

6 Sonet, le réseau optique synchrone.

6.1 Introduction.

Etudié initialement dans la société Bellcore (Bell Communications Research, Livingston N.J.) par R.J. Bohn et Y.C. Ching ce mécanisme de transport a été proposé au comité T1 de l'ANSI à la fin de 1984 et présenté à Hambourg (RFA) en 1987 dans une réunion technique.

Le mot Sonet est un acronyme de Synchronous Optical NETWORK, c'est un ensemble de normes ANSI dont T1.105, T1.107, T1.117; c'est l'un des protocoles les plus répandus aux USA; il est à l'origine des SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).

La première structure appelée STS-1 (Synchronous Transport Signal level) était une trame de 60 colonnes sur 13 rangées émise en 125 μ s soit un débit de 49,920 Mb/s.

Les deux premières colonnes portaient le SOH et la charge utile était sur les 58 restantes.

Elle permettait le transport des informations des réseaux PDH américains soit : 1 x DS-3 (44,736 Mb/s), soit 28 x DS-1 (1,544 Mb/s x 28 = 43,232 Mb/s) par mappage dans une charge utile.

Après discussion avec les représentants de l'Europe qui avaient fixé la composition de la STM-1 (155,520 Mb/s, soit 270 colonnes x 9 rangées dont 9 colonnes de SOH), la STS-1 a été redéfinie de manière à être incluse, en groupe de 3, dans la STM-1 permettant ainsi l'interconnexion des réseaux Américain et Européen; une trame STM-1 présente la même capacité de transport que 3 trames STS-1 ou qu'une trame STS-3.

La nouvelle STS-1 se compose maintenant de 90 colonnes de 9 rangées au débit de 51,84 Mb/s; sa charge utile (87 colonnes x 9 rangées) serait incorporable dans une AU-3 et, en étant concaténée 3 fois (STS-3c), dans une AU-4.

LA TRAME DE BASE (plus petite unité de transport définie) s'appelle: STS-1 (ou OC-1 en optique), elle est utilisée sur un canal initial à un débit total de 51,84 Mb/s .

Le débit de base du plus petit conteneur est de 1,544 Mb/s (USA), il est déterminé par des trames de 193 bits émises 8000 fois par seconde.

Dans une configuration de transport SDH les trames sont réduites à 192 bits, le 193ème bit, dit de synchronisation de trame, n'étant plus nécessaire.

Les regroupements de canaux s'effectuent par multiplexages sur niveau supérieur, chaque niveau est désigné par STS ou OC suivi du N° du niveau ou N° d'ordre.

Les blocs de niveaux supérieurs sont constitués de plusieurs trames de base entrelacées au niveau octet à une vitesse multiple de celle du niveau de base, le multiple étant identifié par le N° (ou ordre) du niveau.

L'appellation STS considère les signaux avant conversion optique, OC considère les signaux en optique.

STS-1 = Synchronous Transport Signal level 1; OC-1 = Optical Carrier level 1

STM : désignation UIT-T d'un groupement SDH.

Des conteneneurs virtuels SDH peuvent être transportés dans Sonet.

6.2 Définition des débits.

Le débit de base de Sonet est de 51,84 Mb/s, c'est celui de la trame de base STS-1 ou OC-1.

Tableau 6.2-1 Débits Sonet.

Débits bruts (Mb/s)	Débits utiles (Mb/s).*	Désignation IUT-T STM	Désignation STS ou OC (ex: OC-1)	Nombre de canaux DS-3 44,736 Mb/s	Nombre de canaux DS-1 1,544 Mb/s	Nombre de canaux DS-0 64 kb/s
51,84	49,536		1	1	28	672
155,52	148,608	1	3	3	84	2016
622,08	594,432	4	12	12	336	8064
2488,32	2377,728	16	48	48	1344	33256
9953,28	9510,912	64	192	192	5376	129024

