' équation différentielle est ramenée à une fraction rationnelle $P(f)/Q(f)$, qui est la transformée de Fourier de la fonction de convolution

$$F(y) = \frac{P(f)}{Q(f)} \times F(x)$$

Transformée de Fourier

$$F(g(t)) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) e^{-j 2\pi f t} dt$$

Exemple, système du 1^{ier} ordre



$$F(x) = j2\pi f RC F(y) + F(y)$$

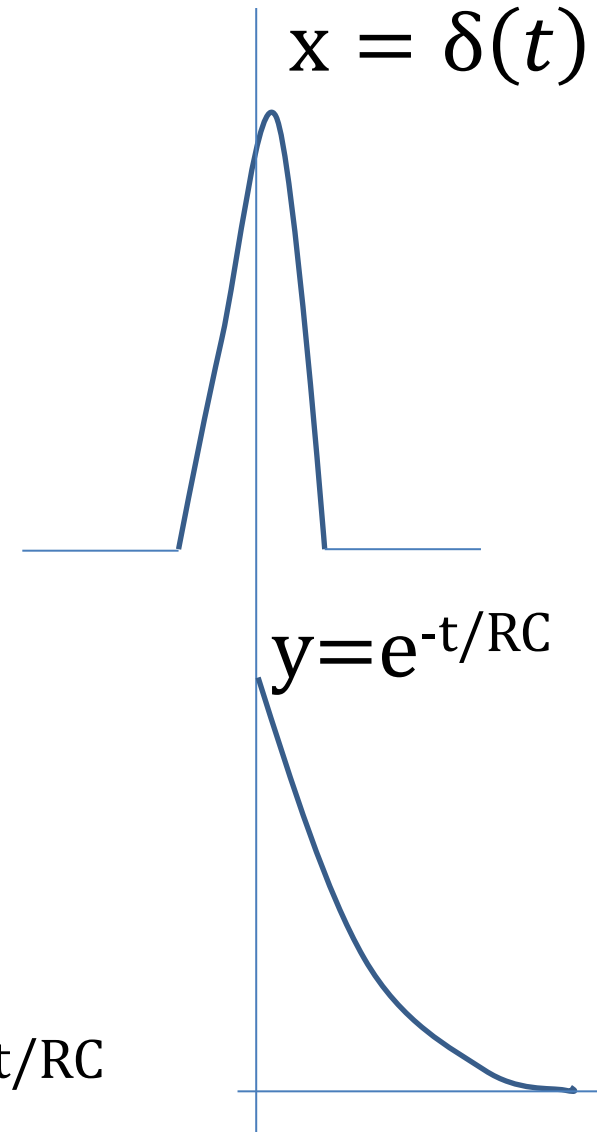
$$F(y) = F(x) \times \frac{1}{1 + j2\pi f RC}$$

$$x = H(t)$$

$$y = 1 - e^{-t/RC}$$

$$x = \delta(t)$$

$$y = 1/RC e^{-t/RC}$$

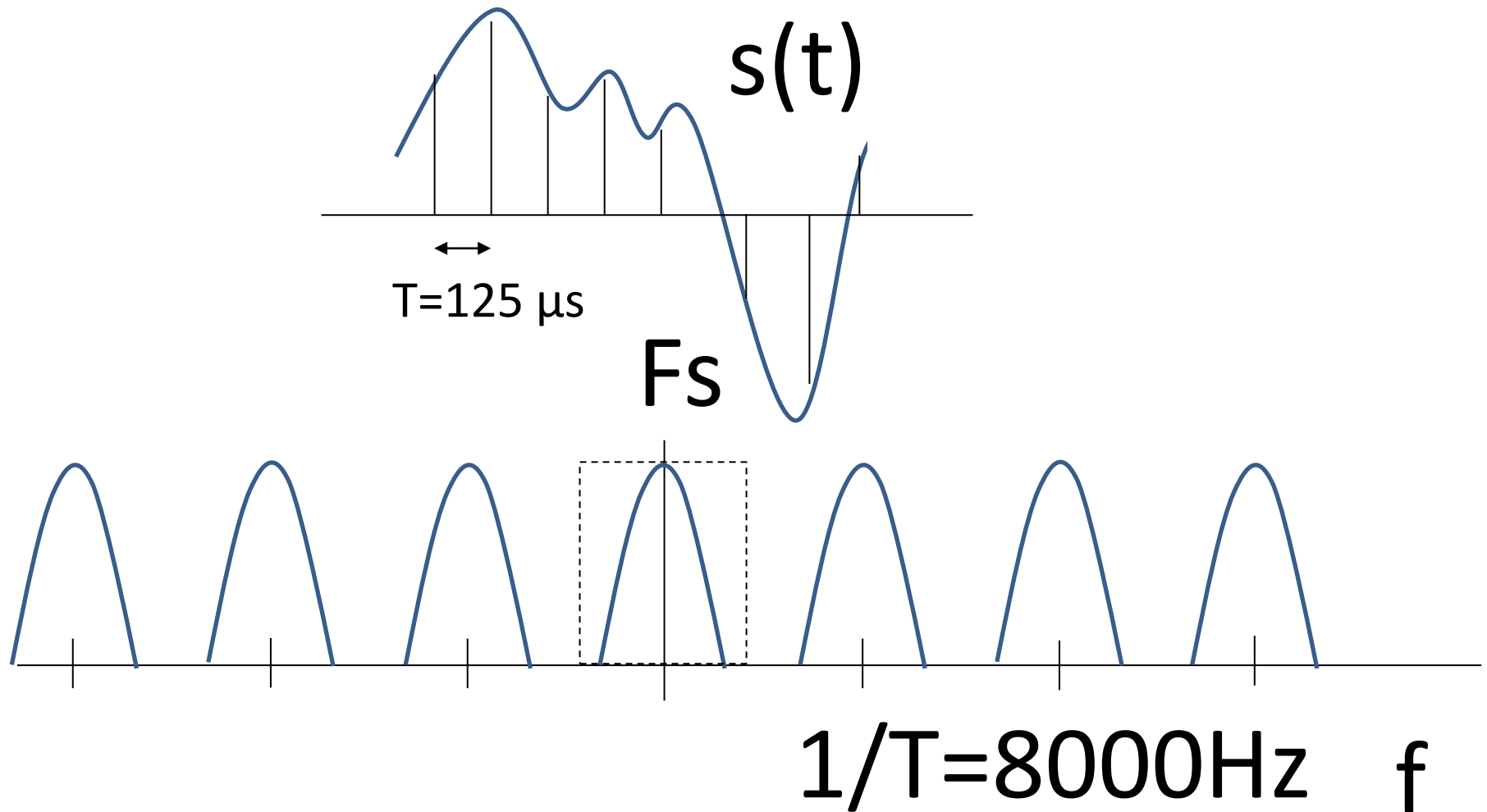


Echantillonnage (sampling)

$$\mathbf{F} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta\left(f - \frac{k}{T}\right)$$

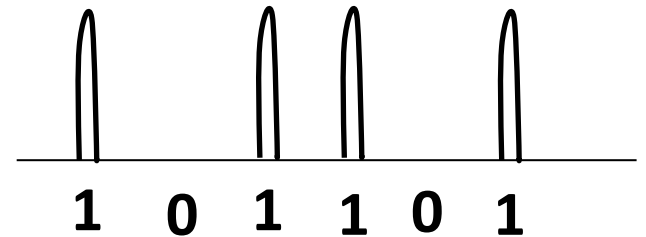
$$\mathbf{F} s(t) x \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \mathbf{F} s\left(f - \frac{k}{T}\right)$$

