

**Examen 3I014 « Réseaux »**  
**Mardi 9 Janvier 2018 – Durée : 2 heures**

Sont autorisées : 1 feuille A4 manuscrite recto/verso, 1 calculatrice (téléphone interdit)

Voici :

- 4 feuilles contenant les énoncés et les zones de réponse à compléter (sans déborder). **Vous devez reporter votre numéro d'anonymat sur chacune des feuilles.**
- 2 feuilles d'annexe que vous pouvez détacher.

**Exercice 1 : Questions de cours (5 points)**

1. Quel est l'objectif de la décomposition en série de Fourier ? Pourquoi est-elle importante dans le domaine des réseaux ?

2. Quelle est la différence entre les trois techniques de modulation suivantes : modulation d'amplitude, modulation de fréquence et modulation de phase ?

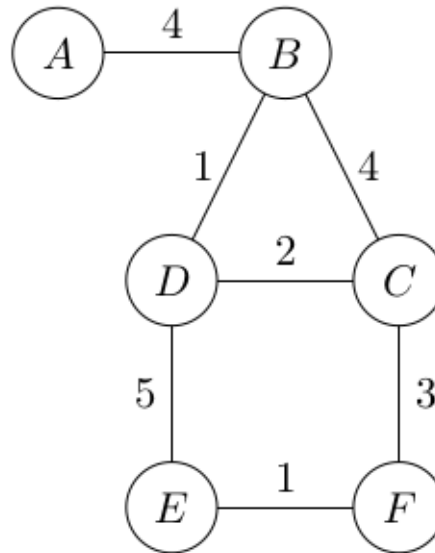
3. Quelle est la différence entre le temps de transmission, le temps de propagation et le temps de transfert si nous considérons le transfert d'une trame sur une liaison ? Comment ces temps sont-ils calculés ?

4. Quelle est la différence entre les protocoles de routage à vecteur de distance et les protocoles de routage à état de lien ?

5. Quelle est la différence entre un réseau en mode connecté (de type circuit virtuel) et un réseau en mode non-connecté (de type datagramme) ?

## Exercice 2 : Routage (5 points)

On considère le réseau de la figure ci-dessous. Les valeurs indiquées correspondent au temps de propagation, en ms, sur le lien correspondant.



1. En supposant que tous les nœuds s'allument d'un coup, donnez tous les LSP envoyés par B.

2. Appliquez l'algorithme de Dijkstra sur ce réseau pour le nœud B. Indiquez dans quel ordre les sommets ont été traités par l'algorithme et dessinez l'arbre couvrant obtenu pour le nœud B.

3. Est-il possible de concevoir un réseau tel que deux applications de l'algorithme de Dijkstra sur le même nœud donnent deux arbres couvrants différents ? Justifiez.

4. Nommez et détaillez un autre algorithme de routage.

5. Donnez la table de routage de B contenant pour chaque destination possible, le prochain nœud, le chemin complet et son coût.

6. Comment réagit le réseau si le lien CD tombe en panne ?

### Exercice 3 : IP (5 points)

Une petite entreprise obtient de son ISP le réseau 195.87.12.64/26.

1. De quelle plage d'adresses IP peut-elle disposer ?

On suppose dans un premier temps que l'entreprise ne subdivise pas son réseau en sous-réseaux.

2. Combien d'équipements (machines ou routeurs) l'entreprise peut-elle connecter sur son réseau ?

On suppose maintenant que l'entreprise souhaite diviser son réseau en sous-réseaux en utilisant un masque en /28.