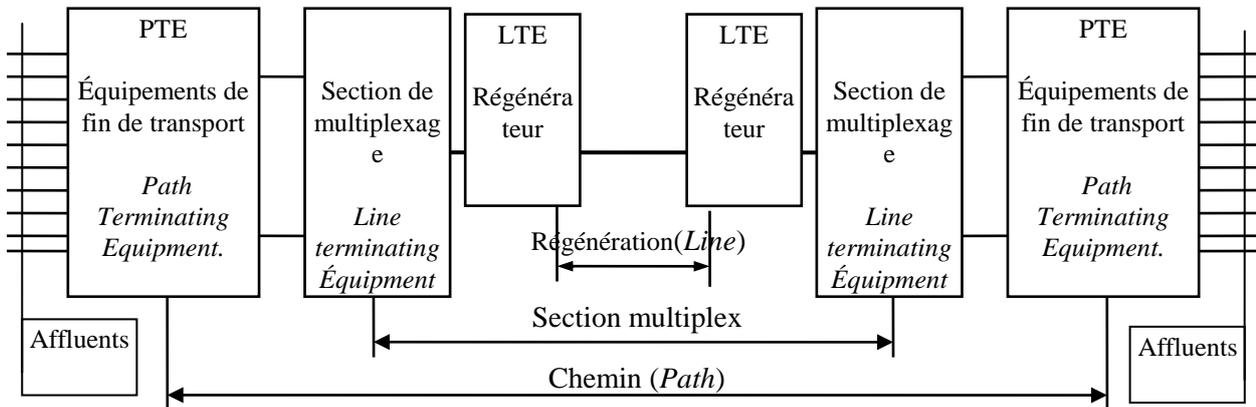
* Les débits utiles sont donnés pour une charge utile de 774 octets (783 octets avec un POH) en STS-1.

6.3 Montage de base.

La configuration de transport s'apparente de très près à celle de la SDH; il faut noter cependant quelques modifications dans les termes utilisés et leur signification.

La Figure 6.3-1 donne le schéma de base, simple, d'ailleurs applicable aussi bien à une liaison SDH.

Figure 6.3-1 Montage de base.



