

Network Time Protocol

Aller à : [Navigation](#), [rechercher](#)

Le **Protocole d'Heure Réseau** (*Network Time Protocol* ou NTP) est un protocole qui permet de synchroniser, via un réseau informatique, l'horloge locale d'ordinateurs sur une référence d'heure.

NTP est un protocole assez ancien. La première version v0, formalisée dans la [RFC 958](#), date de septembre 1985. Dès le début, ce protocole fut conçu pour offrir une précision de synchronisation meilleure que la seconde. Par rapport au service « [Time Protocol](#) » qui offre un service d'heure sans proposer une infrastructure, le projet NTP propose une solution globale et universelle de synchronisation qui est utilisable dans le monde entier.

La version 3 de NTP est la plus répandue à ce jour. Elle est formalisée par la [RFC 1305](#) et a le statut « [Draft Standard \(en\)](#) »¹ c'est-à-dire « spécification finale », elle spécifie plusieurs aspects :

- la description du protocole réseau ;
- les modes de fonctionnement ;
- les algorithmes à mettre en place dans les machines.

La mise au point de ce protocole et des algorithmes a été menée de pair avec le développement d'un logiciel conforme à ces spécifications. De ce fait, cette réalisation fait office de référence dans le domaine et est appelée « logiciel NTP² » même si d'autres solutions existent. Ces travaux ont été réalisés en grande partie à l'[Université du Delaware](#) grâce au professeur [David L. Mills](#) et à une importante équipe de bénévoles².

La version 4 de NTP est une révision importante publiée dans la [RFC 5905](#) en juin 2010.

Aussitôt après la parution de la version 3 de NTP, une version simplifiée est apparue, appelée « Simple Network Time Protocol » (SNTP) qui a également fait l'objet de plusieurs RFC. Par rapport à NTP, cette version est simplifiée dans le sens qu'elle ne spécifie pas les algorithmes à mettre en place dans les machines.

Sommaire

- [1 Présentation générale de NTP](#)
 - [1.1 Partie architecture](#)
 - [1.1.1 Architecture du réseau NTP](#)
 - [1.1.2 Méthodes pour la diffusion de l'heure](#)
 - [1.2 Partie messagerie](#)
 - [1.3 Partie algorithmique](#)
- [2 Description détaillée du « fonctionnement NTP »](#)
 - [2.1 Description du modèle NTP « client/serveur »](#)

- [2.2 Description du modèle NTP « symétrique Actif / Passif »](#)
 - [2.3 Description du modèle NTP « broadcast »](#)
- [3 Pourquoi synchroniser les horloges des ordinateurs](#)
- [4 Histoire](#)
 - [4.1 NTP](#)
 - [4.1.1 Tableau récapitulatif](#)
 - [4.1.2 Version 0](#)
 - [4.1.3 Version 1](#)
 - [4.1.4 Version 2](#)
 - [4.1.5 Version 3](#)
 - [4.1.6 Version 4](#)
 - [4.2 SNTP](#)
- [5 Principe](#)
 - [5.1 Ce que ne fait pas NTP](#)
 - [5.2 Architecture](#)
 - [5.3 Implémentation](#)
- [6 Référence](#)
- [7 Liens externes](#)

Présentation générale de NTP

Le NTP est un protocole permettant de synchroniser l'horloge d'un ordinateur avec celle d'un serveur de référence. NTP est un protocole basé sur [UDP](#) et utilise le port 123.

Le protocole NTP comprend :

- une partie architecture,
- une partie messagerie,
- et une partie algorithmie.

