

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 984 652

②1 N° d'enregistrement national : 11 61936

⑤1 Int Cl⁸ : H 04 L 12/24 (2013.01), H 04 L 12/70

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 19.12.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.06.13 Bulletin 13/25.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : FRANCE TELECOM Société anonyme — FR.

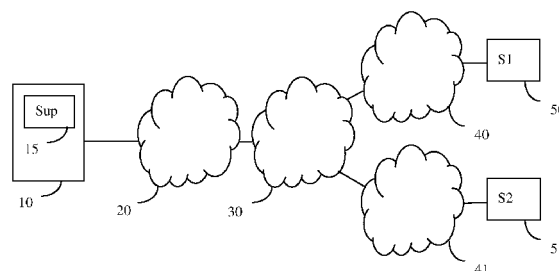
⑦2 Inventeur(s) : MEULLE MICKAEL, LUTTON JEAN-LUC, SUAREZ ADRIEN et CARMINÉ FRANCK.

⑦3 Titulaire(s) : FRANCE TELECOM Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : FRANCE TELECOM Société anonyme.

⑤4 TECHNIQUE DE SUPERVISION D'UNE QUALITE D'EXPERIENCE.

⑤7 L'invention concerne une technique de supervision d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement (10) pour communiquer avec un deuxième équipement (50, 51) par l'intermédiaire de réseaux de communication par paquets. A partir d'un ensemble de valeurs de temps d'aller-retour associées à un intervalle temporel et obtenues par transmission d'une pluralité de messages de demande d'écho du premier équipement vers le deuxième équipement, le procédé permet de déterminer une valeur relative seuil par rapport à la valeur minimale du premier ensemble, en dessous de laquelle les valeurs relatives sont représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans un intervalle temporel. Cette valeur relative seuil est obtenue en déterminant le plus grand intervalle de probabilités, pour lequel une fonction de répartition des valeurs relatives est approximée par une droite. La valeur relative seuil correspond alors à l'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure du plus grand intervalle déterminé.



FR 2 984 652 - A1



Technique de supervision d'une qualité d'expérience

L'invention se situe dans le domaine de la supervision des réseaux de communication par paquets, et plus particulièrement pour la supervision d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement pour communiquer avec un deuxième équipement.

La qualité d'expérience QoE est une mesure de la qualité telle que perçue par un utilisateur lorsqu'il utilise un service, tel qu'une consultation d'un site Web, une diffusion d'une émission télévisuelle, ... Pour un service donné, des facteurs influençant la qualité d'expérience sont définis et font l'objet de mesures régulières.

On se place par la suite à titre illustratif dans le cadre d'un service de consultation d'un site Web accessible dans un réseau de communication. Lorsque l'utilisateur du service et le site Web, plus précisément l'équipement hébergeant ce site Web, communiquent entre eux au moyen d'un réseau de communication par paquets, l'opérateur du réseau de communication peut superviser la qualité des échanges par des mesures de qualité de service. Cette supervision se complexifie lorsque les échanges entre l'utilisateur et le site Web sont acheminés au moyen de différents réseaux de communication par paquets interconnectés entre eux, ce qui est généralement le cas. Il est ainsi difficile de la mettre en œuvre dans de tels réseaux interconnectés.

Pour mesurer une qualité d'expérience pour un service de consultation de site Web, un facteur utilisé est un temps de téléchargement d'une page du site Web. Il est possible de mettre en œuvre une mesure de ce facteur à partir d'équipements représentatifs des accès des utilisateurs. Ces mesures sont répétées de façon régulière vers plusieurs sites Web et à partir de ces équipements représentatifs. A titre d'exemple illustratif, une page du site Web correspond à un volume de données de l'ordre de cent kilo-octets. La mise en œuvre des mesures entraîne alors la transmission d'un volume de données d'autant plus important que les nombres de sites Web et d'équipements représentatifs sont importants. Ce facteur n'est alors pas adapté à la supervision d'une pluralité de sites Web à partir d'une pluralité d'équipements représentatifs des accès des utilisateurs.

Un des buts de l'invention est de remédier à des insuffisances/inconvénients de l'état de la technique et/ou d'y apporter des améliorations.

Selon un premier aspect, l'invention a pour objet un procédé de supervision d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement pour communiquer avec un deuxième équipement par l'intermédiaire de réseaux de communication par paquets. Ce procédé comprend les étapes suivantes mises en œuvre par un dispositif de supervision pour un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour associées à un intervalle temporel et obtenues par transmission d'une pluralité de messages de demande d'écho du premier équipement vers le deuxième équipement :

a/ une étape de détermination d'un deuxième ensemble de valeurs de temps d'aller-retour déterminées relativement à la plus petite valeur d'aller-retour du premier ensemble, dites valeurs relatives ;

5 b/ une étape d'obtention d'une fonction de répartition des valeurs relatives, associant à une valeur relative donnée une probabilité, déterminée sur le deuxième ensemble, qu'une valeur relative soit inférieure à ladite valeur relative donnée ;

c/ une étape de détermination d'une valeur relative seuil, dans laquelle le plus grand intervalle de probabilités, pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite, est déterminé, la valeur relative seuil correspondant à l'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure du plus grand intervalle déterminé,

10 les valeurs relatives inférieures à ladite valeur relative seuil étant représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans ledit intervalle temporel.

Ainsi, grâce à l'invention, il est possible de caractériser la qualité d'expérience d'un intervalle temporel, notamment un pourcentage de valeurs de temps d'aller-retour pour lesquelles la qualité d'expérience est satisfaisante ou nominale.

15 Cette caractérisation repose sur des mesures effectuées à partir de l'adresse source du premier équipement vers l'adresse de destination du deuxième équipement. Plus précisément, le temps écoulé entre l'émission d'un message de demande d'écho et la réception de la réponse à cette demande est mesuré et appelé temps d'aller-retour. Il est ici souligné qu'il n'est pas possible à partir des valeurs de temps d'aller-retour de caractériser directement la qualité d'expérience d'un intervalle temporel. En effet, le temps d'aller-retour varie en fonction de nombreux événements tels qu'un changement d'acheminement, une charge des équipements d'acheminement, une asymétrie entre les acheminements empruntés à l'aller et au retour, ... Aussi, à la connaissance des inventeurs, il n'a jamais été envisagé d'utiliser ces valeurs de temps d'aller-retour pour en déduire une connaissance de la qualité d'expérience.