Echantillonnage/Reconstitution

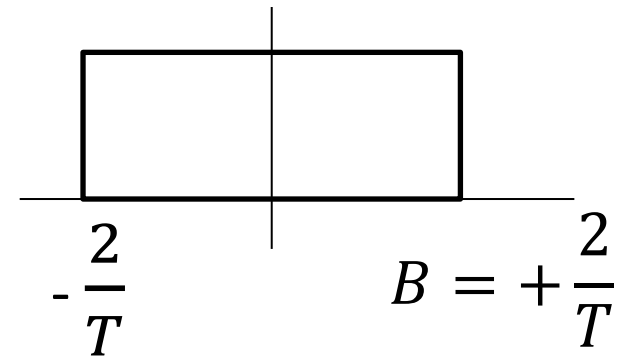


Transmission dans un canal parfait sans bruit

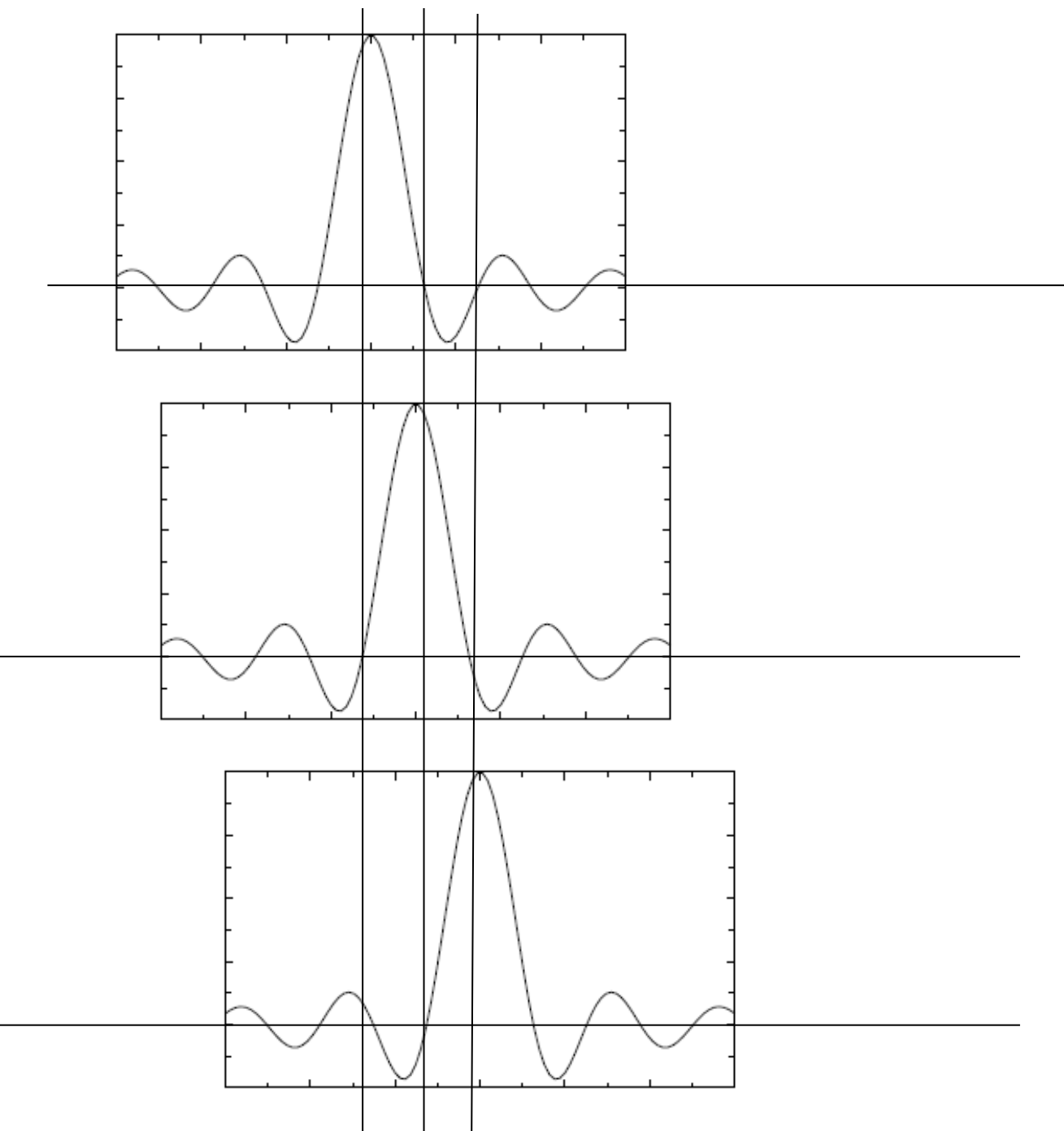
$$b(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} bk \delta(t - kT)$$



$$Y(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} bk \sin \frac{\left(\pi \frac{t - kT}{T} \right)}{\left(\pi \frac{t - kT}{T} \right)}$$