Partie architecture

Architecture du réseau NTP

L'architecture NTP prévoit :

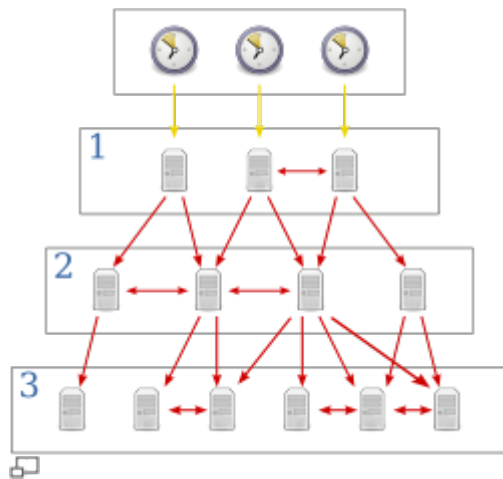


Schéma de l'architecture d'un réseau maître NTP (Network Time Protocol) typique.

Les flèches jaunes indiquent une connexion directe dédiée entre des horloges de hautes précisions (confère la page dédiée aux [horloges atomiques](#)) et entre des [serveurs informatiques](#) de [diffusions](#) maîtres ; les flèches rouges indiquent une connexion via un réseau informatique.

Ce schéma doit être compris de façon très large et très souple : par exemple un nœud de stratum 2 peut très bien être à son tour le serveur d'une université pour synchroniser les PC (ou ordinateurs personnels) de plusieurs milliers d'étudiants. Dans ce cas, il est peu probable que les étudiants veuillent synchroniser deux à deux leurs PC (ou ordinateurs personnels), sauf peut-être dans des cas particuliers où les étudiants souhaitent pouvoir continuer à échanger des données datées, même si le serveur de l'université vient à tomber en panne, est désactivé ou est inaccessible à l'instant voulu³.

- la diffusion verticale arborescente de proche en proche d'une heure de référence à partir d'une ou plusieurs machines racines garantes d'une grande précision⁴. Dans cette arborescence, chaque nœud choisit parmi ses nœuds parents, celui qui présente les meilleures garanties de qualité et hérite au passage d'un attribut nommé *stratum* qu'il transmet à ses descendants. Les machines de *stratum* 1 sont les machines racines et à chaque traversée d'un nœud ce nombre augmente d'une unité. Ce *stratum* est une mesure de la distance d'un nœud aux machines racines, il est considéré comme un indicateur de la qualité de synchronisation qu'une machine donnée peut offrir à ses descendants.
- la diffusion latérale à des machines paires d'une heure commune. Cette diffusion vient en complément de la précédente; elle permet à ces machines de partager une référence de temps qui leur est commune. Cette diffusion améliore la résilience de cette architecture NTP dans le sens où elle permet de suppléer une déficience locale/temporaire de connectivité vers les machines racines, voire de permettre à un groupe de machines de conserver entre elles une même référence relative en l'absence de machines racines.

Dans la terminologie NTP, les serveurs de *stratum* 1 sont appelés *serveurs primaires*, et les autres sont appelés *serveurs secondaires*.

Chaque nœud de cette architecture doit être configuré en lui indiquant au minimum quels sont ses serveurs parents et/ou collatéraux. C'est à la charge de chaque utilisateur de réaliser localement cette configuration⁵. C'est cette agrégation de configurations qui, de proche en proche, crée le réseau NTP, il n'est pas pré-existant ni même configuré de façon centralisée. Cette architecture est flexible⁶, extensible⁷ et robuste⁸, mais c'est à la charge des utilisateurs d'y contribuer.

Méthodes pour la diffusion de l'heure

La diffusion de l'heure est basée :