20 A titre de comparaison, par rapport à la méthode de mesure d'un temps de téléchargement, un message de demande d'écho est codé sur environ cent octets. Le volume de données nécessaire à la mise en œuvre du procédé tel que défini précédemment reste raisonnable et bien inférieur à celui nécessaire à la mesure d'un temps de téléchargement. Il est alors possible de superviser la qualité d'expérience pour une pluralité de deuxièmes équipements et également à partir d'une pluralité de premiers équipements.

25 La détermination de la valeur relative seuil repose ainsi sur une interpolation linéaire de la fonction de répartition. La détermination du plus grand intervalle de probabilités est équivalente à la détermination du plus grand intervalle de valeurs relatives. Toutefois, les probabilités étant par définition normalisées, il est particulièrement avantageux de mettre en œuvre le procédé de supervision pour un intervalle de probabilités.

Le plus grand intervalle de probabilités déterminé est caractérisé par une borne inférieure et une borne supérieure. L'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure donne ainsi une indication de la qualité d'expérience pendant cet intervalle temporel.

5 Le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour peut être obtenu par le dispositif de supervision à partir du premier équipement. Dans ce cas, le premier équipement émet les demandes d'échos et détermine les valeurs de temps d'aller-retour. Alternativement, le dispositif de supervision, qui est alors intégré dans le premier équipement, émet les demandes d'échos et détermine les valeurs de temps d'aller-retour.

10 Selon une caractéristique particulière, à l'issue des étapes *a*/, *b*/ et *c*/, l'intervalle temporel est divisé en au moins deux nouveaux intervalles temporels, le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour étant divisé en au moins deux sous-ensembles respectivement associés aux nouveaux intervalles temporels, et les étapes *a*/, *b*/, *c*/ sont de nouveau mises en œuvre pour les sous-ensembles de valeurs en tant que premiers ensembles de valeurs.

15 Ainsi, par des itérations successives, on obtient une caractérisation d'intervalles temporels de plus en plus courts.

Selon une caractéristique particulière, le procédé de supervision comprend en outre une étape de détection d'un changement d'acheminement par recherche d'un sous-intervalle dudit intervalle temporel, pour lequel les valeurs relatives déterminées sont supérieures à ladite valeur relative seuil.

20 Un changement d'acheminement est un événement qui entraîne une modification des valeurs de temps d'aller-retour. Il est important pour la supervision de la qualité d'expérience d'associer à la caractérisation de l'intervalle temporel l'information qu'un changement d'acheminement s'est produit pendant l'intervalle temporel.

25 Avantagement, les étapes *a*/, *b*/, *c*/ sont de nouveau mises en œuvre de part et d'autre de l'instant correspondant au changement d'acheminement trouvé.

Une fois le changement d'acheminement détecté, il est possible de séparer l'intervalle temporel en deux sous-intervalles et de qualifier les deux sous-intervalles séparément. Il est ainsi possible de caractériser les deux sous-intervalles situés avant et après le changement d'acheminement.

30 Selon une caractéristique particulière, lors de l'étape de détermination d'une valeur relative seuil, le plus grand intervalle de probabilités est déterminé de manière itérative, à partir d'un intervalle de probabilités prédéterminé.

35 Comme souligné précédemment, les probabilités sont par définition normalisées. Il est ainsi avantageux de mettre en œuvre le procédé de supervision avec un intervalle de probabilités prédéterminé comme point de départ.

Avantageusement, lorsqu'il n'est pas possible d'approximer la fonction de répartition par une droite pour l'intervalle de probabilité prédéterminé, l'intervalle temporel est divisé en au moins

deux nouveaux intervalles temporels, le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour étant divisé en au moins deux sous-ensembles respectivement associés aux nouveaux intervalles temporels, et les étapes a/, b/, c/ sont de nouveau mises en œuvre pour les sous-ensembles de valeurs en tant que premiers ensembles.

5 Lorsqu'il n'est pas possible de déterminer une droite, l'intervalle temporel est trop important et comprend une grande diversité de valeurs relatives. La division en plus de deux nouveaux intervalles temporels permet d'obtenir une qualité d'expérience pour un ou plusieurs de ces nouveaux intervalles temporels.

10 Selon une caractéristique particulière, le procédé de supervision comprend en outre, préalablement à l'étape de détermination de la valeur relative seuil, une étape de vérification que le cardinal du premier ensemble est supérieur à un seuil prédéterminé.

 Une bonne représentativité des valeurs de temps d'aller-retour comprises dans le premier ensemble pour tout l'intervalle temporel permet d'augmenter la qualité du résultat obtenu.

15 Selon une caractéristique particulière, le premier ensemble comprend des valeurs de temps aller-retour respectivement associées à des messages de demande d'écho transmis en rafale.

 Ceci permet d'améliorer les résultats. En effet, même si un des équipements des réseaux de communication par paquets se trouve en situation de surcharge et n'est pas capable d'acheminer une des demandes d'écho de la rafale et/ou sa réponse, on peut espérer obtenir au moins une valeur de temps d'aller-retour. Une rafale de demandes d'échos permet également d'observer des variations autour d'un instant d'observation.

 Selon un deuxième aspect, l'invention concerne également un dispositif de supervision d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement pour communiquer avec un deuxième équipement par l'intermédiaire de réseaux de communication par paquets, comprenant :

- 25 - des moyens de détermination d'un deuxième ensemble de valeurs de temps d'aller-retour à partir d'un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour associées à un intervalle temporel et obtenues par transmission d'une pluralité de messages de demande d'écho du premier équipement vers le deuxième équipement, agencés pour déterminer les valeurs du deuxième ensemble, dites valeurs relatives, relativement à la plus petite valeur d'aller-retour du premier ensemble ;
- 30 - des moyens d'obtention d'une fonction de répartition des valeurs relatives, agencés pour associer à une valeur relative donnée une probabilité, déterminée sur le deuxième ensemble, qu'une valeur relative soit inférieure à ladite valeur relative donnée ;
- 35 - des moyens de détermination d'une valeur relative seuil, agencés pour déterminer le plus grand intervalle de probabilités, pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite, la valeur relative seuil correspondant à l'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure du plus grand intervalle déterminé, les valeurs relatives inférieures à ladite valeur

relative seuil étant représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans ledit intervalle temporel.