$$Y(kT) = bk$$

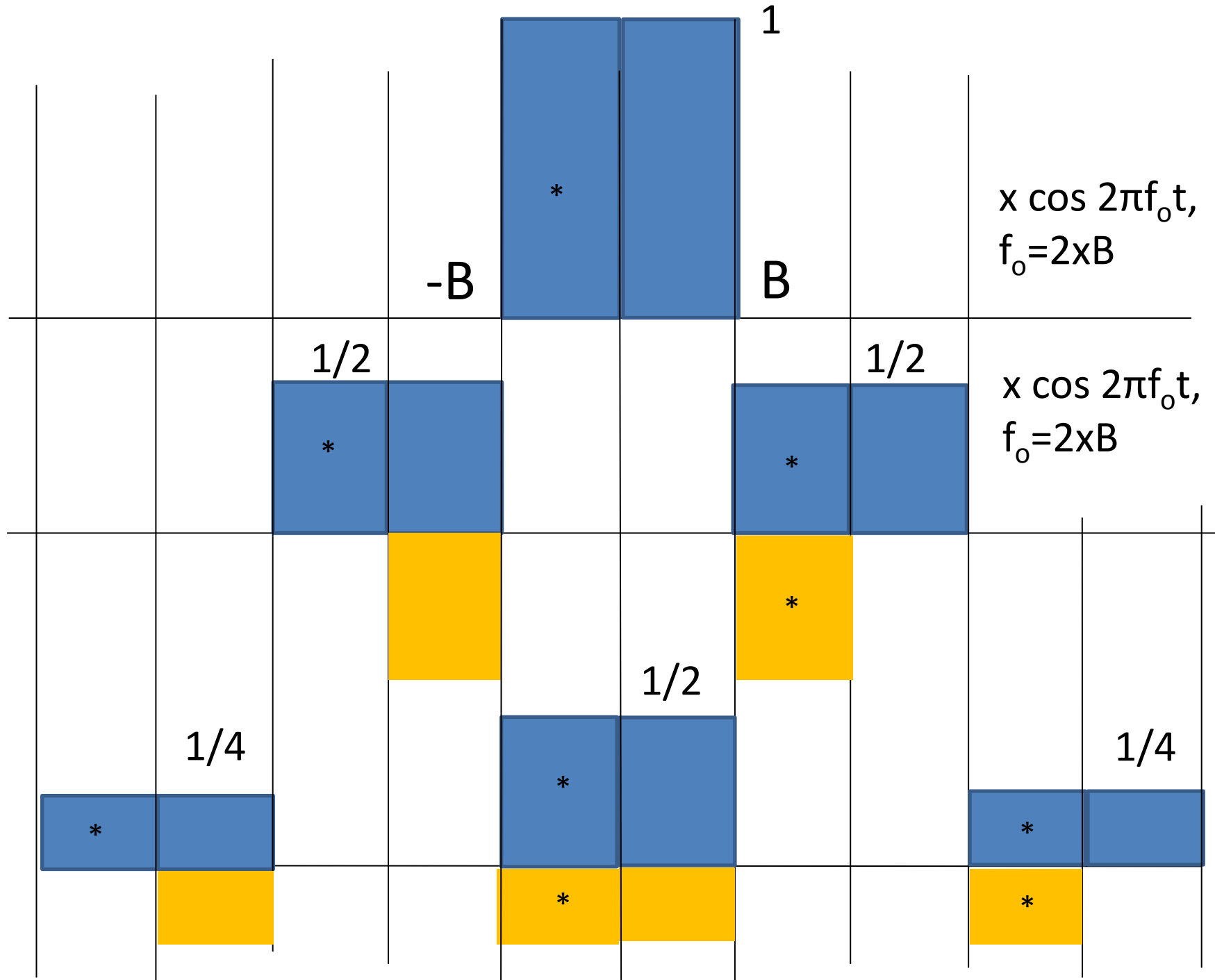


Changement de Bande

$$\cos 2 \pi f_0 t = \frac{e^{j2\pi f_0 t} + e^{-j2\pi f_0 t}}{2}$$

$$F(\cos 2 \pi f_0 t) = \frac{1}{2} \delta(f-f_0) + \frac{1}{2} \delta(f+f_0)$$

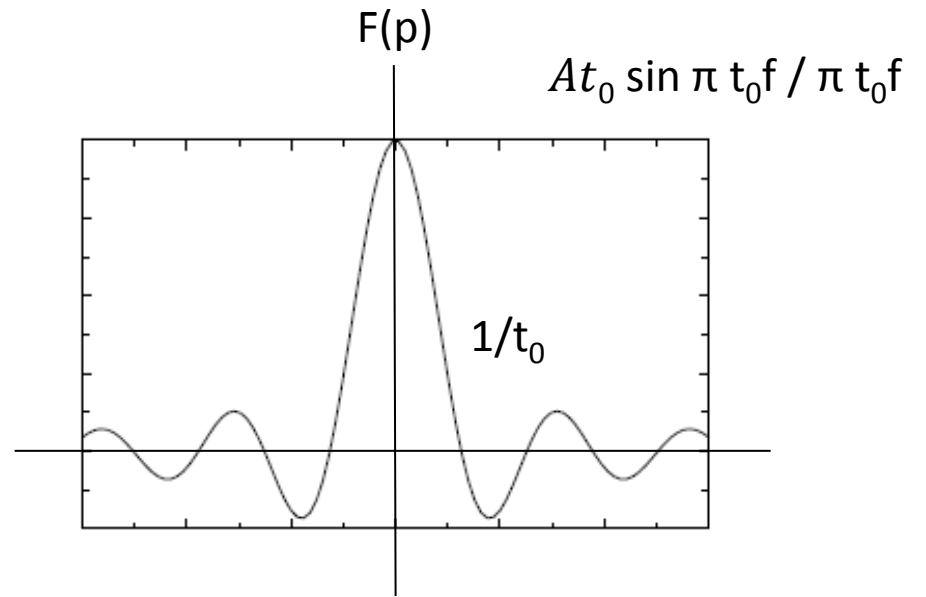
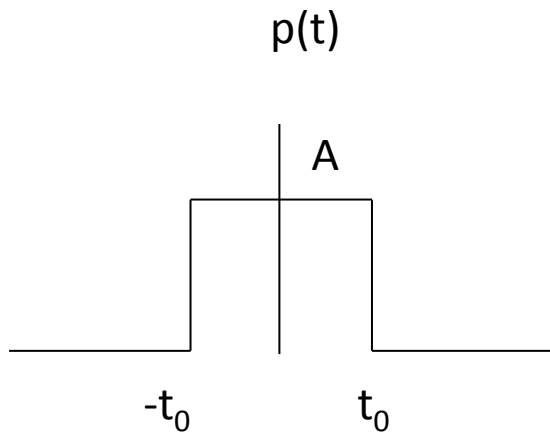
$$\begin{aligned} F(g(t) \cdot \cos 2 \pi f_0 t) &= F(g) * F(\cos 2 \pi f_0 t) \\ &= \frac{1}{2} F_g(f-f_0) + \frac{1}{2} F_g(f+f_0) \end{aligned}$$



Comment transmettre plus d'informations

- Diminuer T (temps bits), T/n
 - $B = 2 / (T/n) = 2 * n/T$
- Réaliser le multiplexage fréquentiel des trains binaires de base (largeur d'un bit T)
 - $B = n * (2/T)$
- Dans tous les cas il faut disposer d'un canal dont la bande passante est n fois la largeur de bande du train binaire T .

Pulse



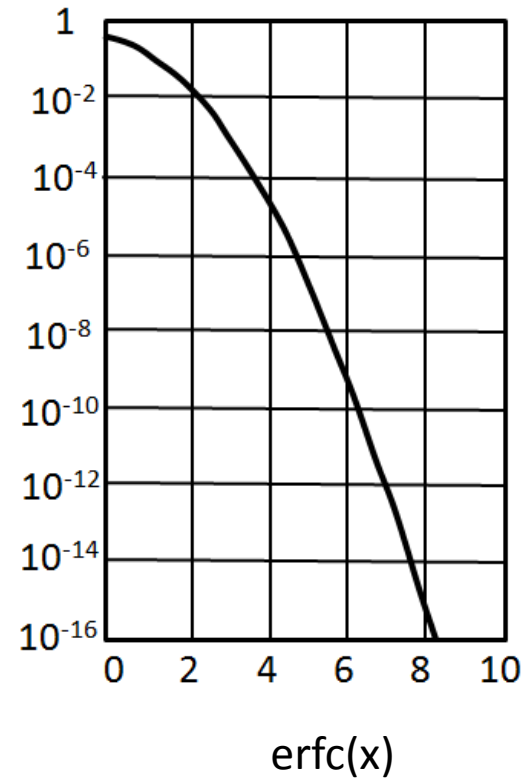
Shannon

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_n} \right)$$

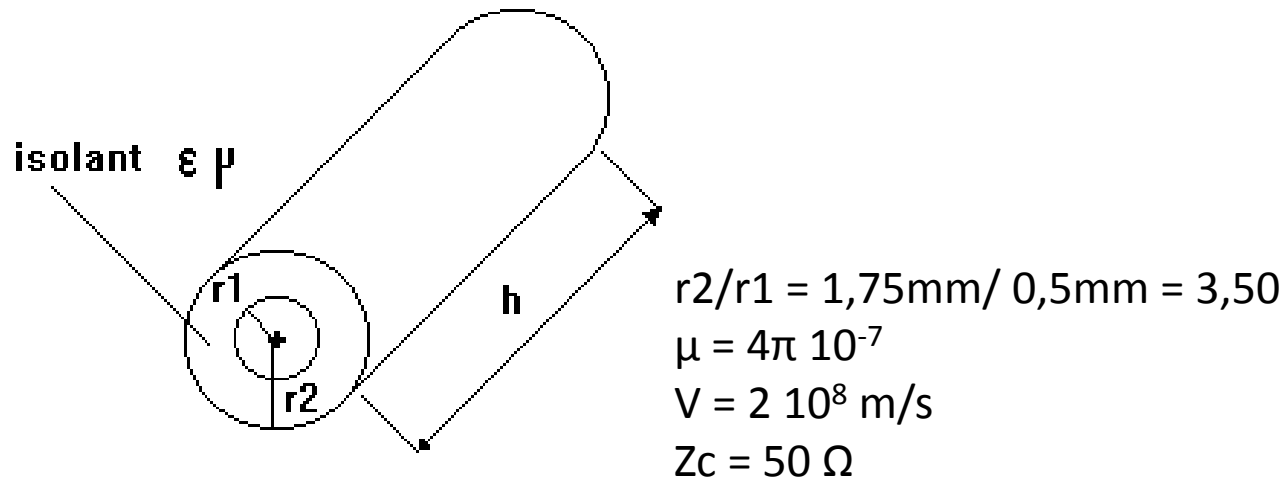
Taux d'erreur

$$p = \operatorname{erfc} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P_s}{P_n}}$$

$$S/B = 10 \log (P_s/P_n).$$



Impédance caractéristique



$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} = \mu v \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi}$$

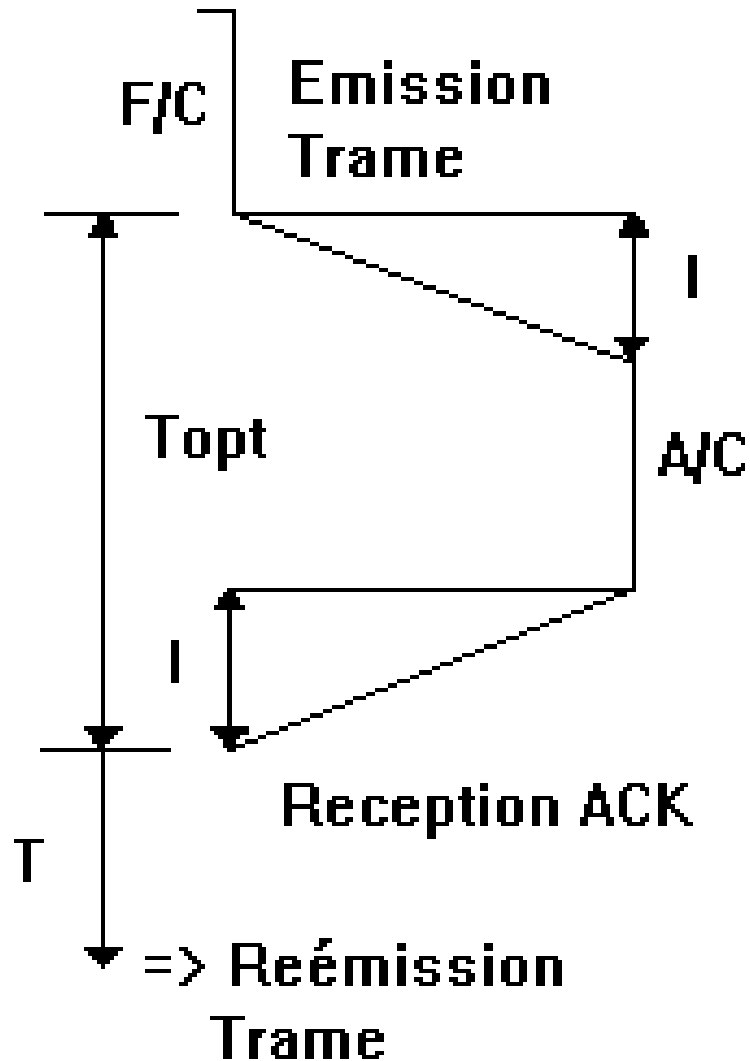
$$\text{Taux d'occupation} = F / (F + A + 2.I.C)$$