- sur un modèle du type « [client/serveur](#) » pour la diffusion verticale :
 - un nœud « serveur » répond aux demandes d'heure émises par un nœud « client » ;
 - les parents sont les serveurs, les enfants sont les clients ;
 - en opérant dans le mode « serveur », un nœud annonce son désir de synchroniser ;
 - en opérant dans le mode « client », un nœud annonce son désir d'être synchronisé ;
 - le mode d'adressage « [unicast](#) » est utilisé pour transférer les messages de demande et de réponse ;
- sur un modèle du type « symétrique actif/passif » pour la diffusion latérale :
 - un nœud « symétrique passif » répond aux demandes d'heure émises par un nœud « symétrique actif » ;
 - ce paradigme est proche du précédent avec la différence suivante : une fois la demande initiale émise, « serveur » et « client » échangent leur rôle tour à tour, la réponse de l'un devient une demande pour l'autre ;
 - en opérant dans le mode « symétrique », aussi bien passif qu'actif, un nœud annonce son désir de synchroniser et d'être synchronisé ;
 - comme précédemment le mode d'adressage « [unicast](#) » est utilisé pour transférer les messages de demande et de réponse ;
- sur un modèle du type « [broadcast](#) » pour la diffusion locale :
 - un nœud émet spontanément et périodiquement des messages de l'heure courante à destination de voisins d'opportunité proches, un peu à la manière d'une horloge parlante sans se préoccuper de savoir si son information d'heure sera utilisée ;
 - en opérant dans ce mode, un nœud annonce son désir de synchroniser ses voisins ;
 - le mode d'adressage « [broadcast](#) » est utilisé pour transférer ces messages horaires ; de par ce fait, et également parce que par défaut les routeurs ne routent pas les messages « broadcast », cette méthode de diffusion de l'heure ne concerne que les machines d'un même réseau local.

Partie messagerie

La messagerie NTP prévoit :

- des messages pour qu'un client interroge un serveur et que celui-ci lui retourne l'heure courante ;
- des messages de service pour interroger un client donné sur son état interne.

Lors de la parution de nouvelles versions de NTP, la structure des nouveaux messages est formée en agrégeant les informations nouvelles à la suite de celle des messages de version précédente. Cette façon de procéder permet l'interopérabilité des différentes versions ce qui facilite la migration globale du parc de machines d'une version ancienne vers une nouvelle.

Partie algorithmique

Le protocole NTP prévoit pour chaque client des algorithmes :

- pour calculer la période d'interrogation du ou des serveurs ;
- pour calculer l'écart de son heure locale avec celle d'un serveur donné ;
- pour calculer la durée de transit des messages sur le réseau ;
- pour choisir le serveur qui présente les meilleures garanties de qualité, et calculer ainsi son stratum local ;
- pour filtrer les écarts et calculer les corrections temps/fréquence à appliquer sur son horloge locale ;
- pour gérer les [secondes intercalaires](#).

Description détaillée du « fonctionnement NTP »

La forme ou le fond de cet article est [à vérifier](#).



[Améliorez-le](#) ou [discutez des points à vérifier](#). Si vous venez d'apposer le bandeau, [merci d'indiquer ici les points à vérifier](#).

Le message de demande d'heure envoyé par un client vers un serveur et celui pour la réponse ont la même structure. Celle-ci est schématisée ci-dessous, elle correspond à la version 3 de NTP, mais le principe général décrit ci-dessous est conservé au fil des versions; les informations principales utilisées dans ce message pour calculer les écarts d'heure entre client et serveur sont les suivantes :

format message NTP v3

0	8	16	24	31
LI	VN	Mode	Stratum	Poll
Precision				
Root Delay (32)				
Root Dispersion (32)				
Reference Identifier (32)				
Reference Timestamp (64)				
(OT)	Originate Timestamp (64)			
(RT)	Receive Timestamp (64)			
(TT)	Transmit Timestamp (64)			
Authenticator (optional) (96)				



Structure du message NTP extrait de [RFC 1305](#)

- OT : Originate Timestamp; heure de départ de la requête,
- RT : Receive Timestamp; heure de réception de la requête,
- TT : Transmit Timestamp; heure d'émission de la requête et/ou de la réponse.

Les autres informations contenues dans ce message sont utilisées à des fins de gestion ; leur usage n'est pas détaillé dans cet article, on pourra se reporter à la [RFC 1305](#) pour plus de détails.