6.4 La trame STS-1.

Régénération

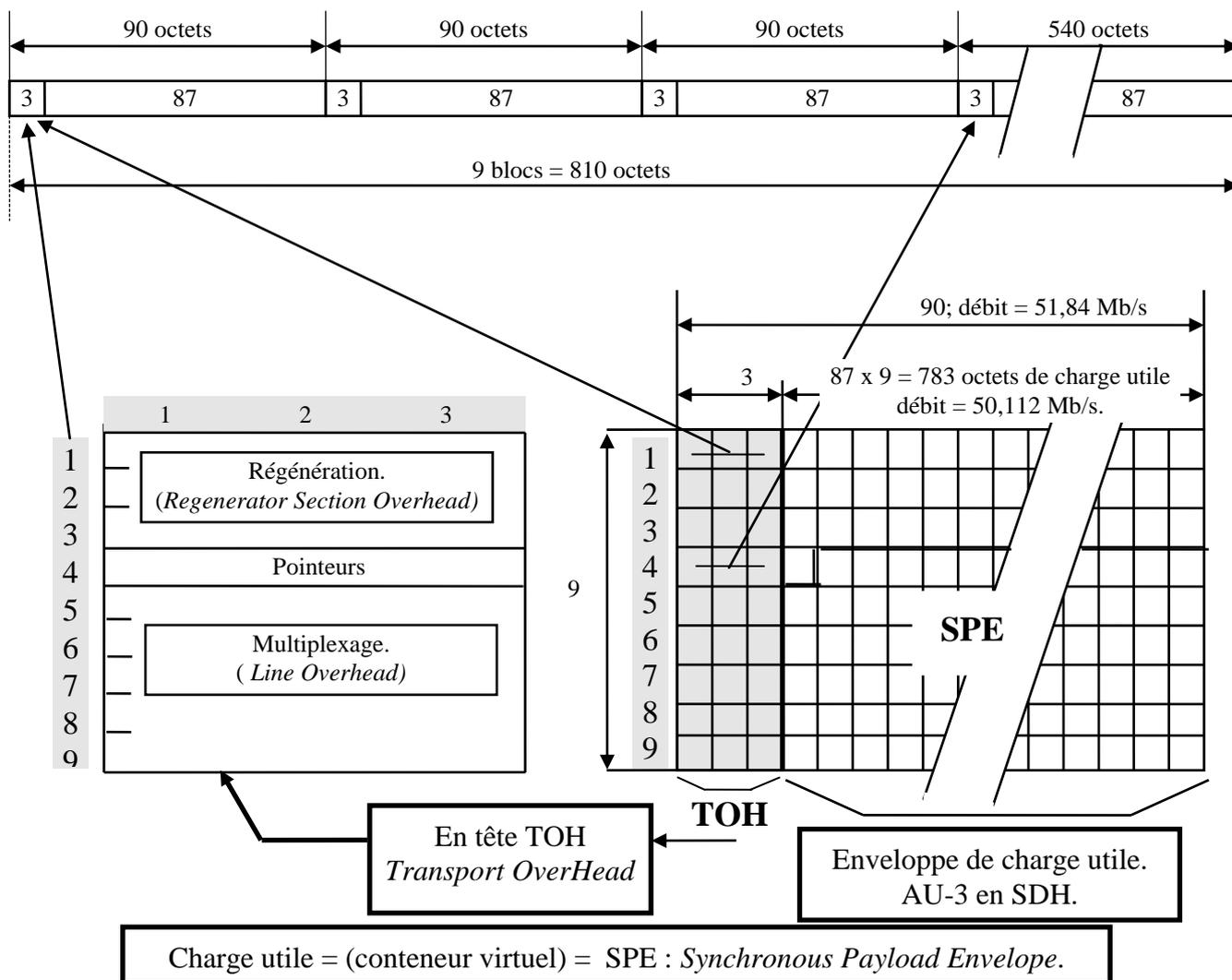
6.4.1 Description de la trame.

(Voir Figure 6.4-1)

Chaque ensemble de 90 octets comporte 3 octets en en-tête qui sont réservés pour le surdébit de régénération, l'en-tête du bloc suivant est occupé par les pointeurs et les en-têtes des autres blocs sont utilisés pour les surdébits de multiplexages.