3. En combien de sous-réseaux, au maximum, pourra-t-elle décomposer son réseau ?

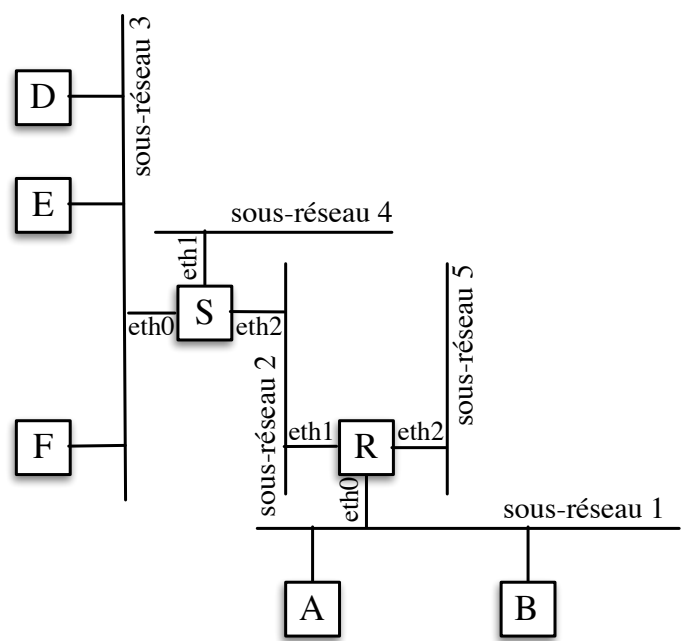
4. Donner l'adresse IP de tous ses sous-réseaux avec le masque / correspondant, ainsi que l'adresse de multi-diffusion (broadcast) sur chacun de ces sous-réseaux.

@sous-réseau :	@broadcast :

5. Combien d'équipements (machines ou routeurs) peut-elle connecter sur chacun de ses sous-réseaux ?

6. Pourquoi, si on multiplie le nombre d'équipements par sous-réseau (question 5), par le nombre de sous-réseaux (question 3), on n'obtient pas le résultat de la question 2 ?

On considère finalement que le réseau de l'entreprise est subdivisé en 5 sous-réseaux suivant le schéma suivant :



Les 5 sous-réseaux de l'entreprise sont reliés entre eux par 2 routeurs, R et S, ayant chacun 3 ports (cartes Ethernet), nommés eth0, eth1 et eth2. 5 machines sont représentées sur le schéma. Les machines A et B sont sur le sous-réseau 1. Les machines D, E et F sont sur le sous-réseau 3.

On notera symboliquement **etX** l'adresse Ethernet de la machine X et **etYj** l'adresse Ethernet du routeur Y sur son port ethj. Ainsi **etA** est l'adresse Ethernet de la machine A et **etR0** est l'adresse Ethernet du routeur R sur son port eth0 (connecté au sous-réseau 1).

L'adresse Ethernet multi-diffusion (BroadCast) sur un sous-réseau sera notée **etBC**.

De la même manière, on notera symboliquement **ipX** l'adresse IP de la machine X et **ipYj** l'adresse IP du routeur Y sur le sous-réseau connecté à son port ethj.

7. Remplir les champs (non grisés) des neufs trames circulant sur les sous-réseaux 1, 2 et 3, nécessaires afin que A puisse envoyer un datagramme IP à D. On supposera que le cache ARP de toutes les machines et de tous les routeurs sont vides. Les colonnes 2 et 3 contiennent les adresses Ethernet Destination et Source de la trame (dans cet ordre). La quatrième colonne indique ce qu'encapsule la trame (requête ARP, réponse ARP ou datagramme IP). La colonne 5 n'est à remplir que si la trame encapsule une requête ARP et contient l'adresse IP de la machine dont on veut connaître l'adresse Ethernet. La colonne 6 n'est à remplir que si la trame encapsule une réponse ARP et contient l'adresse Ethernet recherchée. Les trois dernières colonnes ne sont à remplir que si la trame encapsule un datagramme IP et contiennent les adresses IP Source et Destination (dans cet ordre), ainsi que le TTL.