- LI : indicateur d'insertion/retrait d'une seconde intercalaire la dernière minute du jour courant,
- VN : numéro de version,
- Mode : mode de fonctionnement,
- Stratum : stratum de l'horloge locale,
- Poll : intervalle minimum entre deux messages successifs,
- Precision: précision de l'horloge locale.

Description du modèle NTP « client/serveur »

La façon dont client et serveur gèrent ces informations est illustrée sur le schéma ci-dessous :

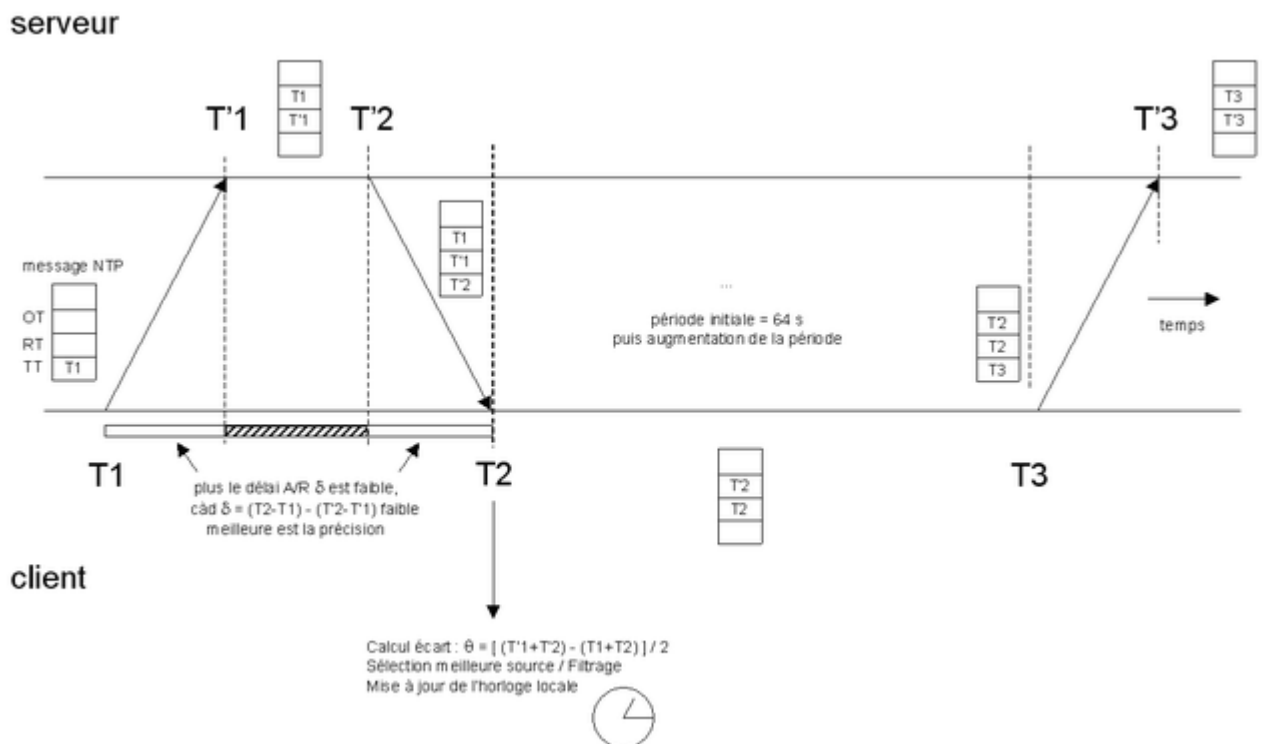


Illustration du modèle « client/serveur NTP »

- à T1, lorsque le client émet son message pour interroger le serveur sur l'heure courante, il envoie un message dans lequel il renseigne le champ TT avec l'heure courante T1 indiquée par son horloge locale ;
- à T'1, lorsque le serveur reçoit le message, il complète aussitôt le champ RT du message avec l'heure courante T'1 indiquée par son horloge locale, et recopie le champ TT dans le champ OT ;
- à T'2, lorsque le serveur émet son message de réponse, il complète le champ TT du message avec l'heure courante T'2 indiquée par son horloge locale ;
- à T2, lorsque le client reçoit le message de réponse, il note aussitôt l'heure T2 de réception indiquée par son horloge locale.