Capacité du canal C bits/s

Trame de F bits

I Temps de Propagation

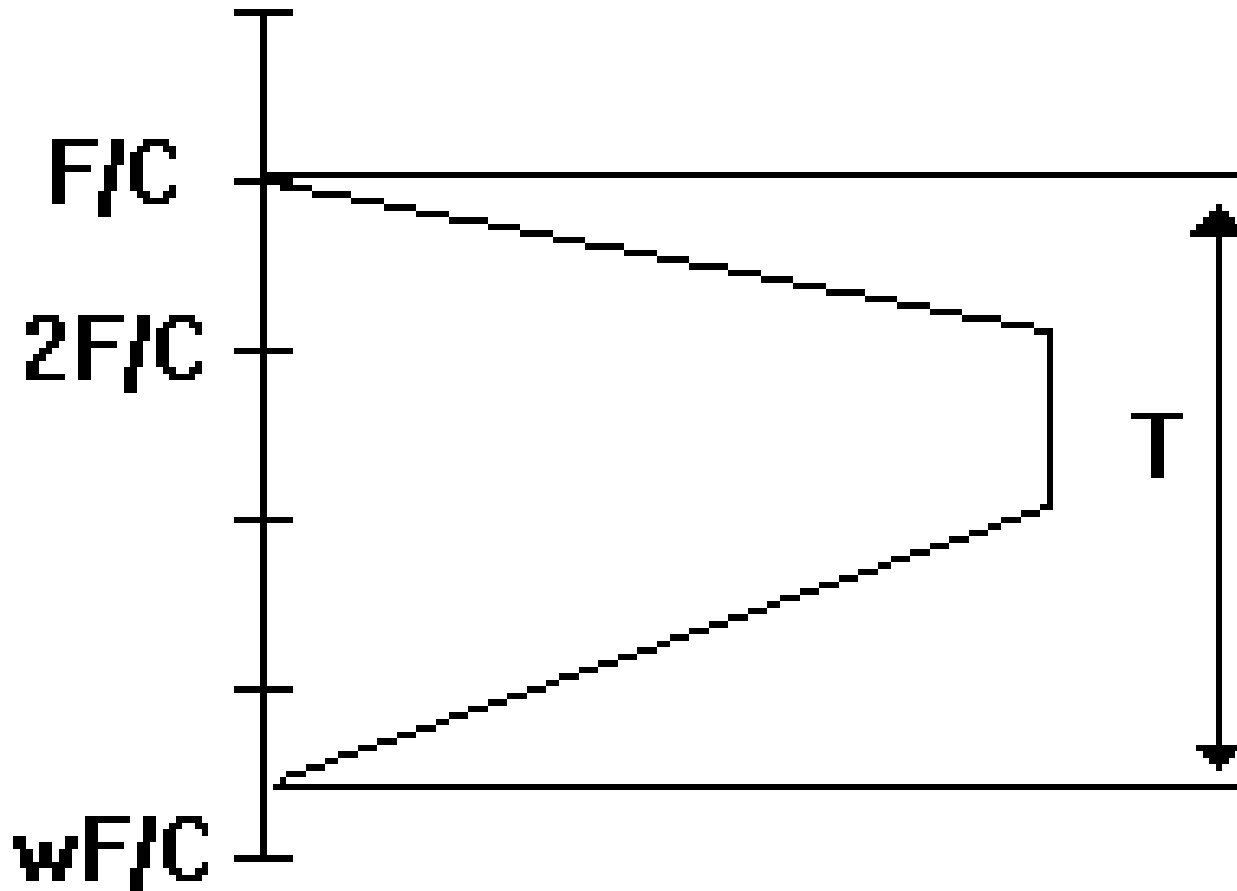
Trame d'acquittement de A bits

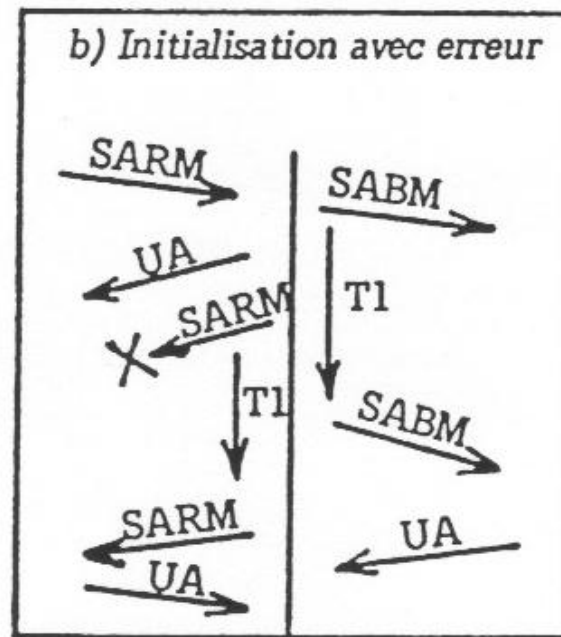
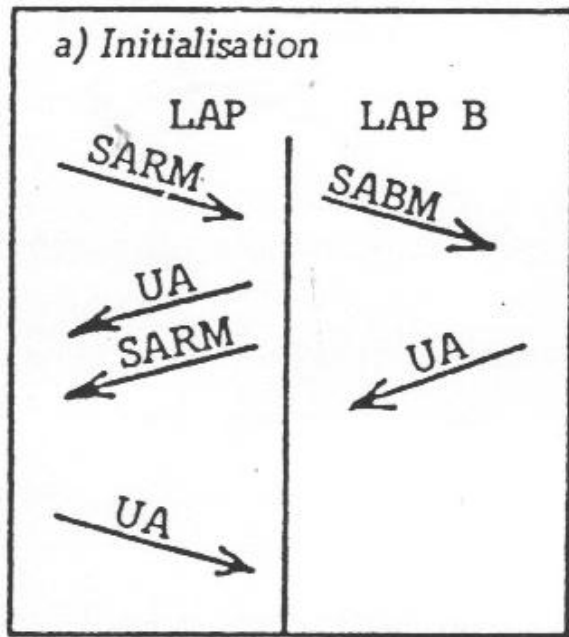


Taux d'occupation = $(1-L) \max (1, w.F / C.T)$

w largeur de fenêtre

L, taux d'erreur





SARM connexion (LAP)

ADRESSE		
000	P	1111
- FCS -		

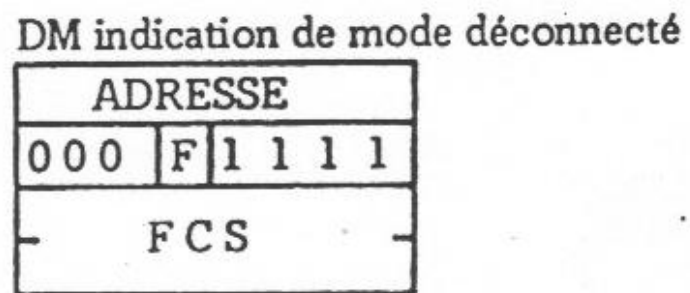
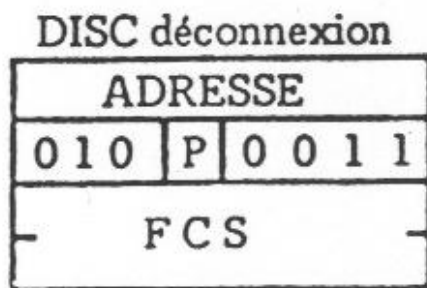
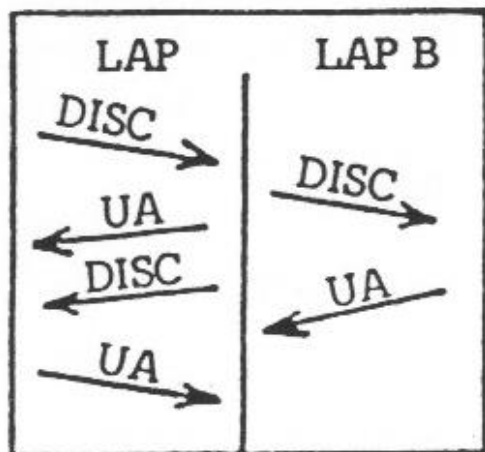
SABM connexion (LAP)

ADRESSE		
001	P	1111
- FCS -		

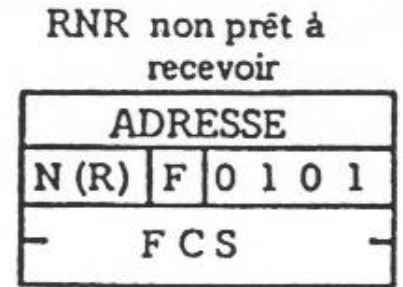
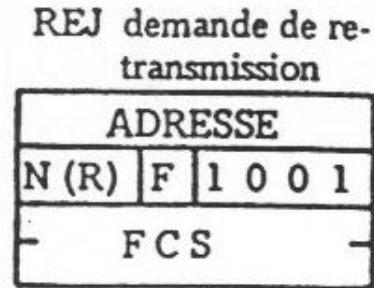
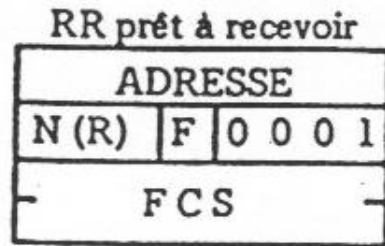
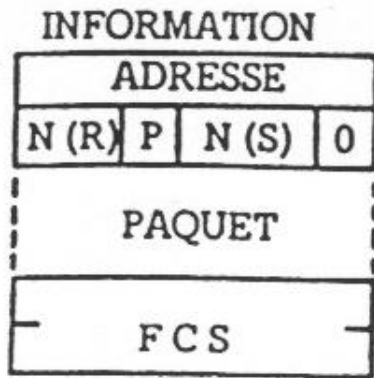
UA confirmation