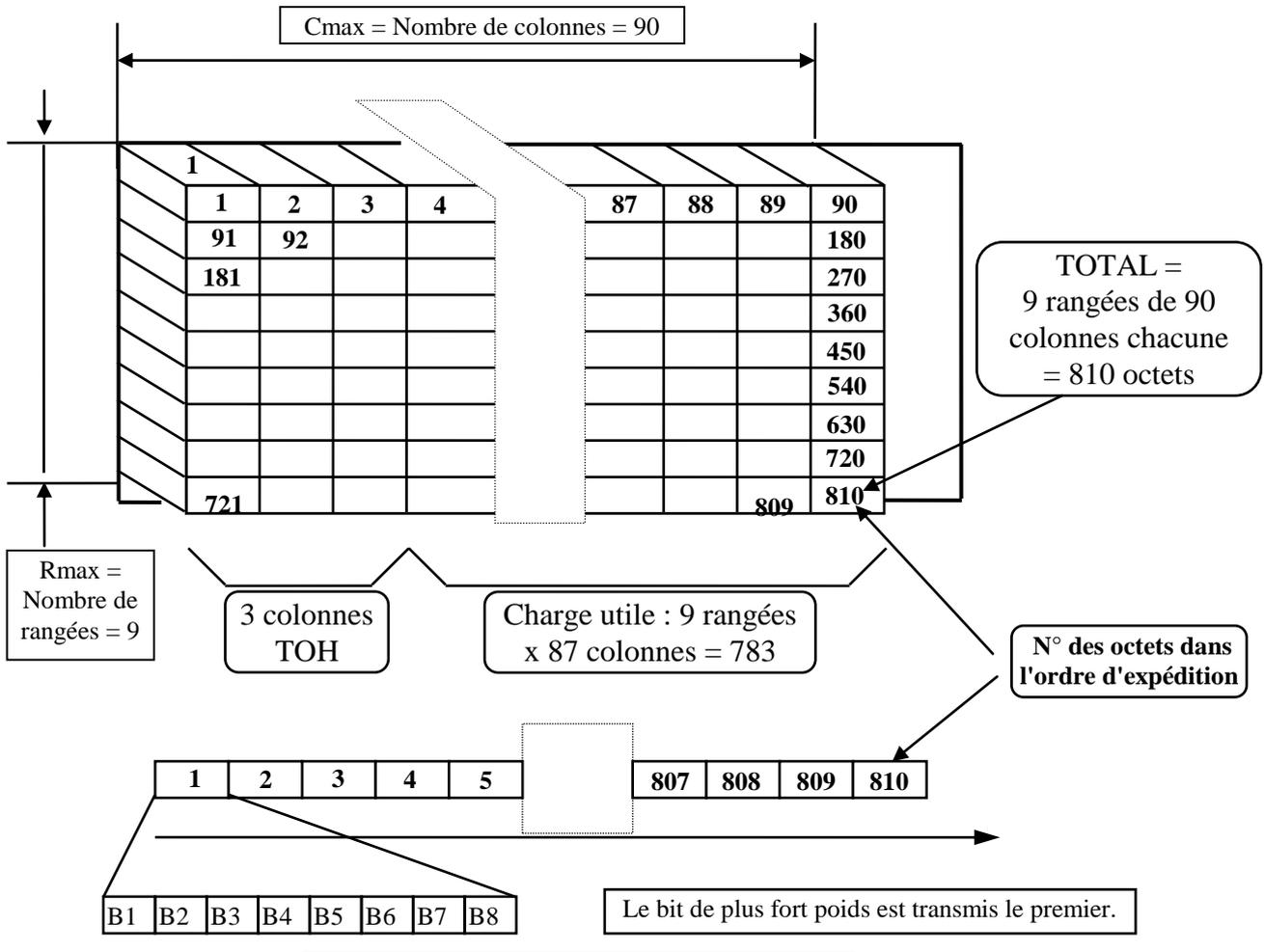
La trame STS-1 est composée de 810 octets répartis en 9 blocs de 90 octets. Elle se représente dans un tableau de 9 rangées de 90 colonnes, la charge utile est de $9 \times 87 = 783$ octets, les données de service sont disposées dans un en-tête appelé TOH (*Transport OverHead*) constitué des 3 premiers octets de chacune des lignes.

Figure 6.4-1 La trame STS-1



La Figure 6.4-2 en donne une présentation en perspective;

Figure 6.4-2 Représentation perspective d'une STS-1.



6.5 Trames de niveau STS-3 et supérieures.

Sonet exprime la composition de trames de niveau supérieur à 1 par l'emploi de trames de niveau inférieur entrelacées et dit qu'une trame STS-3 est composée de 3 trames STS-1; cela n'est pas tout à fait exact, parce que les octets de service ne sont pas toujours répétés à chaque profondeur, mais d'expression très pratique cependant.

6.5.1.1 Identification des octets.

La Figure 6.5-1 d'une trame STS-3 illustre la représentation de l'entrelacement des octets; ceux-ci sont numérotés dans l'ordre d'entrelacement (ordre d'expédition), ainsi est construit un bloc de 2430 octets dit trame STS-3; cette trame comporte le même nombre d'octets que la trame STM-1 de la SDH.

- Calcul du n° d'un octet en fonction de sa position dans la représentation.