Selon une caractéristique particulière, le dispositif de supervision comprend en outre des moyens de détermination de valeurs de temps d'aller-retour pour former un premier ensemble pour un intervalle temporel.

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un programme pour un dispositif de supervision, comprenant des instructions de code de programme destinées à commander l'exécution des étapes du procédé précédemment décrit, lorsque ledit programme est exécuté par ledit dispositif et un support d'enregistrement lisible par un dispositif de supervision sur lequel est enregistré un programme pour un dispositif.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante d'un mode de réalisation particulier du procédé de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif de supervision d'une qualité d'expérience dans son environnement ;
- les figures 2a-2b représentent les étapes du procédé de supervision selon un mode particulier de réalisation de l'invention ;
- les figures 3a-3b représentent une fonction de répartition de valeurs relatives de temps d'aller-retour et les résultats obtenus par la mise en œuvre du procédé de supervision dans deux cas particuliers de fonctionnement ;
- la figure 4 représente un dispositif de supervision d'une qualité d'expérience selon un mode particulier de l'invention.

La **figure 1** représente un dispositif de supervision d'une qualité d'expérience dans son environnement. Tel que représenté sur cette figure 1, le dispositif de supervision 15 est intégré dans un équipement terminal 10. Cet équipement terminal 10 est identifié par une adresse, par exemple une adresse de type IP, pour « Internet Protocol ». L'équipement terminal 10, plus précisément dans ce mode de réalisation le dispositif de supervision 15, est notamment agencé pour déterminer des valeurs de temps d'aller-retour pour un intervalle temporel entre lui-même et un autre équipement, tel qu'un serveur hébergeant un site Web. La qualité d'expérience est ainsi supervisée pour un utilisateur de l'équipement terminal 10. Par abus de langage, le terme « site Web » est utilisé par la suite pour désigner un équipement hébergeant un site Web. Deux sites Web 50, 51 sont représentés sur la figure 1. Afin de déterminer des valeurs de temps d'aller-retour, l'équipement terminal 10, plus précisément dans ce mode de réalisation le dispositif de supervision 15, émet une pluralité de messages de demande d'écho à destination d'un des sites Web 50, 51 identifié par sa propre adresse, par exemple une adresse de type IP. Le site Web faisant l'objet de la supervision répond à ce message de demande d'écho. Le temps d'aller-retour est alors déterminé par le dispositif de supervision 15 par différence entre l'instant de réception de la réponse au message de demande d'écho et l'instant d'émission du message de demande d'écho. Dans un mode

de réalisation particulier, le message de demande d'écho est un message « Echo request » ICMP, pour « Internet Control Message Protocol », défini par le document RFC 792, comprenant en tant qu'adresse source l'adresse de l'équipement terminal et en tant qu'adresse de destination, l'adresse du site Web supervisé et la réponse à ce message émise par le site Web supervisé est un message ICMP « Echo Reply ». Dans un autre mode de réalisation particulier, le message de demande d'écho est un message TCP « SYN » (pour « Transport Control Protocol ») défini par le document RFC 1072. Ce message TCP « SYN » est transmis sur le port 80, c'est-à-dire sur le numéro de port réservé pour la consultation d'un serveur « http » au moyen d'un navigateur Web. Le message de réponse est alors un message TCP « SYN ACK ». Les valeurs de temps d'aller-retour entre lui-même et un autre équipement obtenues pour un intervalle temporel forment un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour.

L'intervalle temporel pendant lequel les temps d'aller-retour sont déterminés peut correspondre à une durée de l'ordre d'une semaine.

Dans un mode de réalisation particulier, les messages de demande d'écho sont transmis en rafale pour une date d'observation donnée. A titre d'exemple illustratif, une rafale comprend cinq messages de demande d'écho. Ceci permet de garantir qu'au moins une valeur de temps d'aller-retour va pouvoir être déterminée pour cette date d'observation. Lorsque plusieurs valeurs de temps d'aller-retour sont obtenues pour la même date d'observation, ceci permet d'observer les variations minimales de celles-ci. En effet, lorsqu'une congestion est présente au niveau d'un des équipements par l'intermédiaire duquel les messages sont acheminés, il est possible que des messages de demande d'écho ou bien les réponses à ces messages ne soient pas transmis par l'équipement rencontrant une congestion. Dans un autre mode de réalisation particulier, une rafale est composée de cinq messages de demande d'écho ICMP et cinq messages de demande d'écho TCP. L'utilisation de deux types de messages de demandes d'échos différents permet d'améliorer la qualité des résultats obtenus, notamment en cas de congestion lorsque des équipements intermédiaires retardent la transmission des messages de demande d'écho. Les messages de demandes d'écho TCP sont moins sujets à des retards de transmission, car ils sont associés à une session établie entre l'équipement terminal et le site Web.

Il est ici souligné que le dispositif de supervision 15 peut également être externe à l'équipement terminal 10. Dans ce cas, l'équipement terminal 10 détermine un premier ensemble de valeurs de temps aller-retour pour un intervalle temporel et le dispositif de supervision 15 obtient de l'équipement terminal 10 ce premier ensemble. Aucune limitation n'est attachée au mode d'obtention de ces ensembles de valeurs. Le dispositif de supervision 15 peut les obtenir par liaison directe avec l'équipement terminal 10 ou au moyen d'un quelconque support matériel de stockage, par exemple un CD-ROM ou une clé USB.