Trame	@Ethernet Dest.	@Ethernet Source	Paquet encapsulé	si Requête ARP	si Réponse ARP	si Datagramme IP		
				@IP Target	@Ethernet Sender	@IP Source	@IP Dest.	TTL
1			Requête ARP					
2			Réponse ARP					
3			DT IP					128
4			Requête ARP					
5			Réponse ARP					
6			DT IP					
7			Requête ARP					
8			Réponse ARP					
9			DT IP					

#### Exercice 4 : TCP et décodage (5 points)

La vie d'une connexion TCP a été capturée avec Wireshark. La trace, constituée de 8 trames Ethernet (sans préambule ni CRC), est donnée plus bas, avec le schéma de l'échange. Certains octets ont été volontairement masqués. Le champ TTL du protocole IP est initialisé à 128 sur les deux machines en communication.

1. Quel est le protocole applicatif utilisé ? Justifier.

2. Quelle est l'adresse IP (en décimal pointé) du poste client ? Justifier.

3. Quelle est l'adresse IP (en décimal pointé) du serveur ? Justifier.

4. Combien de routeurs séparent le serveur du client. Justifier.

5. A qui appartient l'adresse Ethernet 3a:b7:9b:5f:47:cc ? Justifier.

6. A qui appartient l'adresse Ethernet 00:1b:77:d2:d2:27 ? Justifier.

7. Y-a-t-il des options IP ? Si oui, indiquer dans quelles trames et la longueur totale de ces options ; si non, justifier.

8. Y-a-t-il des options TCP ? Si oui, indiquer dans quelles trames et la longueur totale de ces options ; si non, justifier.

9. Combien y-a-t-il d'octets de données TCP véhiculées dans la trame 4 ? Justifier.

10. Combien y-a-t-il d'octets de données TCP véhiculées dans la trame 5 ? Justifier.

11. Compléter le tableau suivant avec les valeurs en hexadécimal des numéros de séquence et d'acquittement des segments TCP véhiculés dans les huit trames.

trame	Numéro de séquence	Numéro d'acquittement
1		
2		e0 9c 62 08
3		a7 c4 22 d5
4	e0 9c 62 08	
5		
6		
7		a7 c4 24 6e
8		



## Annexe : Trace

## Trame 1

```

0000  3a b7 9b 5f 47 cc 00 1b 77 d2 d2 27 08 00 45 00  :.._G...w..'..E.
0010  00 34 6a db 40 00 80 06 d8 93 52 e4 7e 89 50 76  .4j.@.....R.~.Pv
0020  95 71 d4 03 00 50  [REDACTED] [REDACTED] 80 02  .q...P..b.....
0030  20 00 80 c9 00 00 02 04 05 b4 01 03 03 02 01 01  .....
0040  04 02  ..

```

**Trame 2**

```

0000  00 1b 77 d2 d2 27 3a b7 9b 5f 47 cc 08 00 45 00  ..w..'':..._G...E.
0010  00 34 5f f2 00 00 73 06 30 7d 50 76 95 71 52 e4  .4_...s.0}Pv.qR.
0020  7e 89 00 50 d4 03  e0 9c 62 08 80 12  ~..P...."...b...
0030  40 00 96 71 00 00  02 04 05 64 01 03 03 00 01 01  @..q.....d.....
0040  04 02  ..

```

### Trame 3

```

0000  3a b7 9b 5f 47 cc 00 1b 77 d2 d2 27 08 00 45 00  :.._G...w...'..E.
0010  00 28 6a dc 40 00 80 06 d8 9e 52 e4 7e 89 50 76  .(j.@.....R.~.Pv
0020  95 71 d4 03 00 50  [REDACTED] a7 c4 22 d5 50 10  .q...P..b..."..P.
0030  10 2c 06 c1 00 00 00 00 00 00 00 00  :.....