En identifiant :

Désignation	Position de l'octet dans la représentation	Valeur maximale que peut prendre la valeur.
Profondeur d'entrelacement	P	Pmax
Colonne	C	Cmax
rangée	R	Rmax

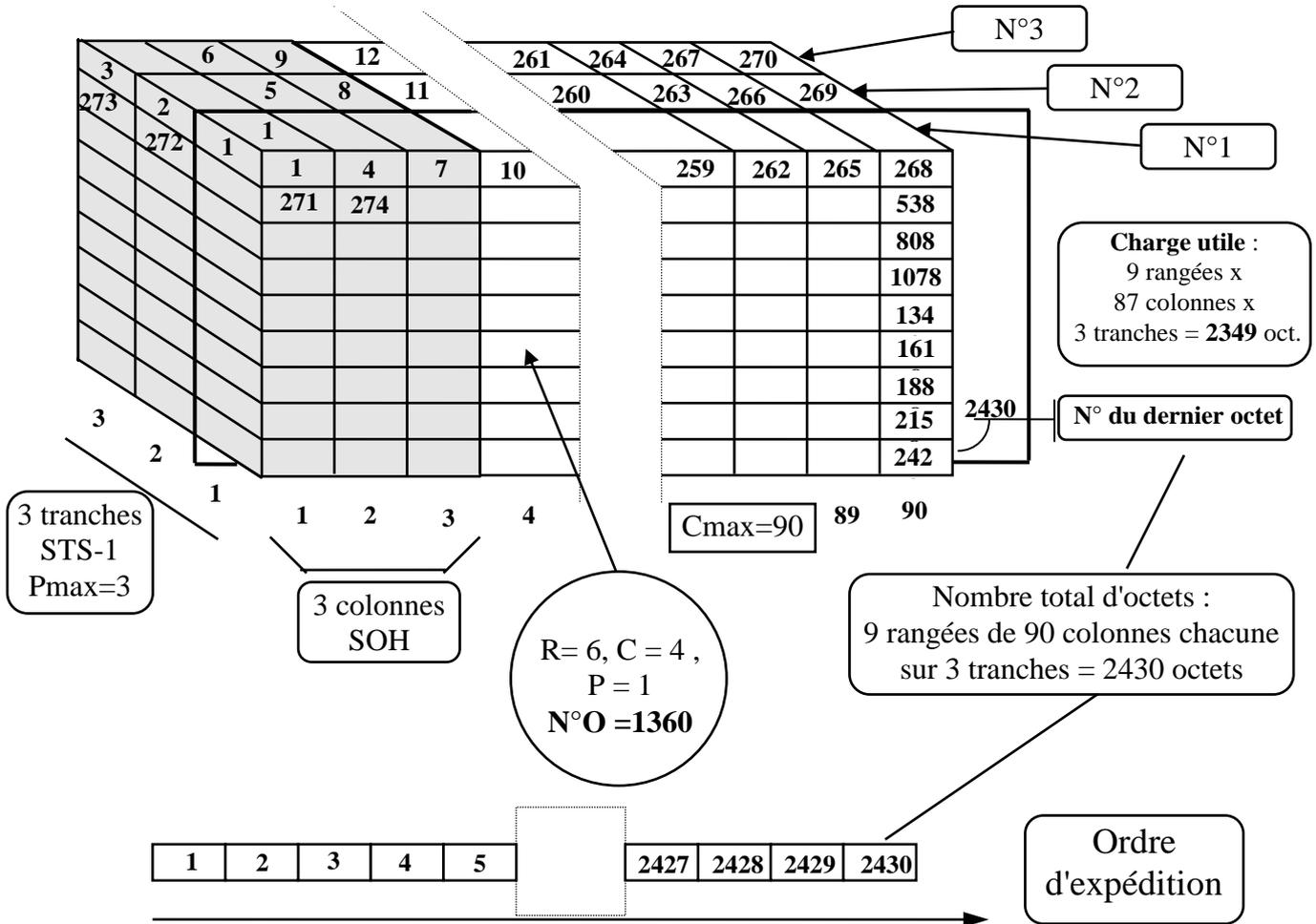
L'ordre d'expédition N°O d'un octet s'obtient avec les calculs suivants :

Calculer les éléments A, B, C.

a) $(R - 1) \times Cmax \times Pmax = A$

- b) $(C - 1) \times P_{max} = B$
- c) $P = C$
- $N^{\circ}O = A + B + C.$

Figure 6.5-1 Représentation perspective d'une STS-3.