Le client peut alors calculer le délai aller/retour δ de ces 2 messages ainsi que l'écart θ entre son horloge locale et celle du serveur :

Méthode de calcul «client/serveur»

délai δ aller/retour écart θ entre les horloges

$$\text{Client } (T2 - T1) - (T'2 - T'1) \quad \frac{(T'1 + T'2)}{2} - \frac{(T1 + T2)}{2}$$

Serveur aucun calcul aucun calcul

Plus court est le délai δ , meilleure est la précision avec laquelle est connu l'écart θ entre les deux horloges.

Description du modèle NTP « symétrique Actif / Passif »

Ce modèle est proche du précédent avec la différence suivante : une fois la demande initiale émise, « serveur » et « client » échangent leur rôle tour à tour, la réponse de l'un devient une demande pour l'autre, c'est ce que montre l'image ci-dessous.

Le nœud émetteur du message renseigne le champ TT avec l'heure courante T1 indiquée par son horloge locale. Le récepteur de ce message utilise cette heure comme heure locale en retranchant au préalable le délai estimé de transmission du message.

Pourquoi synchroniser les horloges des ordinateurs

Les ordinateurs utilisent des horloges au [quartz](#) et elles ont la fâcheuse tendance à dériver au bout d'un certain temps, pour certaines de plusieurs secondes par jour et cela de façon totalement aléatoire.

Avec le développement des réseaux informatiques, la synchronisation des horloges des systèmes informatiques communicants entre eux est devenue nécessaire. Certains domaines ont absolument besoin d'avoir un temps de référence, on peut citer notamment :

- le contrôle aérien ;
- les échanges commerciaux ;
- les transactions journalisées des [bases de données](#) ;
- la diffusion de contenu multimédia en [temps-réel](#), comme pour des vidéoconférences ;
- etc.

Sans une bonne synchronisation des horloges de tous les systèmes communicants entre eux, certains services ne sont pas utilisables correctement. C'est ainsi que rapidement, il a été nécessaire de définir des méthodes permettant de synchroniser les horloges sur une heure de référence. Dans le cas de NTP, ce dernier utilise le [temps universel coordonné](#) (UTC).

Histoire

NTP est l'un des plus anciens protocoles d'[Internet](#) encore en service. Il fut conçu pour offrir une précision inférieure à la seconde dans la synchronisation des horloges et remplace à ce titre le [Time protocol](#) (TP, [RFC 868](#)), datant de [mai 1983](#).

La version 3 de NTP est la plus aboutie à ce jour, elle spécifie plusieurs aspects :

- la description du protocole réseau ;
- les modes de fonctionnement ;
- les algorithmes à mettre en place dans les machines.

La mise au point de ce protocole et des algorithmes ont été menés de pair avec le développement d'un logiciel conforme à ces spécifications. De ce fait, cette réalisation fait office de référence dans le domaine et est appelée logiciel NTP. Ces travaux ont été réalisés en grande partie par l'Université du Delaware sous la houlette du professeur [David L. Mills](#)⁹.

Aussitôt après la parution de cette version 3 de NTP, une version simplifiée est apparue, appelée Simple Network Time Protocol (SNTP) qui a également fait l'objet de plusieurs RFC. Par rapport à NTP, cette version est simplifiée dans le sens qu'elle ne spécifie pas les algorithmes à mettre en place dans les machines.