Les messages transmis de l'équipement terminal 10 vers les premier et deuxième sites Web 50, 51 sont susceptibles d'être acheminés par l'intermédiaire d'une pluralité de réseaux de

communication par paquets. Un premier réseau de communication 20 par paquets correspond au réseau d'accès par l'intermédiaire duquel l'équipement terminal 10 accède aux services. Un deuxième réseau de communication 30 par paquets correspond à un réseau d'acheminement. Un troisième réseau de communication 40 par paquets correspond au réseau de communication dans lequel est hébergé le premier site Web 50. Un quatrième réseau de communication 41 par paquets correspond au réseau de communication dans lequel est hébergé le deuxième site Web 51. Ainsi un message transmis de l'équipement terminal 10 vers le premier site Web 50 est acheminé par l'intermédiaire des réseaux de communication 20, 30, 40 ; un message transmis de l'équipement terminal 10 vers le deuxième site Web 51 est acheminé par l'intermédiaire des réseaux de communication 20, 30, 41. Il est ici souligné que l'acheminement du message de demande d'écho peut être différent de celui de la réponse à la demande d'écho, notamment au sein de chacun des réseaux de communication.

Nous allons maintenant décrire en relation avec les **figures 2a-2b** le procédé de supervision d'une qualité d'expérience, tel qu'il est mis en œuvre par le dispositif de supervision 15, dans un mode particulier de réalisation. La qualité d'expérience qui est supervisée ici correspond à celle perçue par un utilisateur de l'équipement terminal 10.

Dans une étape E1, le dispositif de supervision 15 obtient un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour entre l'équipement terminal 10, identifié par son adresse, appelée adresse source, et un des premier et deuxième sites Web 50, 51, identifié par sa propre adresse, appelée adresse de destination, pour un intervalle temporel. Ces valeurs de temps d'aller-retour ont été collectées comme décrit précédemment par le dispositif de supervision 15 lui-même ou par l'équipement terminal 10.

Dans une étape E2, le dispositif de supervision 15 initialise des variables de fonctionnement du procédé, notamment une variable résultat P à l'infini, dont l'utilisation est définie par la suite.

Dans une étape de vérification E3, le dispositif de supervision 15 vérifie que le cardinal du premier ensemble est supérieur à un seuil prédéterminé. La valeur de ce seuil prédéterminé, caractérisant l'intervalle temporel, dépend notamment de la durée de l'intervalle temporel et du nombre de messages de demande d'écho transmis pour une date d'observation. Par exemple, si la durée de cet intervalle est d'une journée et pour des rafales de dix demandes d'écho, le nombre de dates d'observation doit être supérieur à douze (soit une toutes les deux heures) et le cardinal du premier ensemble supérieur à soixante (en considérant qu'une réponse est reçue pour une demande d'écho sur deux). Toujours à titre d'exemple, si la durée de cet intervalle est d'une semaine, dans des conditions d'observation identiques, le cardinal du premier ensemble doit être supérieur à 420 valeurs. Il est bien entendu qu'il s'agit ici d'un exemple illustratif pour fixer le seuil prédéterminé. Aucune limitation n'est attachée à cet exemple.

Si, lors de l'étape de vérification E3, le cardinal du premier ensemble est supérieur au seuil prédéterminé, dans une étape E5, le dispositif de supervision 15 détermine la plus petite valeur de temps d'aller-retour d_{\min} du premier ensemble.

5 Dans une étape de détermination E6, le dispositif de supervision 15 détermine relativement à la plus petite valeur d'aller-retour d_{\min} du premier ensemble un deuxième ensemble de valeurs de temps d'aller-retour, dites valeurs relatives. Plus précisément, si d est une valeur de temps d'aller-retour, la valeur relative d_r est égale à la différence entre d et d_{\min} .

10 Dans une étape d'obtention E7 d'une fonction de répartition F des valeurs relatives, le dispositif de supervision 15 associe à une valeur relative donnée d_r une probabilité qu'une valeur relative soit inférieure à cette valeur relative donnée. La probabilité est déterminée sur le deuxième ensemble comme étant le rapport entre le nombre de valeurs relatives inférieures à la valeur relative donnée et le nombre de valeurs relatives du deuxième ensemble.

15 Les **figures 3a et 3b** représentent par exemple deux fonctions de répartition de valeurs relatives de temps d'aller-retour dans deux cas particuliers de fonctionnement. La valeur relative d_r est reportée sur l'axe des abscisses et la probabilité déterminée sur l'axe des ordonnées.

Dans une étape de détermination E8, le dispositif de supervision 15 détermine une valeur relative seuil par détermination du plus grand intervalle de probabilités, pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite.

20 Plus précisément, le dispositif de supervision 15 procède de manière itérative. Ces différentes itérations vont maintenant être décrites en relation avec la figure 2b.

Dans une sous-étape E81 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 initialise des variables de fonctionnement de l'algorithme, notamment une première valeur d'intervalle de probabilités à une valeur prédéterminée et une variable seuil T à l'infini. Cette variable seuil T correspond à un antécédent par la fonction de répartition d'une probabilité particulière, déterminé par la mise en œuvre de l'étape E8. La manière pour l'obtenir est détaillée plus précisément dans les autres sous-étapes de l'étape E8. On note par la suite à l'itération i , $y_{i,1}$ la borne inférieure de l'intervalle de probabilité et $y_{i,2}$ la borne supérieure de l'intervalle de probabilités. L'intervalle de probabilités prédéterminé $[y_{1,1}; y_{1,2}]$ correspond par exemple à $[0,25; 0,45]$. A partir de cet intervalle de probabilités $[y_{1,1}; y_{1,2}]$, le dispositif de supervision 15 détermine alors un intervalle de valeurs relatives, respectivement antécédents par la fonction de répartition $[x_{1,1}; x_{1,2}]$ de l'intervalle de probabilités. Deux points A $(x_{1,1}; y_{1,1})$ et B $(x_{1,2}; y_{1,2})$ de la fonction de répartition sont ainsi déterminés.

35 Dans une sous-étape E82 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 initialise un coefficient d'interpolation seuil Thr à une première valeur Thr_1 prédéterminée. A titre d'exemple, la première valeur Thr_1 correspond à 0,97.

Dans une sous-étape E83 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 détermine si la fonction de répartition entre les points A et B peut être interpolée par une droite D avec un

coefficient d'interpolation linéaire supérieur au coefficient seuil Thr. A titre d'exemple, cette interpolation linéaire est réalisée à l'aide d'une méthode des moindres carrés, connue de l'état de la technique.

5 Dans une sous-étape E84 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 vérifie si une droite a bien été déterminée.