Exemple :

Soit $R_{max} = 9, C_{max} = 90, P_{max} = 3$ (cas de la figure).

Cherchez l'ordre d'expédition de l'octet situé en : rangée $R = 6$; colonne $C = 4$, profondeur $P = 1$.

Calculs de A, B, C .

$A = (6-1) \times 90 \times 3 = 1350.$

$B = (4-1) \times 3 = 9$

$C = 1$

Total = $A + B + C = 1360 = N^{\circ}O$ ctet; cet octet est repéré sur la figure.

6.5.1.2 Trames de niveaux supérieurs.

Ces trames se composent d'autant de profondeurs qu'il y a de niveaux; elles regroupent généralement des flux plésiochrones du type DS-3 (44,736 Mb/s) en affectant chaque flux DS-3 à une profondeur.

Par le dispositif de concaténation, explicité dans le chapitre 5, en particulier, des affluents beaucoup plus rapides peuvent être transportés.

6.5.2 Fonctions des Octets de service TOH.

Le TOH (*Transport Overhead*) de la trame STS-1 correspond fonctionnellement parlant à l'en-tête du SOH (*Section Overhead*) de la trame STM-1; les fonctions réalisées sont pratiquement identiques.

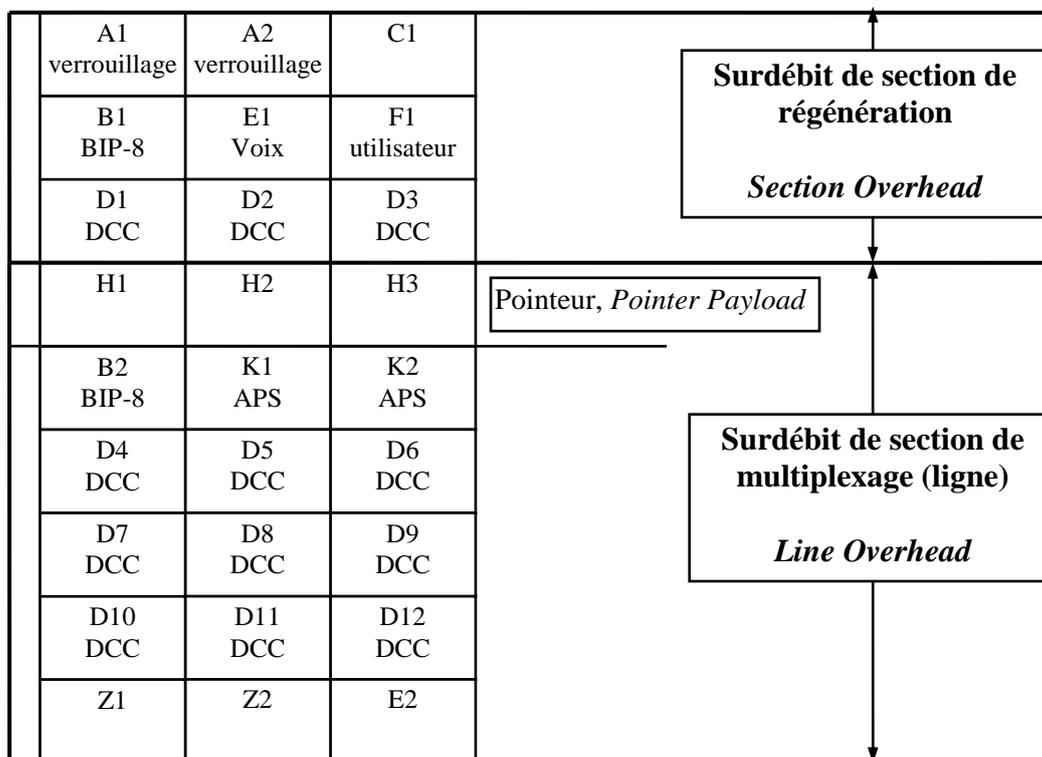
Certaines appellations sont modifiées avec les correspondances SDH suivantes :