NTP

Tableau récapitulatif

date	version	RFC	statut
septembre 1985	v0	RFC 958	rendu obsolète par RFC 1059
juillet 1988	v1	RFC 1059	rendu obsolète par RFC 1119
octobre 1989	v2	RFC 1119	rendu obsolète par RFC 1305
mars 1992	v3	RFC 1305	rendu obsolète par RFC 5903
juin 2010	v4	RFC 5905	Proposed Standard

Version 0

C'est le professeur [David L. Mills](#) de l'[Université du Delaware](#), qui en septembre 1985 proposa NTP ([RFC 958](#)), cette version est une version de développement, elle est à ce titre considérée comme une version 0. Mais le développement de NTP remonte à quelques années auparavant, avec une démonstration en [1979](#) à la [National computer conference](#) (NCC) et sa mise en application quelques années plus tard dans le [routeur](#) logiciel [Fuzzball](#), via le protocole de [routage](#) HELLO ([RFC 891](#)).

Version 1

Dans cette première version stable, des filtres et des [algorithmes](#) de sélections sont ajoutés ([RFC 956](#)), ce qui offre une nette amélioration de la précision. NTP a atteint la version 1 en juillet 1988 ([RFC 1059](#)).

Version 2

En octobre 1989, NTP passa en version 2 ([RFC 1119](#)), avec notamment l'ajout d'une authentification par [clé symétrique](#) (utilisant [DES-CBC](#)).

Version 3

En 1989, [Digital Equipment Corporation](#) (DEC) présenta un protocole de synchronisation concurrent, le [Digital time synchronization service](#) (DTSS). Selon la communauté développant NTP, le gros défaut de DTSS était que le protocole pouvait dans certains cas avoir une importante perte de précision, car il ne prenait pas en compte la fréquence des horloges. Alors que la communauté autour de DTSS pointait du doigt la mauvaise architecture des algorithmes de correction. C'est ainsi qu'après discussion, il fut décidé que NTP utiliserait l'[algorithme de Marzullo \(en\)](#), utilisé par DTSS. Cela aboutit au passage à la version 3 de NTP ([RFC 1305](#)), en mars 1992. Cette version ajoute également le mode [broadcast](#), aux deux modes déjà existant ([client-serveur](#) et symétrique).

Version 4

Depuis 1994, une nouvelle révision du protocole est en cours. Cette version 4 est très utilisée. Les améliorations portent notamment sur :

- la calibration et la stabilisation des modèles d'horloges du noyau des [systèmes d'exploitation](#)
- la fiabilité
- la mise en place d'une configuration automatisée
- la réduction de la taille des échanges
- l'authentification (avec l'utilisation de la [cryptographie à clé publique](#))

Parallèlement à cela, des travaux sur un nouveau modèle d'horloge pour les noyaux des systèmes d'exploitation, ayant une précision de l'ordre de la nanoseconde, sont également en cours.

SNTP

date	version	RFC	description	statut
août 1992		RFC 1361	SNTP	rendu obsolète par RFC 1769
mars 1995	v3	RFC 1769	SNTP	rendu obsolète par RFC 4330
octobre 1996	v4	RFC 2030	SNTP pour IPv4, IPv6 et OSI	rendu obsolète par RFC 4330
janvier 2006	v4	RFC 4330	SNTP pour IPv4, IPv6 et OSI	Informational ¹⁰

La spécification **SNTP** recommande¹¹ de n'utiliser **SNTP** qu'aux extrémités d'un réseau **NTP**, c'est-à-dire au niveau *stratum* 1 (avec une seule source de synchronisation) et au niveau des nœuds de *stratum* le plus élevé.

Principe

En plus de définir le protocole réseau permettant de transmettre l'heure de référence, NTP définit une architecture, différentes méthodes et algorithmes visant à limiter au maximum la dérive par rapport à cette heure de référence, dû au temps de transmission.