```

**Trame 4**

0000	3a	b7	9b	5f	47	cc	00	1b	77	d2	d2	27	08	00	45	00	...	G...w...'..E.
0010	01	f9	6a	dd	40	00	80	06	d6	cc	52	e4	7e	89	50	76	..j_@.....R.~.Pv	
0020	95	71	d4	03	00	50	e0	9c	62	08					50	18	.q...P..b..."P.	
0030	10	2c	6d	b9	00	00	47	45	54	20	2f	68	69	74	2e	78	.,m...GET /hit.x	
0040	69	74	69	3f	73	3d	36	33	33	39	30	26	73	32	3d	31	iti?s=63390&s2=1	
0050	26	70	3d	48	4f	4d	45	5f	4e	49	56	32	62	69	73	26	&p=HOME_NIV2bis	
0060	68	6c	3d	31	39	78	32	78	32	39	26	72	3d	31	32	38	hl=19x2x29&r=128	
0070	30	78	38	30	30	78	75	6e	64	65	66	69	6e	65	64	78	0x800xundefinedx	
0080	33	32	26	72	65	66	3d	68	74	74	70	3a	2f	2f	72	61	32&ref=http://ra	
0090	74	70	2e	66	72	2f	63	72	69	73	65	2f	69	6e	64	65	tp.fr/crise/inde	
00a0	78	5f	6e	69	76	32	2e	68	74	6d	20	48	54	54	50	2f	x_niv2.htm HTTP/	
00b0	31	2e	31	0d	0a	41	63	63	65	70	74	3a	20	2a	2f	2a	1.1..Accept: /*	
00c0	0d	0a	52	65	66	65	72	65	72	3a	20	68	74	74	70	3a	..Referer: http:	
00d0	2f	2f	72	61	74	70	2e	66	72	2f	63	72	69	73	65	2f	//ratp.fr/crise/	
00e0	63	65	6e	74	65	72	5f	6e	69	76	32	2e	68	74	6d	0d	center_niv2.htm.	
00f0	0a	41	63	63	65	70	74	2d	4c	61	6e	67	75	61	67	65	.Accept-Language	
0100	3a	20	66	72	0d	0a	55	41	2d	43	50	55	3a	20	78	38	: fr..UA-CPU: x8	
0110	36	0d	0a	41	63	63	65	70	74	2d	45	6e	63	6f	64	69	6..Accept-Encodi	
0120	6e	67	3a	20	67	7a	69	70	2c	20	64	65	66	6c	61	74	ng: gzip, deflat	
0130	65	0d	0a	55	73	65	72	2d	41	67	65	6e	74	3a	20	4d	e..User-Agent: M	
0140	6f	7a	69	6c	6c	61	2f	34	2e	30	20	28	63	6f	6d	70	ozilla/4.0 (comp	
0150	61	74	69	62	6c	65	3b	20	4d	53	49	45	20	37	2e	30	atible; MSIE 7.0	
0160	3b	20	57	69	6e	64	6f	77	73	20	4e	54	20	36	2e	30	; Windows NT 6.0	
0170	3b	20	53	4c	43	43	31	3b	20	2e	4e	45	54	20	43	4c	; SLCC1; .NET CL	
0180	52	20	32	2e	30	2e	35	30	37	32	37	3b	20	2e	4e	45	R 2.0.50727; .NE	
0190	54	20	43	4c	52	20	33	2e	30	2e	30	34	35	30	36	29	T CLR 3.0.04506)	
01a0	0d	0a	48	6f	73	74	3a	20	6c	6f	67	63	35	2e	78	69	..Host: logc5.xi	
01b0	74	69	2e	63	6f	6d	0d	0a	43	6f	6e	6e	65	63	74	69	ti.com..Connecti	
01c0	6f	6e	3a	20	4b	65	65	70	2d	41	6c	69	76	65	0d	0a	on: Keep-Alive..	
01d0	43	6f	6f	6b	69	65	3a	20	69	64	72	78						