Si tel est le cas, dans une sous-étape E85 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 augmente l'intervalle de probabilités, plus précisément en modifiant la borne supérieure de cet intervalle. A titre d'exemple non limitatif, à l'itération i , il est possible de choisir :

$$y_{i+1,2} = y_{i,2} + 0,1*(1 - y_{i,2}).$$

10 Puis, le dispositif de supervision 15 met à jour la variable seuil T antécédent de $y_{i,2}$ par la fonction de répartition F, c'est-à-dire $y_{i,2}=F(T)$.

Dans un mode de réalisation particulier, dans une sous-étape E86 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 modifie le coefficient seuil Thr à une deuxième valeur Thr2 prédéterminée lorsqu'elle n'est pas déjà cette deuxième valeur. A titre d'exemple, la deuxième valeur Thr2 correspond à 0,98. Ceci permet de diminuer l'erreur d'interpolation linéaire et d'obtenir ainsi une meilleure interpolation linéaire de la fonction de répartition.

Le dispositif de supervision 15 met de nouveau en œuvre la sous-étape E83 pour la première partie de l'itération $i+1$.

20 Lorsqu'à la sous-étape E84 de l'étape E8, aucune droite n'a pas été déterminée, dans une sous-étape E87 de l'étape E8, le dispositif de supervision 15 vérifie la valeur de la variable seuil T.

Si la valeur de la variable seuil T est différente de l'infini et que la borne supérieure de l'intervalle a été augmentée mais que la borne inférieure n'a pas été modifiée, le dispositif de supervision 15 va continuer d'augmenter l'intervalle de probabilités mais en modifiant maintenant la borne inférieure de cet intervalle dans une sous-étape E88 de l'étape E8. A titre d'exemple non limitatif, à l'itération i , il est possible de choisir :

$$y_{i+1,1} = 0,9 * y_{i,1}.$$

Le dispositif de supervision 15 met de nouveau en œuvre la sous-étape E83 pour la deuxième partie de l'itération $i+1$.

30 Si la valeur de la variable seuil T est infinie ou bien que les bornes supérieures et inférieures de l'intervalle des probabilités ont été modifiées, dans une sous-étape E89, le dispositif de supervision 15 fournit comme résultat de l'étape E8 la valeur de la variable seuil T et la valeur du plus grand intervalle de probabilités déterminé.

De retour à la figure 2a, dans une étape E9, le dispositif de supervision 15 détermine s'il a été possible d'approximer la fonction de répartition F avec une droite sur un intervalle de probabilités, c'est-à-dire si la variable seuil T ne prend pas la valeur infinie.

Si la variable seuil T prend la valeur infinie, dans une étape E91, le dispositif de supervision 15 divise l'intervalle temporel en au moins deux nouveaux intervalles temporels, le

premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour étant divisé également en au moins deux sous-ensembles respectivement associés aux nouveaux intervalles temporels, et le procédé de supervision repasse à l'étape E3 pour chacun des sous-ensembles de valeurs de temps d'aller-retour. A titre d'exemple illustratif, si l'intervalle temporel correspond à une durée d'une semaine, il est possible de diviser celui-ci sur des durées d'un jour ; si l'intervalle temporel correspond à une durée d'un jour, il est possible de diviser celui-ci sur des durées d'une heure. Aucune limitation n'est attachée au nombre de nouveaux intervalles temporels et à la façon dont ils sont déterminés.

Si la variable seuil T ne prend pas la valeur infinie, dans une étape E92 de détection d'un changement d'acheminement, le dispositif de supervision recherche un sous-intervalle de l'intervalle temporel, pour lequel les valeurs relatives déterminées à l'étape E6 sont supérieures à la valeur relative seuil, mémorisée dans la variable seuil T.

Plus précisément, le dispositif de supervision recherche à partir de la borne inférieure de l'intervalle temporel un tel sous-intervalle dans un sens de recherche croissant, puis à partir de la borne supérieure de l'intervalle temporel dans un sens de recherche décroissant.

Si le dispositif de supervision trouve un tel sous-intervalle temporel dans l'intervalle temporel, un changement d'acheminement est survenu au cours de l'intervalle temporel. Un tel sous-intervalle temporel correspond à une période pendant laquelle l'acheminement est stable. Le dispositif de supervision associe alors à l'intervalle temporel cette information de changement d'acheminement. Lorsqu'un changement d'acheminement a été détecté, dans une étape E93, le dispositif de supervision divise l'intervalle temporel en deux sous-intervalles de part et d'autre de l'instant correspondant au changement d'acheminement trouvé. Dans une étape E94, la variable seuil T est recopiée dans la variable résultat P associée à un des sous-intervalles temporels, correspondant à la période où l'acheminement est stable. Pour l'autre sous-intervalle temporel, la variable résultat P associée à celui-ci est initialisée à la valeur infinie. Le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour est divisé également en deux sous-ensembles respectivement associés aux sous-intervalles temporels, et le procédé de supervision repasse à l'étape E3 pour chacun des sous-ensembles de valeurs de temps d'aller-retour en tant que premiers ensembles.

Dans le cas contraire, c'est-à-dire si aucun changement d'acheminement n'a été détecté, le dispositif de supervision met en œuvre une étape E95 de division de l'intervalle temporel, similaire à l'étape E91. Dans une étape E96, la variable seuil T est recopiée dans la variable résultat P associée à chacun des sous-intervalles temporels. Le procédé de supervision repasse à l'étape E3 pour chacun des sous-ensembles de valeurs de temps d'aller-retour en tant que premiers ensembles.

Si lors de l'étape de vérification E3, le cardinal du premier ensemble est inférieur au seuil prédéterminé, dans une étape E4, le dispositif de supervision vérifie si la variable résultat P a une valeur différente de l'infini.

Si tel est le cas, dans une étape E42, le dispositif de supervision fournit comme mesure d'expérience la valeur de la variable résultat P associée à un intervalle temporel donné. Pour

rappel, cette variable résultat P correspond à l'antécédent de la borne supérieure du plus grand intervalle de probabilités déterminé par la fonction de répartition $F(y_{1,2}=F(T))$. Les valeurs relatives inférieures à la variable seuil déterminée (mémorisée dans la variable résultat P) sont représentatives d'une qualité d'expérience nominale pendant cet intervalle temporel. L'intervalle temporel est également caractérisé par la borne supérieure du plus grand intervalle de probabilités déterminé et par les valeurs de temps d'aller-retour minimale d_{\min} et maximale du premier ensemble.