ADRESSE		
011	F	0011
- FCS -		

Procédure d'initialisation et format des trames utilisées

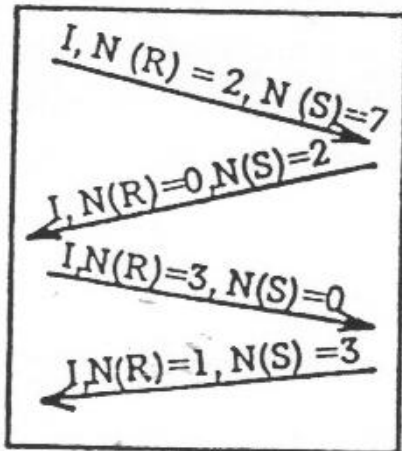


Procédure et trames de déconnexion

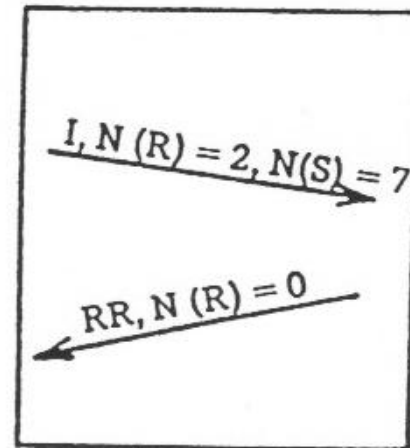


Format des trames I, RR, RNR et REJ

a) Transfert d'information dans les deux sens



b) Transfert dans un seul sens



Mécanisme d'acquittement

Exemple de session X25

10 01 0B 77 15 76 00 41 57 60 03 00 02 00 00 00

10 01 0F 07 15 76 00 40 00

10 01 00 06 E0 00 00 00 01 00

10 01 21

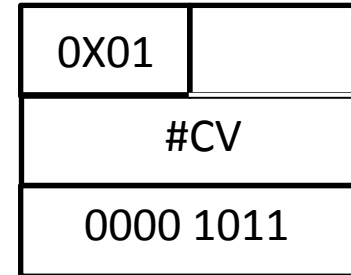
10 01 20 06 D0 00 01 00 02 00