**Trame 5**

0000	00	1b	77	d2	d2	27	3a	b7	9b	5f	47	cc	08	00	45	00	..w..'':..._G...E.	
0010	01	c0	60	6b	40	00	73	06	ee	77	50	76	95	71	52	e4	..`k@s...wPv.qR.	
0020	7e	89	00	50	d4	03									50	18	~..P...."....c.P.	
0030	fe	2e	f2	8d	00	00	48	54	54	50	2f	31	2e	31	20	32	.....HTTP/1.1 2	
0040	30	30	20	4f	4b	0d	0a	43	6f	6e	74	65	6e	74	2d	4c	00 OK..Content-L	
0050	65	6e	67	74	68	3a	20	34	33	0d	0a	43	6f	6e	74	65	ength: 43..Conte	
0060	6e	74	2d	54	79	70	65	3a	20	69	6d	61	67	65	2f	47	nt-Type: image/G	
0070	49	46	0d	0a	4c	61	73	74	2d	4d	6f	64	69	66	69	65	IF..Last-Modifie	
0080	64	3a	20	54	75	65	2c	20	31	39	20	4f	63	74	20	32	d: Tue, 19 Oct 2	
0090	30	30	34	20	31	30	3a	34	31	3a	30	37	20	47	4d	54	004 10:41:07 GMT	
00a0	0d	0a	41	63	63	65	70	74	2d	52	61	6e	67	65	73	3a	..Accept-Ranges:	
00b0	20	62	79	74	65	73	0d	0a	45	54	61	67	3a	20	22	62	bytes..ETag: "b	
00c0	61	33	36	32	34	32	34	63	38	62	35	63	34	31	3a	35	a362424c8b5c41:5	
00d0	36	66	22	0d	0a	53	65	72	76	65	72	3a	20	4d	69	63	6f"..Server: Mic	
00e0	72	6f	73	6f	66	74	2d	49	49	53	2f	36	2e	30	0d	0a	rosoft-IIS/6.0..	
00f0	50	33	50	3a	20	70	6f	6c	69	63	79	72	65	66	3d	22	P3P: policyref="	
0100	68	74	74	70	3a	2f	2f	6c	6f	67	63	35	2e	78	69	74	http://logc5.xit	
0110	69	2e	63	6f	6d	2f	77	33	63	2f	70	33	70	2e	78	6d	i.com/w3c/p3p.xml	
0120	6c	22	2c	43	50	3d	22	4e	4f	4e	20	44	53	50	20	43	l",CP="NON DSP C	
0130	4f	52	20	43	55	52	61	20	50	53	41	20	50	53	44	20	OR CURa PSA PSD	
0140	4f	55	52	20	42	55	53	20	4e	41	56	20	53	54	41	22	OUR BUS NAV STA"	
0150	0d	0a	58	2d	50	6f	77	65	72	65	64	2d	42	79	3a	20	..X-Powered-By:	
0160	41	53	50	2e	4e	45	54	0d	0a	44	61	74	65	3a	20	4d	ASP.NET..Date: M	
0170	6f	6e	2c	20	31	39	20	4e	6f	76	20	32	30	30	37	20	on, 19 Nov 2007	
0180	31	38	3a	30	33	3a	32	37	20	47	4d	54	0d	0a	43	6f	18:03:27 GMT..Co	
0190	6e	6e	65	63	74	69	6f	6e	3a	20	63	6c	6f	73	65	0d	nnnection: close.	
01a0	0a	0d	0a	47	49	46	38	39	61	01	00	01	00	80	ff	00	...GIF89a.....	
01b0	c0	c0	c0	00	00	00	21	f9	04	01	00	00	00	00	00	2c	00	.....!.....,.
01c0	00	00	00	01	00	01	00	00	02	02	44	01	00	00	3b			.....D..;

**Trame 6**

0000	00	1b	77	d2	d2	27	3a	b7	9b	5f	47	cc	08	00	45	00	..w..'':..._G...E.
0010	00	28	60	6c	40	00									52	e4	.(`l@s...Pv.qR.
0020	7e	89	00	50	d4	03	a7	c4	24	6d	e0	9c	63	d9	50	11	~..P....\$m...c.P.
0030	fe	2e	15	54	00	00	00	00	00	00	00	00					...T.....