Si tel n'est pas le cas, c'est-à-dire si la variable résultat P a une valeur égale à l'infini, il n'a donc pas été possible de déterminer un intervalle de probabilités pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite, le dispositif de supervision 15 indique qu'il n'a pas été possible de déterminer une mesure d'expérience pour cet intervalle temporel.

Des exemples illustratifs de la mise en œuvre du procédé de supervision sont fournis en relation avec les figures 3a et 3b, brièvement présentées précédemment. On rappelle ici que la valeur relative d_r est reportée en millisecondes sur l'axe des abscisses et la probabilité déterminée en pourcentage sur l'axe des ordonnées. La figure 3a correspond au résultat obtenu par la mise en œuvre des étapes du procédé pour un cas particulier dans lequel les valeurs de temps d'aller-retour sont comprises entre 22,7 millisecondes et 31,3 millisecondes pour une durée d'observation d'une semaine. La fonction de répartition dans ce cas particulier a pu être approximée par une droite sur un intervalle de probabilités dont la borne supérieure prend la valeur de 99%, et l'antécédent T par la fonction de répartition de cette borne supérieure prend la valeur de 8,4 millisecondes. Ainsi, pour cet ensemble de valeurs de temps d'aller-retour et pour l'intervalle temporel d'observation, les valeurs relatives inférieures à la variable seuil de 8,4 millisecondes sont représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans cet intervalle temporel, ce qui est le cas pour 99 % des valeurs de temps d'aller-retour. La figure 3a correspond ainsi à un intervalle temporel où la qualité d'expérience est nominale sur quasiment la totalité de la durée d'observation.

La figure 3b correspond au résultat obtenu par la mise en œuvre des étapes du procédé pour un cas particulier dans lequel les valeurs de temps d'aller-retour sont comprises entre 32,6 millisecondes et 65,6 millisecondes pour une durée d'observation d'une semaine. La fonction de répartition dans ce cas particulier a pu être approximée par une droite sur un intervalle de probabilités dont la borne supérieure prend la valeur 90% et l'antécédent T par la fonction de répartition de cette borne supérieure prend la valeur de 9 millisecondes. Ainsi, pour cet ensemble de valeurs de temps d'aller-retour et pour l'intervalle temporel d'observation, les valeurs relatives inférieures à la variable seuil de 9 millisecondes sont représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans cet intervalle temporel, ce qui est le cas pour 90 % des valeurs de temps d'aller-retour. La figure 3b correspond ainsi à un intervalle temporel où la qualité d'expérience est nominale pour 90% des mesures effectuées.

Le procédé de supervision a été décrit dans un mode particulier de réalisation dans lequel pour augmenter l'intervalle de probabilités, le dispositif de supervision 15 augmente dans une première phase la borne supérieure de l'intervalle, puis dans une deuxième phase diminue la borne inférieure de celui-ci. Il est bien entendu que d'autres modes de réalisation sont envisageables, notamment en augmentant simultanément les deux bornes.

Le procédé de supervision a été décrit dans un mode particulier de réalisation dans lequel la détermination de la variable seuil T est effectuée à partir d'un intervalle de probabilités prédéterminé situé dans une partie inférieure de la fonction de répartition F. Ceci permet d'obtenir une variable seuil dans une majorité des cas de fonctionnement. Toutefois, aucune limitation n'est attachée à la situation de cet intervalle de probabilités.

Le procédé de supervision a été décrit dans un mode particulier de réalisation dans lequel une méthode des moindres carrés est utilisée pour approximer la fonction de répartition avec une droite. Aucune limitation n'est attachée à cette méthode, d'autres méthodes permettant d'obtenir une interpolation linéaire pouvant être utilisées.

Le procédé de supervision a été décrit dans un mode particulier de réalisation dans lequel on supervise la qualité d'expérience d'un équipement terminal pour communiquer avec un autre équipement, tel qu'un serveur hébergeant un site Web. Aucune limitation n'est attachée à ce type d'équipement.

Nous allons maintenant décrire un dispositif de supervision 15 d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement pour communiquer avec un deuxième équipement par l'intermédiaire de réseaux de communication par paquets dans un mode particulier de réalisation de l'invention en référence à la **figure 4**.

Un tel dispositif de supervision 15 comprend :

- un module 100 d'émission/réception, agencé pour communiquer avec d'autres équipements ;
- un module de détermination 102 d'un deuxième ensemble de valeurs de temps d'aller-retour à partir d'un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour associées à un intervalle temporel et obtenues par transmission d'une pluralité de messages de demande d'écho du premier équipement vers le deuxième équipement, agencé pour déterminer les valeurs du deuxième ensemble, dites valeurs relatives, relativement à la plus petite valeur d'aller-retour du premier ensemble ;
- un module d'obtention 104 d'une fonction de répartition des valeurs relatives, agencé pour associer à une valeur relative donnée une probabilité, déterminée sur le deuxième ensemble, qu'une valeur relative soit inférieure à ladite valeur relative donnée ;
- un module de détermination 106 d'une valeur relative seuil, agencé pour déterminer le plus grand intervalle de probabilités, pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite, la valeur relative seuil correspondant à l'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure du plus grand intervalle déterminé, les valeurs relatives inférieures à ladite

valeur relative seuil étant représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans cet intervalle temporel ;

- un module de contrôle 108.

5 Dans un premier mode de réalisation, le module 100 d'émission/réception est notamment agencé pour recevoir le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour mesurées pour un intervalle temporel par le terminal 10.

10 Dans un deuxième mode de réalisation, le dispositif de supervision 15 comprend en outre un module 110 de détermination de valeurs de temps d'aller-retour pour former un premier ensemble pour un intervalle temporel. Le module 100 d'émission/réception est alors également agencé pour transmettre des messages de demandes d'échos à destination d'un autre équipement et pour recevoir en retour une réponse au message de demande d'écho transmis.

Dans un mode de réalisation particulier, le module de détermination d'une valeur relative seuil 106 est agencé pour déterminer de manière itérative le plus grand intervalle de probabilités, à partir d'un intervalle de probabilités prédéterminé.