10 01 21

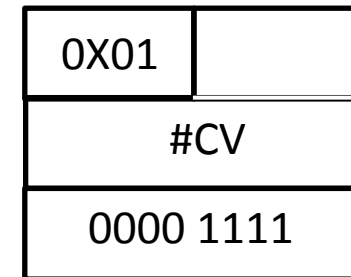
10 01 13 // DECONNECT

10 01 17 // DECONNECT CONFIRM

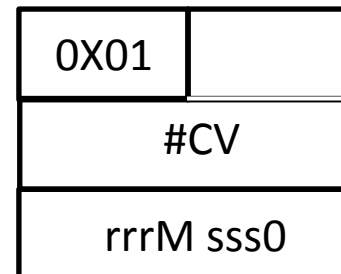
CALL



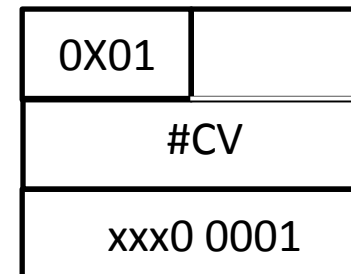
CALL ACCEPT



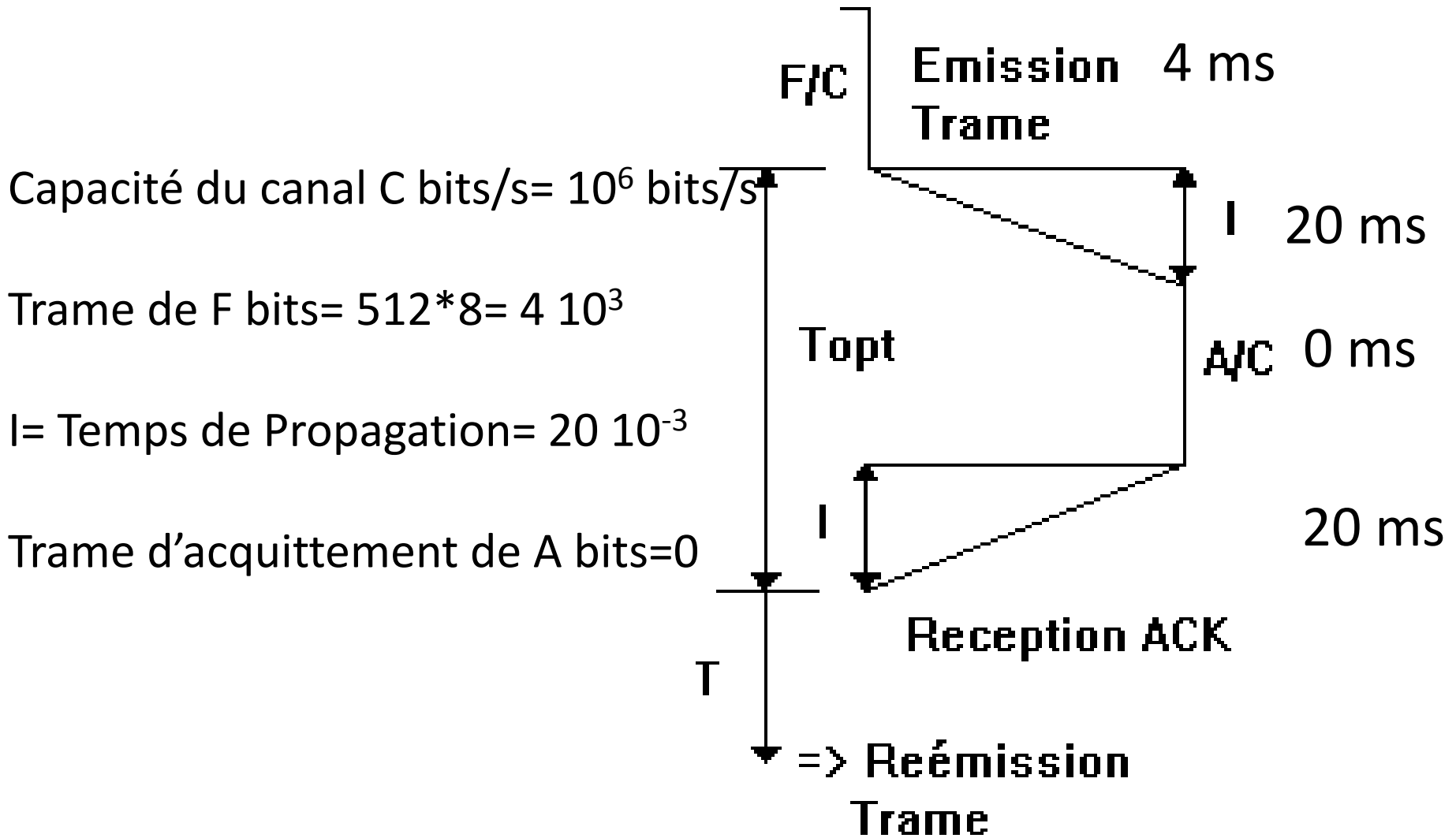
DATA



RR



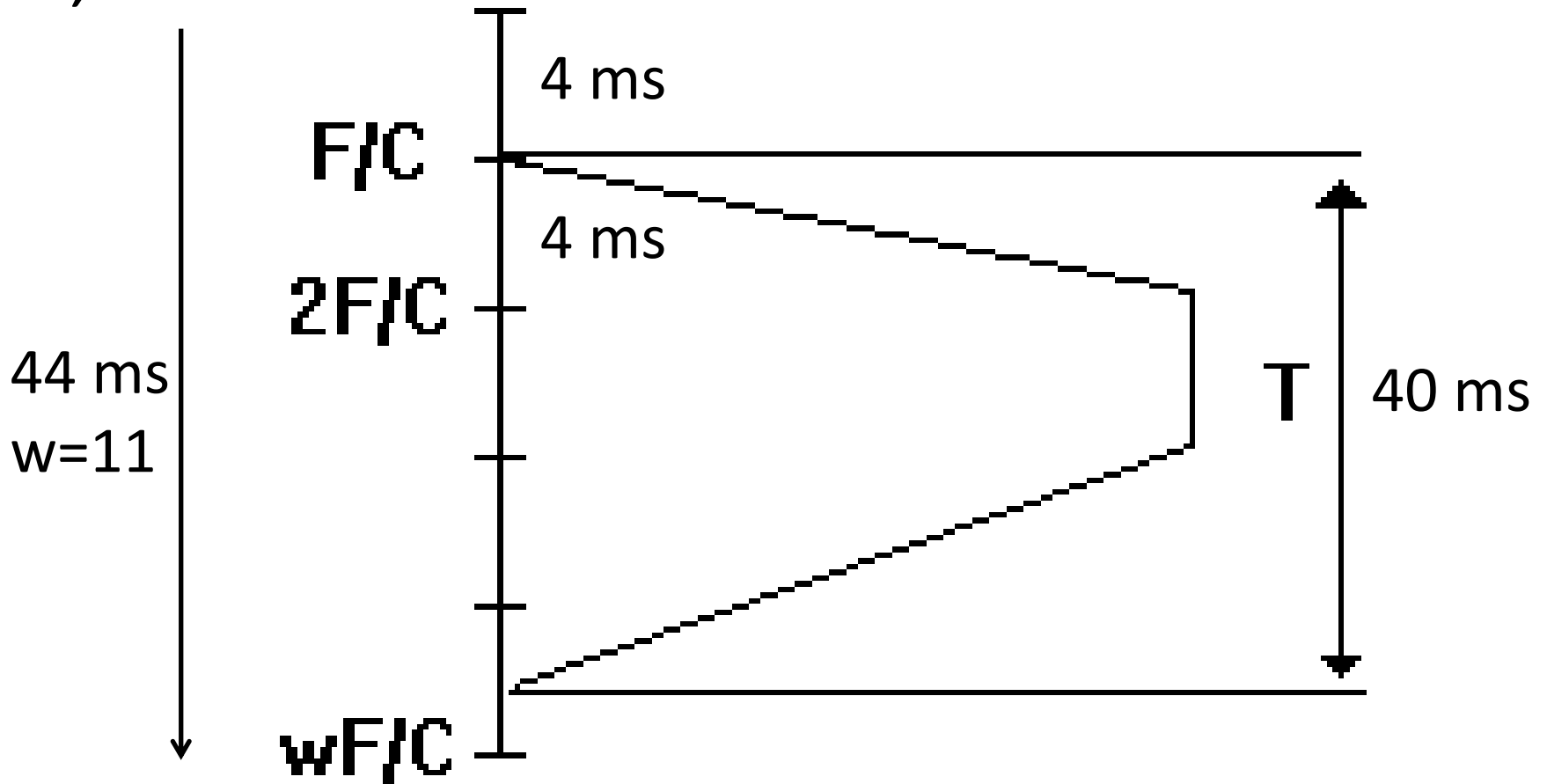
$$\text{Taux d'occupation} = F / (F + A + 2.I.C)$$



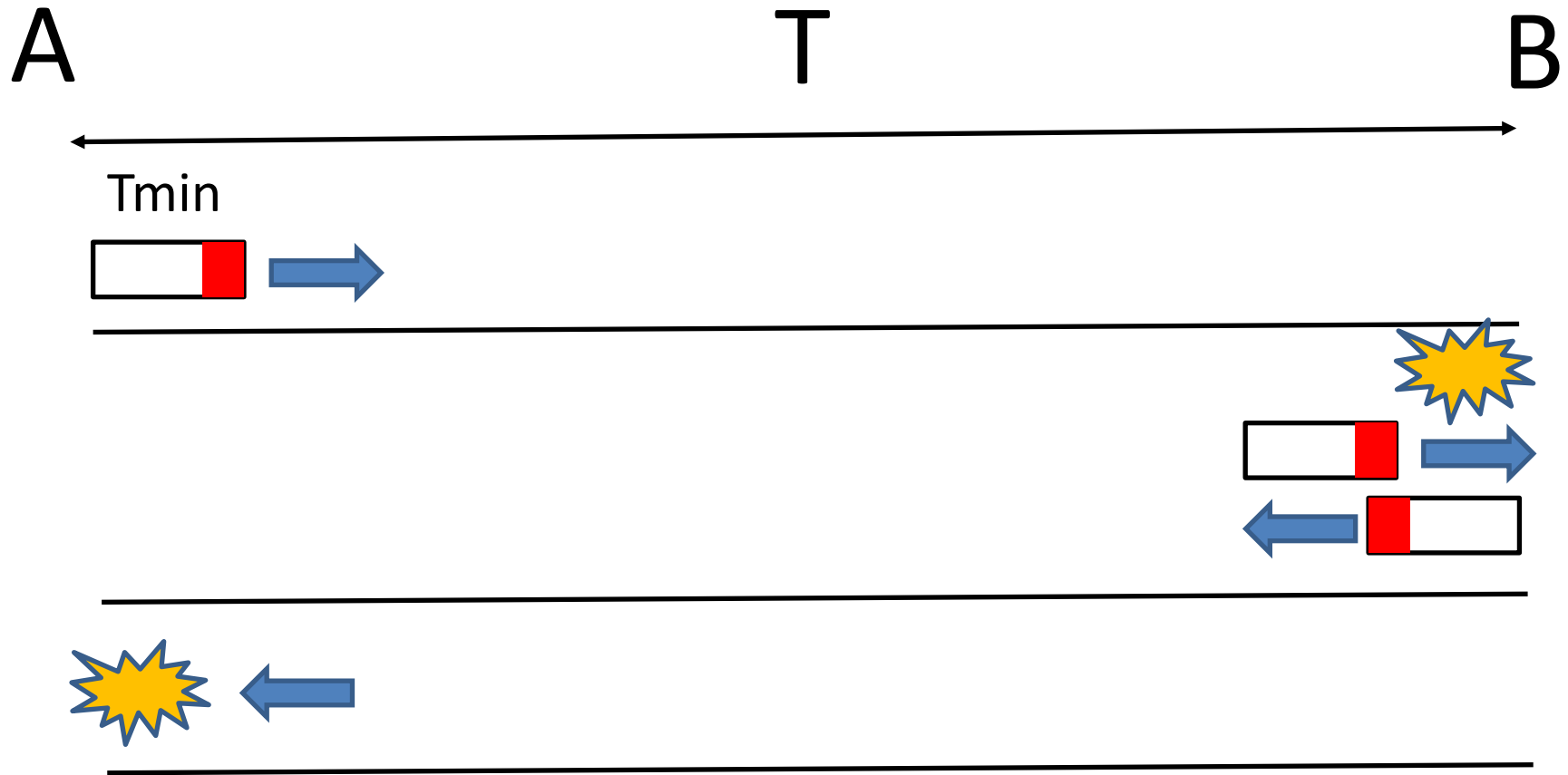
Taux d'occupation = $(1-L) \max (1, w.F / C.T)$

w largeur de fenêtre

L, taux d'erreur



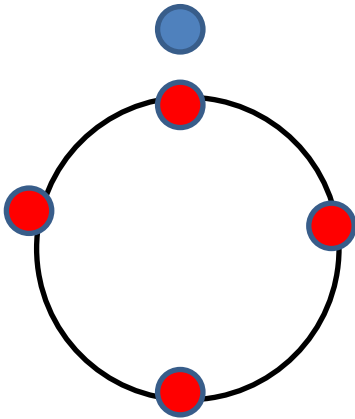
Trame de taille minimale (Ethernet)