Ce que ne fait pas NTP

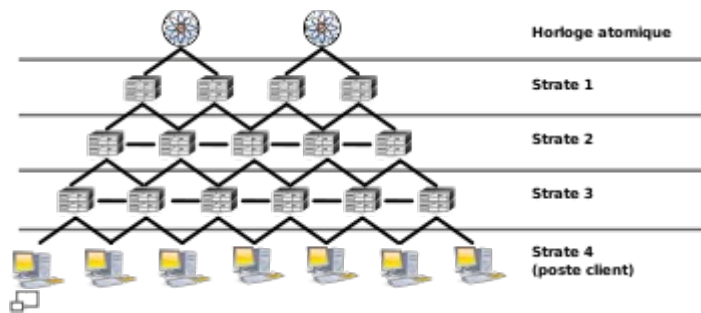
L'heure de référence fournie par NTP est UTC, à ce titre, il ne s'occupe pas :

- du changement de l'heure dû au [fuseau horaire](#) ;
- du passage à l'[heure d'été](#) et [d'hiver](#).

Cela est du ressort du système d'exploitation, qui suivant l'endroit où l'administrateur a déclaré que l'ordinateur se trouvait, doit effectuer les corrections adéquates pour se caler sur l'heure légale.

Aucun mécanisme de [chiffrement](#) n'est fourni, les messages NTP circulent en clair sur le réseau.

Architecture



Architecture des serveurs et clients NTP

Le réseau NTP est composé :

- de récepteurs récupérant l'heure de référence par radios, câbles, satellites ou directement depuis une [horloge atomique](#) ;
- de serveurs de temps récupérant l'heure de référence auprès des récepteurs ou bien auprès d'autres serveurs de temps ;
- de clients récupérant l'heure de référence auprès des serveurs de temps.

Tous ces systèmes sont organisés de façon hiérarchique, dont chaque couche ou niveau est appelé une strate. Chaque client NTP est également un serveur et se synchronise avec d'autres serveurs, le plus souvent de la strate supérieure. La strate 0 comprend des horloges de référence (récepteurs GPS ou grandes ondes, horloges au césium ou au rubidium, oscillateur à quartz thermostaté...) qui ne sont pas connectées aux serveurs de strate 1 via un réseau mais via une interface comme un port série. La norme prévoit jusqu'à 16 strates, mais la plupart des clients se situent dans les strates 3 ou 4. La strate 16 est aussi utilisée par les serveurs qui ne sont synchronisés à aucune source externe. La [redondance](#) des serveurs et leur organisation permet une répartition de la charge et ainsi la fiabilité du réseau.

En [1999](#), on estimait le nombre :

- de serveurs de strate 1 à environ 300 ;
- de serveurs de strate 2 à environ 20 000 ;
- de serveurs de strate 3 à environ 80 000.

sur un total de 175 000 serveurs NTP¹²

En [décembre 2006](#), le nombre de clients NTP est très certainement de plusieurs dizaines de millions, du fait que les systèmes d'exploitation actuels, comme [Windows XP](#) ou [Mac OS X](#), comprennent une version de NTP. La configuration par défaut ne vise cependant pas à garantir un contrôle précis de l'horloge du système mais simplement à remettre approximativement la machine à l'heure de temps en temps.

Implémentation

Le temps est défini comme un entier de 64 [bits](#) :

- les 32 bits de poids forts correspondent au nombre de secondes écoulées depuis le [1^{er} janvier 1900](#) à minuit ;

- les 32 bits restant représentent la fraction d'une seconde.

L'échelle de temps est donc de 2^{32} secondes (soit un peu plus de 136 ans), avec une résolution théorique de 2^{-32} seconde (ce qui correspond à un peu moins de 0,233 [nanosecondes](#)).

NTP utilise l'[algorithme d'intersection \(en\)](#) (une version modifiée de l'[algorithme de Marzullo \(en\)](#)) pour choisir les horloges sources et prend en charge l'ajout de secondes additionnelles. La version 4 du protocole permet de maintenir le temps d'une machine avec une précision de 10 [ms](#) à travers [Internet](#) et peut permettre une précision de 200 [μs](#) sur des [réseaux locaux](#).

Bien que NTP soit le plus souvent utilisé avec [UDP](#), il peut aussi l'être avec [TCP](#).

Source : wikipedia