STS	STM
TOH, Transport Overhead surdébit de transport ou en-tête de transport	SOH, surdébit de trame ou en-tête.
SOH, Section Overhead, en-tête de section	RSOH Surdébit de régénération
LOH, Line Overhead, en tête de ligne	MSOH, Surdébit de multiplex

Nous donnons ci-après les identifications initiales d'octets, elles peuvent avoir évolué et s'être rapprochées de celles des STM actuelles (1996), l'ANSI et l'ETSI, les deux organismes qui travaillent à la normalisation de ces transports synchrones, travaillent en coopération constante.

La Figure 6.5-2 donne l'emplacement des octets de service dans l'en-tête.

Figure 6.5-2 En-tête de STS-1.



6.5.2.1 Section de régénération.

A1 et A2 (FAW). Verrouillage, alignement.

Le début de chaque trame est marqué par A1 et A2; A1 = 1111 0110, A2 = 0010 1000; dans un ensemble de trames, constitué de plusieurs trames initiales multiplexées (STS-x), chacun des en-têtes est marqué; par exemple une trame STS-3 est composée de 3 profondeurs (pages) de trames STS-1 dont chaque en-tête comporte aussi ces octets.

Si l'on examine l'ordre du multiplexage dans la Figure 6.5-1, on remarque que les octets A1 sont répétés 3 x 3 = 9 fois avant de franchir A2 qui est répété lui aussi 9 fois, cette quantité de 9 x A2 indique la présence de 3 rangées de trames STS-1, entrelacées au niveau de l'octet soit une trame STS-3.

Les autres octets de section de régénération ne sont utilisés qu'une seule fois sur la première profondeur ou page; on pourrait dire aussi, en abus de langage, que seule la trame n° 1 d'une STS-3 comporte les octets de service de cette STS-3.

Octet C1.

C'est un nombre assigné à chaque trame STS-1 composant une STS-n; par exemple le premier C1 d'une STS composant une STS-4 a la valeur 1, celui de la deuxième STS a la valeur 2 etc.....

B1.

Bit de parité 8 dit BIP-8.

Pour les trames supérieures à STS-1, ce qui est le cas de plusieurs pages ($n > 1$), seul B1 de la première page est utilisé; il est le résultat du calcul fait sur tous les bits de la trame précédente; il permet la surveillance du taux d'erreurs de la section de régénération.

E1.

Cet octet est alloué sur la première trame STS, il apparaît toutes les 125 μ s; il peut constituer un canal de service à débit de 64 kb/s pour des communications vocales au niveau local (régénération, ligne).

F1.

Pas toujours référencé, il peut être réservé aux besoins de l'utilisateur, par exemple pour constituer des connexions temporaires de canaux de données ou de voix, pour des opérations particulières de maintenance ou transmettre des alarmes (64 kb/s, comme E1).

D1 à D3.

Ils définissent un canal à 192 kb/s en tant que canal DCC (canal de communication de données) de section de régénération.

6.5.2.2 pointeur de SPE (AUG).

H1 et H2 constituent le pointeur (étendues des valeurs de pointeur : (correspond à une AU-3 : 0 à 782d (valeur décimale)) et H3 est l'octet de justification négative.

Pour des STS de niveau supérieur il y a autant de pointeurs qu'il y a de trames STS-1 composantes ce qui place un ensemble de pointeurs par page (ou profondeur), sauf en concaténation où leur valeur est remplacée par l'indication de concaténation : 1001SS1111111111.

6.5.2.3 Section de multiplexage.**B2.**

Ce sont des bits de parité 8 bits BIP-8.

Chaque TOH de chaque page (chaque STS-1 composant le bloc STS-3 par exemple) comporte cet octet (8 bits); ces champs B2 permettent la surveillance du taux d'erreurs de la section de multiplexage.