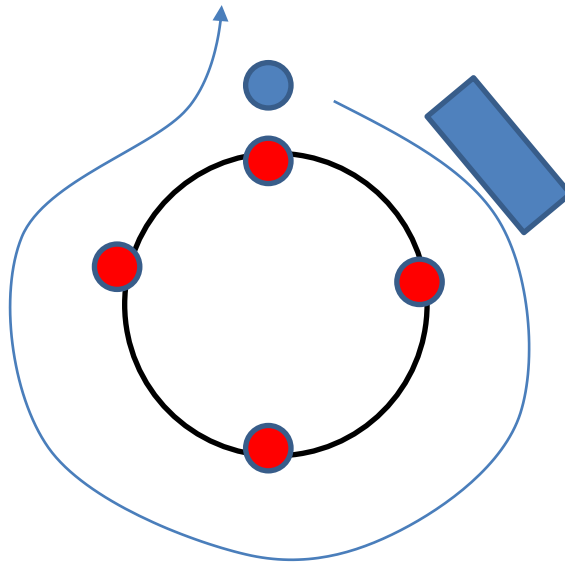
$$T_{min} > 2 T$$

Anneau à jeton

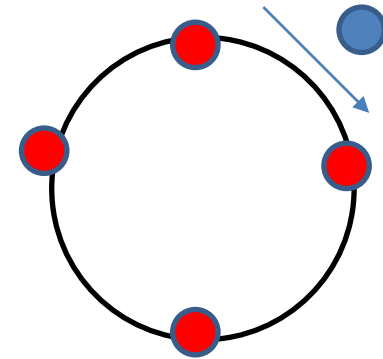
Capture du
jeton



Emission /
destruction



Abandon
du jeton



Charge Utile (0...1) = $1 - t_{pd} \times \text{Nombre_de_Jetons} / s$

t_{pd} temps de propagation

Il faut $N \times t_{pd} \ll 1$, $N \ll 1/t_{pd}$

Exemple

- Anneau Terrestre

- $D = 40,000 \text{ km}$, $t_{pd} = 40,000 / 300,000 = 0,133 \text{ s}$

- $N < 7,5 \text{ jetons /s}$

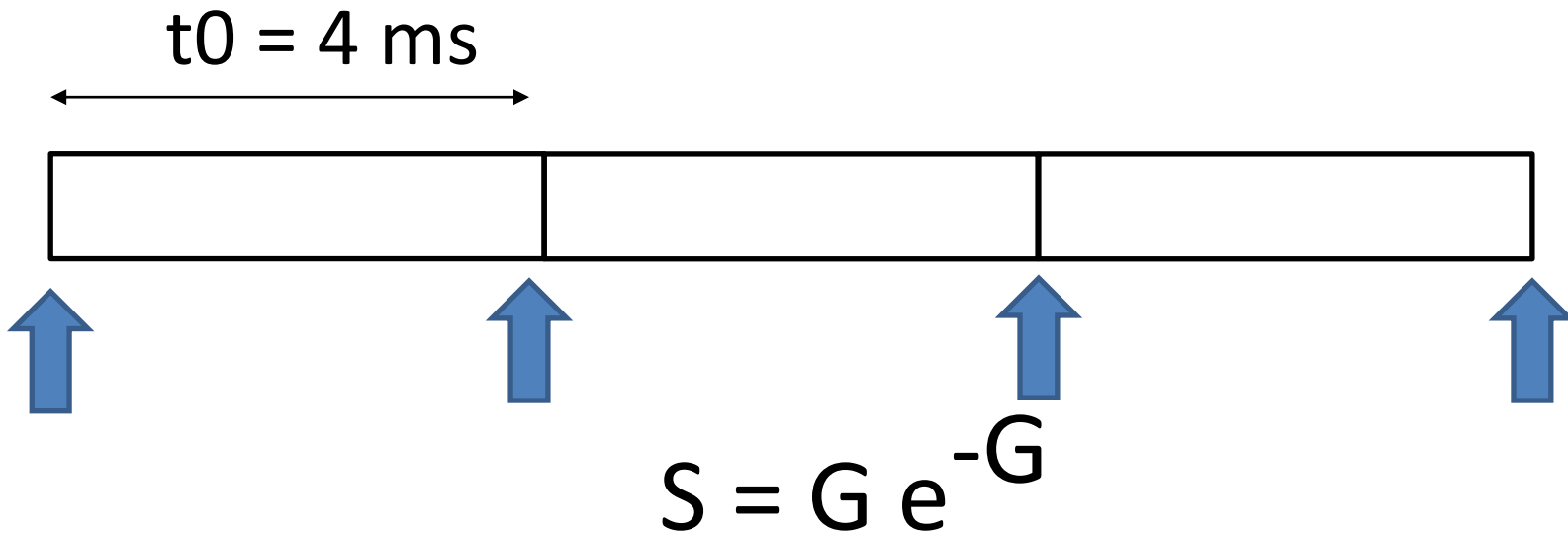
- Anneau Géostationnaire

- $D = 2 \times 36,000 \text{ Km} = 72,000 \text{ km}$

- $t_{pd} = 200,000 / 300,000 = 0,66 \text{ s}$

- $N < 1,5 \text{ jetons /s}$

Aloha (synchrone)



S = nombre moyen de trames sans collision par durée de trame (t_0) $0 < S < 1$

G = nombre moyen de tentatives d'émission par durée de trame (t_0) $G > 0$

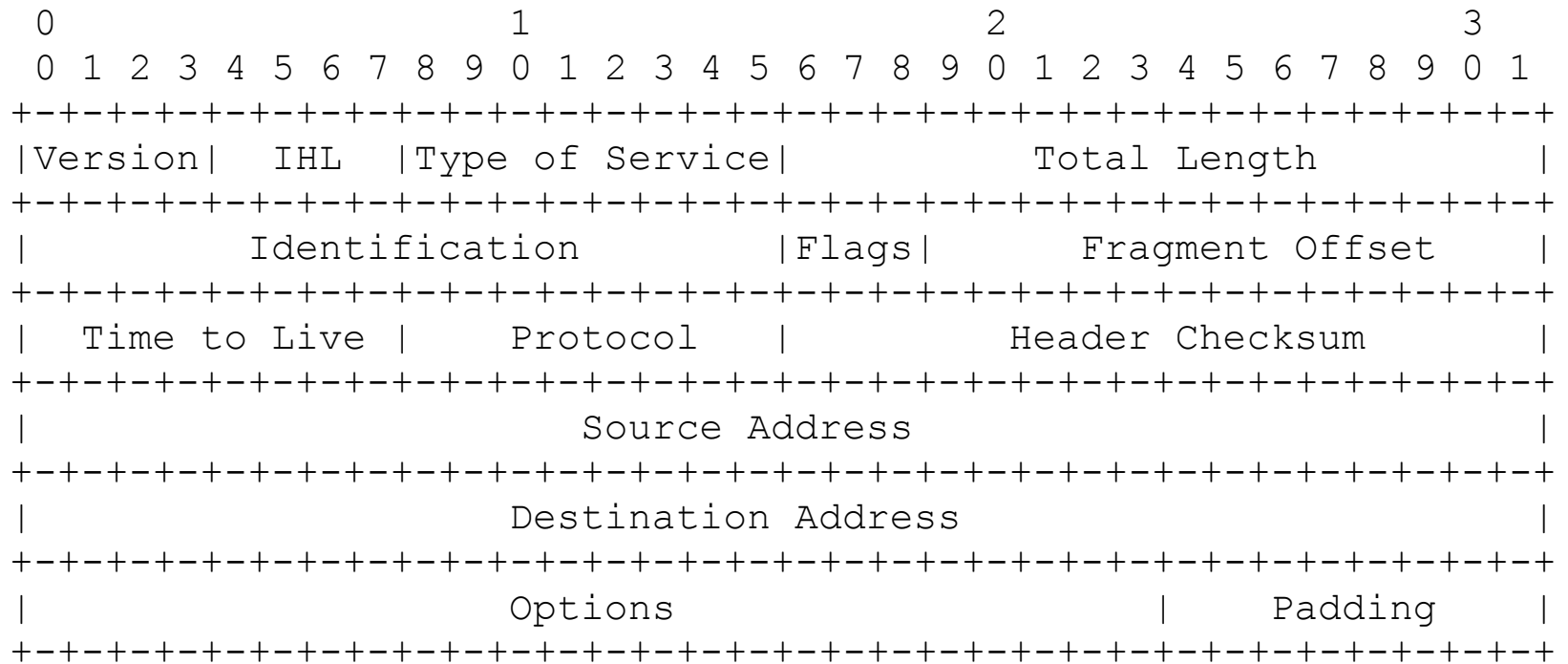
$G=1, S= 1/e \approx 0,4$

$G=2 S= 2 / e^2 = 0,3$

Trame Ethernet

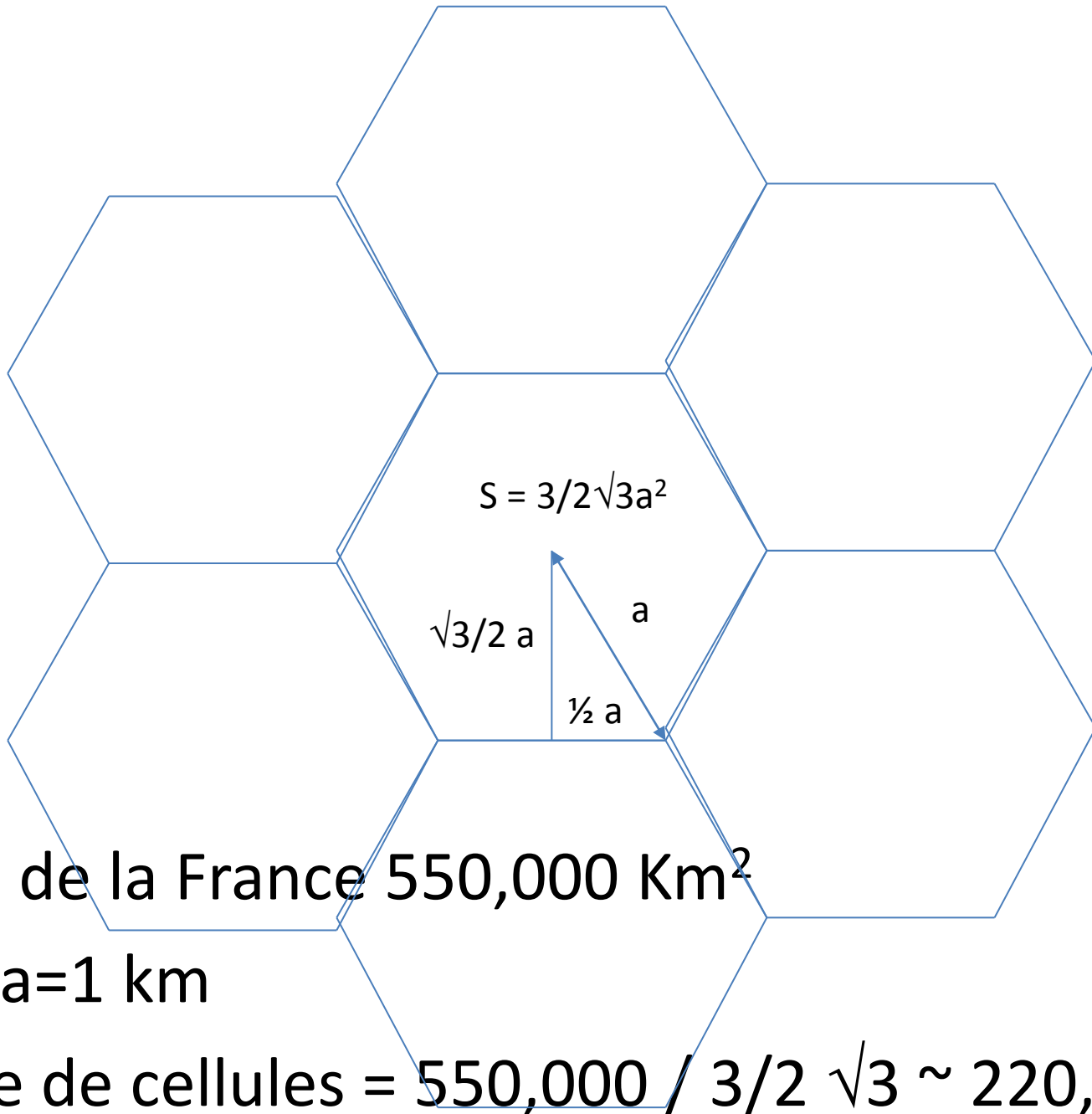
- DA, Adresse MAC de destination, 6 octets
- SA, Adresse MAC de source, 6 octets
- Longueur/type (2 octets)
 - Ethernet : type, 0800=IP, 0806=ARP
 - IEEE 802.3: Longueur (<0800=2048)
 - SNAP: AA AA 03 00 00 00 type (2 octets)
 - AA AA 03 00 00 00 0800 pour IP
- Information
- Octets optionnels de bourrage (padding bytes)
- CRC