15 Le module de contrôle 108 est notamment agencé pour :

- diviser un intervalle temporel en au moins deux nouveaux intervalles temporels et un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour pour cet intervalle temporel en au moins deux sous-ensembles respectivement associés aux nouveaux intervalles temporels ;
- commander les modules de détermination d'un deuxième ensemble 102, d'obtention d'une fonction de répartition des valeurs relatives 104 et de détermination d'une valeur relative seuil 20 106 pour chaque sous-ensemble associé à un intervalle temporel.

25 Dans un mode de réalisation particulier, le module 108 de contrôle est en outre agencé pour détecter un changement d'acheminement par recherche d'un sous-intervalle de cet intervalle temporel, pour lequel les valeurs relatives déterminées sont supérieures à la valeur relative seuil déterminée par le module de détermination 106.

Dans un mode de réalisation particulier, le module de contrôle 108 déclenche la division de l'intervalle temporel lorsque le module de détermination 106 n'a pas pu approximer la fonction de répartition par une droite pour l'intervalle de probabilité prédéterminé.

30 Les modules 102, 104, 106, 110 sont agencés pour mettre en œuvre le procédé précédemment décrit. Il s'agit de préférence de modules logiciels comprenant des instructions logicielles pour faire exécuter les étapes du procédé précédemment décrit, mises en œuvre par un dispositif de supervision 15. L'invention concerne donc aussi :

- un programme pour un tel dispositif, comprenant des instructions de code de programme destinées à commander l'exécution des étapes du procédé précédemment décrit, lorsque ledit 35 programme est exécuté par ledit dispositif ;
- un support d'enregistrement lisible par un dispositif sur lequel est enregistré le programme pour un tel dispositif.

Les modules logiciels peuvent être stockés dans ou transmis par un support de données. Celui-ci peut être un support matériel de stockage, par exemple un CD-ROM, une disquette magnétique ou un disque dur, ou bien un support de transmission tel qu'un signal électrique, optique ou radio, ou un réseau de télécommunication.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de supervision d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement (10) pour communiquer avec un deuxième équipement (50, 51) par l'intermédiaire de réseaux de communication par paquets, ledit procédé comprenant les étapes suivantes mises en œuvre par un dispositif de supervision (15) pour un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour associées à un intervalle temporel et obtenues par transmission d'une pluralité de messages de demande d'écho du premier équipement vers le deuxième équipement :
- 5
- a/ une étape de détermination (E6) d'un deuxième ensemble de valeurs de temps d'aller-retour déterminées relativement à la plus petite valeur d'aller-retour du premier ensemble, dites valeurs relatives ;
- 10
- b/ une étape d'obtention (E7) d'une fonction de répartition des valeurs relatives, associant à une valeur relative donnée une probabilité, déterminée sur le deuxième ensemble, qu'une valeur relative soit inférieure à ladite valeur relative donnée ;
- 15
- c/ une étape de détermination (E8) d'une valeur relative seuil, dans laquelle le plus grand intervalle de probabilités, pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite, est déterminé, la valeur relative seuil correspondant à l'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure du plus grand intervalle déterminé,
- les valeurs relatives inférieures à ladite valeur relative seuil étant représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans ledit intervalle temporel.
- 20
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel à l'issue des étapes a/, b/ et c/, l'intervalle temporel est divisé (E95) en au moins deux nouveaux intervalles temporels, le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour étant divisé en au moins deux sous-ensembles respectivement associés aux nouveaux intervalles temporels, et les étapes a/, b/, c/ sont de nouveau mises en œuvre pour les sous-ensembles de valeurs en tant que premiers ensembles de valeurs.
- 25
3. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une étape de détection (E92) d'un changement d'acheminement par recherche d'un sous-intervalle dudit intervalle temporel, pour lequel les valeurs relatives déterminées sont supérieures à ladite valeur relative seuil.
- 30
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel les étapes a/, b/, c/ sont de nouveau mises en œuvre de part et d'autre de l'instant correspondant au changement d'acheminement trouvé.
- 35
5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lors de l'étape de détermination d'une valeur relative seuil, le plus grand intervalle de probabilités est déterminé de manière itérative, à partir d'un intervalle de probabilités prédéterminé.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel, lorsqu'il n'est pas possible d'approximer la fonction de répartition par une droite pour l'intervalle de probabilité prédéterminé, l'intervalle temporel est divisé (E91) en au moins deux nouveaux intervalles temporels, le premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour étant divisé en au moins deux sous-ensembles respectivement associés aux nouveaux intervalles temporels, et les étapes a/, b/, c/ sont de nouveau mises en œuvre pour les sous-ensembles de valeurs en tant que premiers ensembles.
7. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre, préalablement à l'étape de détermination de la valeur relative seuil, une étape de vérification (E3) que le cardinal du premier ensemble est supérieur à un seuil prédéterminé.
8. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le premier ensemble comprend des valeurs de temps aller-retour respectivement associées à des messages de demande d'écho transmis en rafale.
9. Dispositif (15) de supervision d'une qualité d'expérience d'un utilisateur d'un premier équipement (10) pour communiquer avec un deuxième équipement (50, 51) par l'intermédiaire de réseaux de communication par paquets, comprenant :
- des moyens de détermination (102) d'un deuxième ensemble de valeurs de temps d'aller-retour à partir d'un premier ensemble de valeurs de temps d'aller-retour associées à un intervalle temporel et obtenues par transmission d'une pluralité de messages de demande d'écho du premier équipement vers le deuxième équipement, agencés pour déterminer les valeurs du deuxième ensemble, dites valeurs relatives, relativement à la plus petite valeur d'aller-retour du premier ensemble ;
 - des moyens d'obtention (104) d'une fonction de répartition des valeurs relatives, agencés pour associer à une valeur relative donnée une probabilité, déterminée sur le deuxième ensemble, qu'une valeur relative soit inférieure à ladite valeur relative donnée ;
 - des moyens de détermination (106) d'une valeur relative seuil, agencés pour déterminer le plus grand intervalle de probabilités, pour lequel la fonction de répartition est approximée par une droite, la valeur relative seuil correspondant à l'antécédent par la fonction de répartition de la borne supérieure du plus grand intervalle déterminé, les valeurs relatives inférieures à ladite valeur relative seuil étant représentatives d'une qualité d'expérience nominale dans ledit intervalle temporel.
10. Dispositif de supervision selon la revendication 10, comprenant en outre des moyens de détermination (110) de valeurs de temps d'aller-retour pour former un premier ensemble pour un intervalle temporel.