**Trame 7**

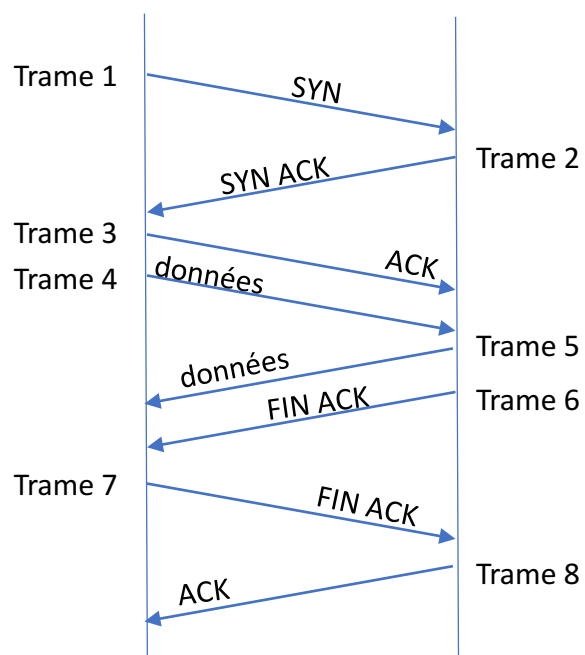
0000	3a	b7	9b	5f	47	cc	00	1b	77	d2	d2	27	08	00	45	00	:..._G....w..'..E.
0010	00	28	6a	df	40	00					52	e4	7e	89	50	76	.(j.@.....R.~.Pv
0020	95	71	d4	03	00	50	e0	9c	63	d9	a7	c4	24	6e	50	11	.q...P...c...\$nP.
0030	0f	c6	03	bc	00	00	00	00	00	00	00	00					.....

**Trame 8**

0000	00	1b	77	d2	d2	27	3a	b7	9b	5f	47	cc	08	00	45	00	..w..'':..._G...E.
0010	00	28	60	e5	40	00									52	e4	.(`.@...Pv.qR.
0020	7e	89	00	50	d4	03	a7	c4	24	6e	e0	9c	63	da	50	10	~..P....\$n...c.P.
0030	fe	2e	15	53	00	00	00	00	00	00	00	00					...S.....

## Annexe : Schéma de l'échange de la trace

---



## Annexe : Décodage

### Structure d'une trame Ethernet

```
.64bits--+48bits---+48bits---+16b--+ - - - +32b--.
.(Préam)| adresse | adresse |type| données |(CRC).
.      | dest.   | source  |   |         |
.-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----.
```

Quelques types : 0x0800 = DoD Internet (IP)  
0x0806 = ARP  
0x8035 = RARP

### Structure d'un paquet ARP

```
<-----32bits----->
<--8bits--><--8bits--><-----16bits----->
+-----+-----+-----+
| Hardware | Protocol |
+-----+-----+-----+
| Hlen     | Plen     | Operation |
+-----+-----+-----+
| Sender HA (bytes 0-3) |
+-----+-----+-----+
| Sender HA (bytes 4-5) | Sender IA (bytes 0-1) |
+-----+-----+-----+
| Sender IA (bytes 2-3) | Sender HA (bytes 0-1) |
+-----+-----+-----+
| Target HA (bytes 2-5) |
+-----+-----+-----+
| Target IA (bytes 0-3) |
+-----+-----+-----+
```

Hardware = type d'interface physique

ex : 0x0001 pour Ethernet

Protocol = type de protocole pour lequel une requête a été émise

ex : 0x0800 pour IP

Hlen = lg de l'adresse physique (en octets)