En tête IP (20 octets)



En tête TCP (20 octets)

Port Source							Port Destination						
Numéro de séquence													
Numéro d'acquittement													
taille en tête 4 bits	6 bits RFU	u r g	a c k	p r h	s s t	f i n	taille de fenêtre (16 bits)						
Somme de contrôle TCP							pointeur urgent						
Options													



- Surface de la France 550,000 Km²
- Rayon, $a=1$ km
- Nombre de cellules = $550,000 / \frac{3}{2} \sqrt{3} \sim 220,000$

Une trace de session HTTP

- netscape 129.182.52.66
- <http://129.182.52.206/cgi-dos-add?>

Connexion TCP

IPseq#14224

129.182.52.66:1045 => 129.182.52.206:80

seq#= 2222325760 ack#= 1 win= 4096 **SYN**

```
02 60 8C 40 C1 20 00 00 C0 22 CB AE 08 00 45 00
00 2C 37 90 00 00 3C 06 DA BF 81 B6 34 42 81 B6
34 CE 04 15 00 50 84 76 00 00 00 00 00 01 60 02
10 00 92 CD 00 00 02 04 05 B4 00 00
```

IPseq#29918

129.182.52.206:80 => 129.182.52.66:1045

seq#= 630019433 ack#= 2222325761 win= 8712 **SYN ACK**

```
00 00 C0 22 CB AE 02 60 8C 40 C1 20 08 00 45 00
00 2C 74 DE 40 00 20 06 79 71 81 B6 34 CE 81 B6
34 42 00 50 04 15 25 8D 55 69 84 76 00 01 60 12
22 08 05 C7 00 00 02 04 05 AC
```

IPseq#14225

129.182.52.66:1045 => 129.182.52.206:80

seq#= 2222325761 ack#= 630019434 win= 4096 **ACK**

```
02 60 8C 40 C1 20 00 00 C0 22 CB AE 08 00 45 00
00 28 37 91 00 00 3C 06 DA C2 81 B6 34 42 81 B6
34 CE 04 15 00 50 84 76 00 01 25 8D 55 6A 50 10
10 00 2F 84 00 00
```

Requête HTTP 1/1

length= 282 IPseq#14226

129.182.52.66:1045 => 129.182.52.206:80

seq#= 2222325761 ack#= 630019434 win= 4096 **PSH**

ACK

```
02 60 8C 40 C1 20 00 00 C0 22 CB AE 08 00 45 00
01 0C 37 92 00 00 3C 06 D9 DD 81 B6 34 42 81 B6
34 CE 04 15 00 50 84 76 00 01 25 8D 55 6A 50 18
10 00 8A A4 00 00 47 45 54 20 2F 63 67 69 2D 64
6F 73 2D 61 64 64 3F 20 48 54 54 50 2F 31 2E 30
0D 0A 52 65 66 65 72 65 72 3A 20 68 74 74 70 3A
2F 2F 31 32 39 2E 31 38 32 2E 35 32 2E 32 30 36
2F 63 67 69 2D 64 6F 73 2D 61 64 64 3F 0D 0A 43
```

.....

IPseq#30174

129.182.52.206:80 => 129.182.52.66:1045

seq#= 630019434 ack#= 2222325989 win= 8484 **ACK**

```
00 00 C0 22 CB AE 02 60 8C 40 C1 20 08 00 45 00
00 28 75 DE 40 00 20 06 78 75 81 B6 34 CE 81 B6
34 42 00 50 04 15 25 8D 55 6A 84 76 00 E5 50 10
21 24 1D 7C 00 00
```

Réponse HTTP 1/2

length= 254 IPseq#30430

129.182.52.206:80 => 129.182.52.66:1045

seq#= 630019434 ack#= 2222325989 win= 8484 PSH ACK

```
00 00 C0 22 CB AE 02 60 8C 40 C1 20 08 00 45 00
00 F0 76 DE 40 00 20 06 76 AD 81 B6 34 CE 81 B6
34 42 00 50 04 15 25 8D 55 6A 84 76 00 E5 50 18
21 24 86 41 00 00 48 54 54 50 2F 31 2E 30 20 32
30 30 20 4F 4B 0D 0A 53 65 72 76 65 72 3A 20 57
73 70 6C 75 67 2F 33 2E 30 0D 0A 43 6F 6E 74 65
6E 74 2D 54 79 70 65 3A 20 74 65 78 74 2F 68 74
6D 6C 0D 0A 0D 0A 3C 68 74 6D 6C 3E 0D 0A 3C 68
```

.....

IPseq#14227

129.182.52.66:1045 => 129.182.52.206:80

seq#= 2222325989 ack#= 630019634 win= 3896 ACK

```
02 60 8C 40 C1 20 00 00 C0 22 CB AE 08 00 45 00
00 28 37 93 00 00 3C 06 DA C0 81 B6 34 42 81 B6
34 CE 04 15 00 50 84 76 00 E5 25 8D 56 32 50 10
0F 38 2E A0 00 00
```

Réponse HTTP 2/2

length= 89 IPseq#30686

129.182.52.206:80 => 129.182.52.66:1045

seq#= 630019634 ack#= 2222325989 win= 8484 PSH ACK

00 00 C0 22 CB AE 02 60 8C 40 C1 20 08 00 45 00

00 4B 77 DE 40 00 20 06 76 52 81 B6 34 CE 81 B6

34 42 00 50 04 15 25 8D 56 32 84 76 00 E5 50 18

21 24 74 34 00 00 75 62 6D 69 74 3E 0D 0A 3C 48

52 3E 0D 0A 57 73 70 6C 75 67 3C 2F 62 6F 64 79

3E 3C 2F 68 74 6D 6C 3E 1A

Déconnexion

IPseq#30942

129.182.52.206:80 => 129.182.52.66:1045

seq#= 630019669 ack#= 2222325989 win= 8484 FIN ACK

00 00 C0 22 CB AE 02 60 8C 40 C1 20 08 00 45 00
00 28 78 DE 40 00 20 06 75 75 81 B6 34 CE 81 B6
34 42 00 50 04 15 25 8D 56 55 84 76 00 E5 50 11
21 24 1C 90 00 00

IPseq#14228

129.182.52.66:1045 => 129.182.52.206:80

seq#= 2222325989 ack#= 630019670 win= 3861 ACK

02 60 8C 40 C1 20 00 00 C0 22 CB AE 08 00 45 00
00 28 37 94 00 00 3C 06 DA BF 81 B6 34 42 81 B6
34 CE 04 15 00 50 84 76 00 E5 25 8D 56 56 50 10
0F 15 2E 9F 00 00

IPseq#14229

129.182.52.66:1045 => 129.182.52.206:80

seq#= 2222325989 ack#= 0 win= 0 RST

02 60 8C 40 C1 20 00 00 C0 22 CB AE 08 00 45 00
00 28 37 95 00 00 3C 06 DA BE 81 B6 34 42 81 B6
34 CE 04 15 00 50 84 76 00 E5 00 00 00 00 50 04
00 00 B9 A3 00 00