A noter la différence avec la section de multiplexage de la SDH qui comporte 3 bits B2 et où la parité est calculée sur 24 bits.

K1 et K2.

Les octets K1 et K2 procurent les informations de service de défaillance; ils sont pour une part utilisés comme les octets de même identification dans les sections de multiplexage de la SDH (voir chapitre 5), ils ne sont définis que dans la STS-1 ou la première STS composant une STS-n.

D4 à D12.

Ils réalisent un canal à 576 kb/s en tant que canal DCC de section de multiplexage; ces canaux permettent d'échanger des messages entre les points de gestion du réseau; ils ne sont définis que dans la STS-1 ou la première STS composant une STS-n.

Z1 :

Les bits 1 à 4 sont réservés; les bits 5 à 8 (4 bits) peuvent prendre des valeurs significatives indiquant le niveau de qualité (QL) de la synchronisation; on peut citer 0000 = qualité inconnue (réseau synchrone existant), 0010 = G.811, 1000 = local G.812; plusieurs valeurs étaient réservées.

Z2 :

Réservé pour applications et développements ultérieurs.

Nota : A noter que, en SDH, l'octet Z1 est maintenant défini comme S1 et l'octet Z2 serait M1; se reporter à la partie correspondante en SDH.

E2:

Il est utilisé comme canal de service à 64 kb/s pour des communications vocales au niveau des extrémités multiplex sur la première des STS-x..

6.6 Les composants de la STS.

La trame STS incorpore un conteneur virtuel appelé SPE (*Synchronous Payload Envelope*) qui est similaire au conteneur VC-3 décrit en SDH mais avec 87 colonnes (dont une de POH) de 9 rangées; le VC-3 ne comporte que 85 colonnes, POH compris.

Comme explicité précédemment en SDH le conteneur C3, en VC-3 pourrait avoir une capacité supérieure s'il était toujours considéré comme conteneur d'ordre haut; ce n'est pas le cas et il a été réservé dans la charge utile totale une colonne pour chaque VC-3 afin de définir des octets de justification et d'alignement (H1, H2, H3).

Sonet en STS-1 peut incorporer un conteneur VC-3 de la SDH et une STM-1 de la SDH peut incorporer 3 x STS-1 ou une STS-3 de Sonet.

Le SPE de Sonet comprend un POH d'une colonne dont les fonctions sont comparables aux fonctions du POH des VC-3 ou des VC-4 de la SDH.

- Les octets J1, B3, C2, G1, F2 et H4 ont les mêmes fonctions.

- Les octets Z1, Z2, Z3 ont été réservés pour des fonctions futures. remplacés par les identifiants : F3, K3; N1.

On se reportera aux paragraphes : définitions des en-têtes (POH) dans les VC-HO de la SDH.

Comme présenté dans le Tableau 6.2-1 Sonet incorpore (mappage) les affluents plésiochrones du réseau américain, cela s'effectue avec des octets de bourrage et des dispositifs de justification similaires à ceux employés par la SDH.

6.7 Concaténations.

Les trames correspondantes sont désignées par STS-Nc, avec N le nombre de charges utiles (*payload*) transportées.

Le SPE est constitué de N fois 87 colonnes de 9 rangées; tous les autres éléments d'organisation s'apparentent à ceux de la SDH.

6.8 Remarque générale.

Sonet est la réplique américaine de la SDH, le faible débit de sa première trame de base (51,84 Mb/s) facilite son transport en signaux électriques (câbles ou radiodiffusion) et augmente la distance atteinte sur fibre optique sans régénérateur.

Elle est quelquefois "pseudo-utilisée" sous le terme STM-0, en extension filaire ou hertzienne de réseau.

Sa charge utile est légèrement supérieure à celle du VC-3; Sonet est surtout appliquée sur le continent américain, mais aussi en Asie et dans d'autres nations.

Les charges transportées s'échangent aisément entre Sonet et SDH.