Plen = lg de l'adresse protocolaire (en octets)

Operation = type d'opération à effectuer par le récepteur

ex : 0x0001 pour une requête ARP

0x0002 pour une réponse ARP

Sender HA = adresse physique (Ethernet) de l'émetteur

Sender IA = adresse protocolaire (IP) de l'émetteur

Target HA = adresse physique (Ethernet) du récepteur

Target IA = adresse protocolaire (IP) du récepteur

### Structure d'un paquet IP

```
<-----32bits----->
<4b--><4b--><--8bits--><-----16bits----->
+-----+-----+-----+
| Ver | IHL | TOS | Lg. totale (en octets) |
+-----+-----+-----+
| Identificateur | Fl | FO |
+-----+-----+-----+
| TTL | Protocole | Checksum(en-tête) |
+-----+-----+-----+
| Adresse Source |
+-----+-----+-----+
| Adresse Destination |
+-----+-----+-----+
| ... | Options | ... |
+-----+-----+-----+
| ... | Données | ... |
+-----+-----+-----+
```

Ver = Version d'IP

IHL = Longueur de l'en-tête IP (en mots de 4 octets)

TOS = Type de service (zéro généralement)

Fl (3 premiers bits) = Bits pour la fragmentation

\* 1er = réservé

\* 2ème = DF (Ne pas fragmenter)

\* 3ème = MF (Fragment suivant existe)

FO (13 bits suivants) = Position relative du fragment dans le datagramme initial (déplacement exprimé en mots de 8 octets (seuls un datagramme complet ou un premier fragment peuvent avoir ce champ à 0))

TTL = Durée de vie restante

Protocole = protocole transporté

ex : 1 = ICMP

2 = IGMP

6 = TCP

8 = EGP

11 = GLOUPS

17 = UDP

89 = OSPF

### Structure d'un message UDP

```
<-----32bits----->
+-----+-----+-----+
| Port Source | Port Destination |
+-----+-----+-----+
| Longueur | Checksum (msg) |
+-----+-----+-----+
| ... | Données | ... |
+-----+-----+-----+
```

### Structure d'un segment TCP

```
<-----32bits----->
<4b--> <-6bits--><-----16bits----->
+-----+-----+-----+
| Port Source | Port Destination |
+-----+-----+-----+
| Numéro de Séquence |
+-----+-----+-----+
| Numéro d'Acquittement |
+-----+-----+-----+
| THL | | Flags | Taille Fenêtre |
+-----+-----+-----+
| Checksum (msg) | Pointeur d'urgence |
+-----+-----+-----+
| ... | Options | ... |
+-----+-----+-----+
| ... | Données | ... |
+-----+-----+-----+
```

THL = Longueur de l'entête TCP sur 4 bits (en mots de 4 octets)

Flags = indicateur codé sur 6 bits, de gauche à droite

- \* 1er = URG (Données urgentes)
- \* 2ème = ACK (Acquittement)
- \* 3ème = PSH (Données immédiates)
- \* 4ème = RST (Réinitialisation)
- \* 5ème = SYN (Synchronisation)
- \* 6ème = FIN

Options = suite d'options codées sur

\* un seul octet :

00 = Fin des options

01 = NOP (pas d'opération)

\* plusieurs octets, avec un codage TLV

T = un octet pour le type de l'option

2 Négociation de la taille max. du segment

3 Adaptation de la taille de la fenêtre

4 Autorisation des acquittements sélectifs

8 Estampilles temporelles

L = un octet pour la taille totale de l'option

V = valeur de l'option (sur L-2 octets)

### Services associés aux ports

ftp-data	20/tcp
ftp	21/tcp
ssh	22/tcp
telnet	23/tcp
smtp	25/tcp
dns	53/udp
www	80/tcp
pop-3	110/tcp
imap	143/tcp
bgp	179/tcp
snmp	161/udp