11. Programme pour un dispositif de supervision, comprenant des instructions de code de programme destinées à commander l'exécution des étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 8, lorsque ledit programme est exécuté par ledit dispositif.

5

12. Support d'enregistrement lisible par un dispositif de supervision sur lequel est enregistré le programme selon la revendication 11.

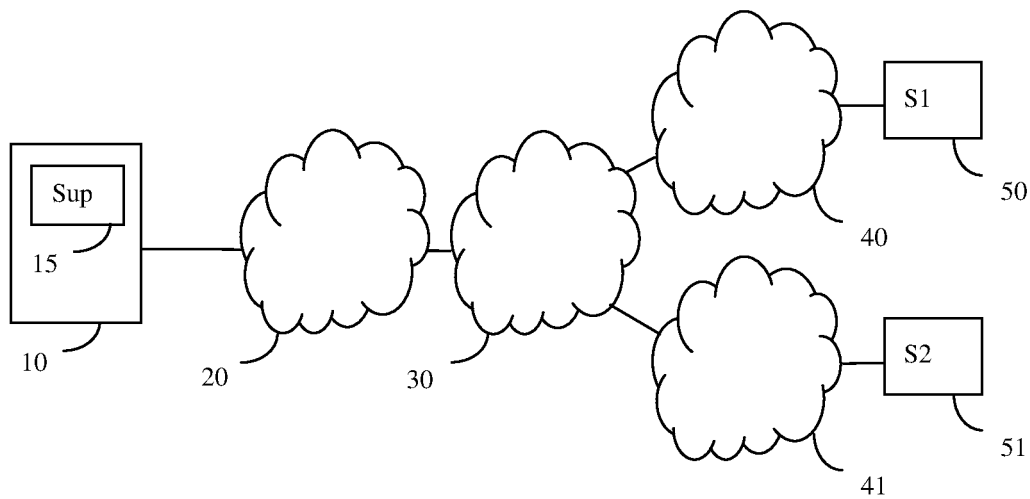


Fig. 1

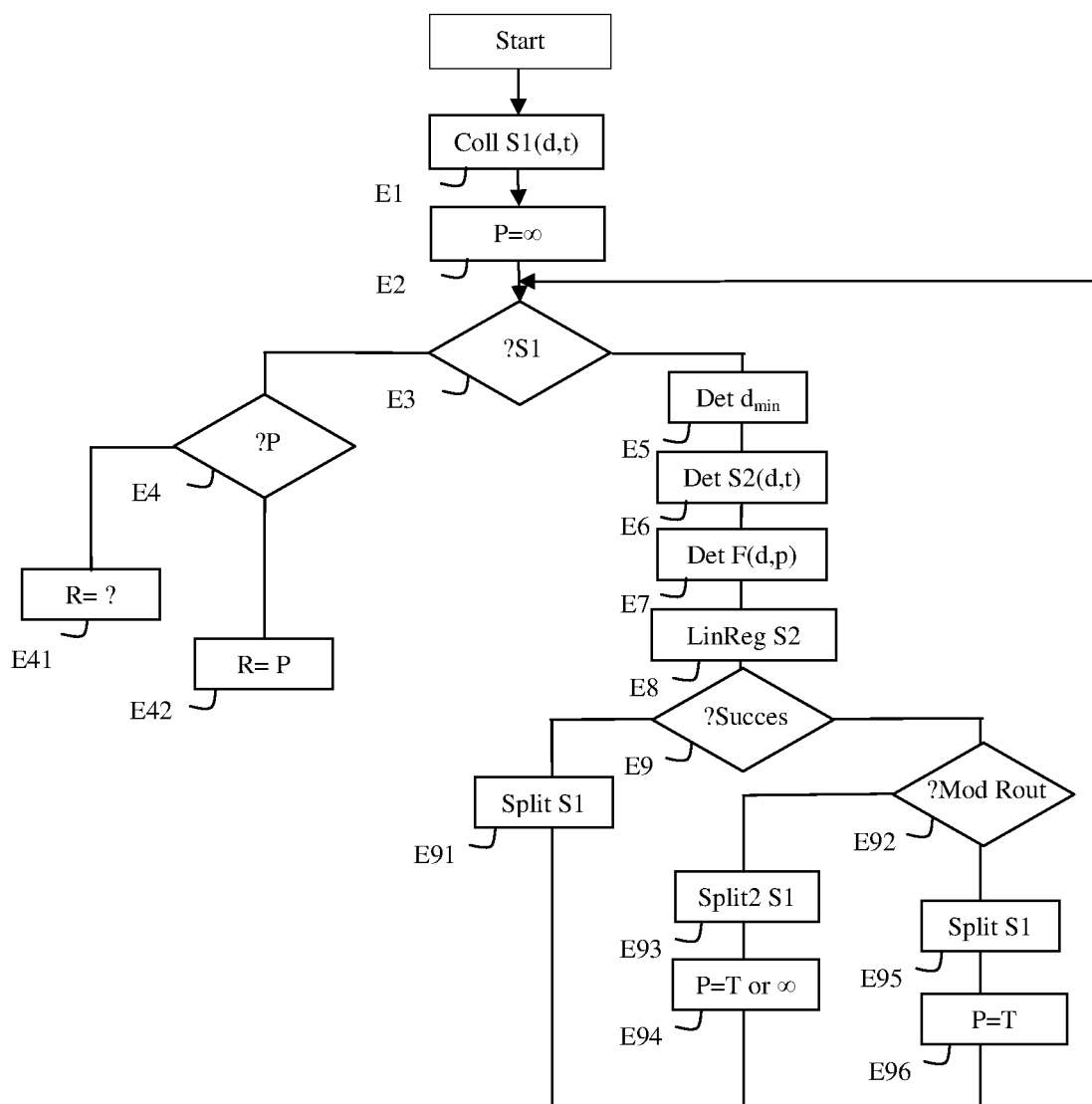


Fig. 2a

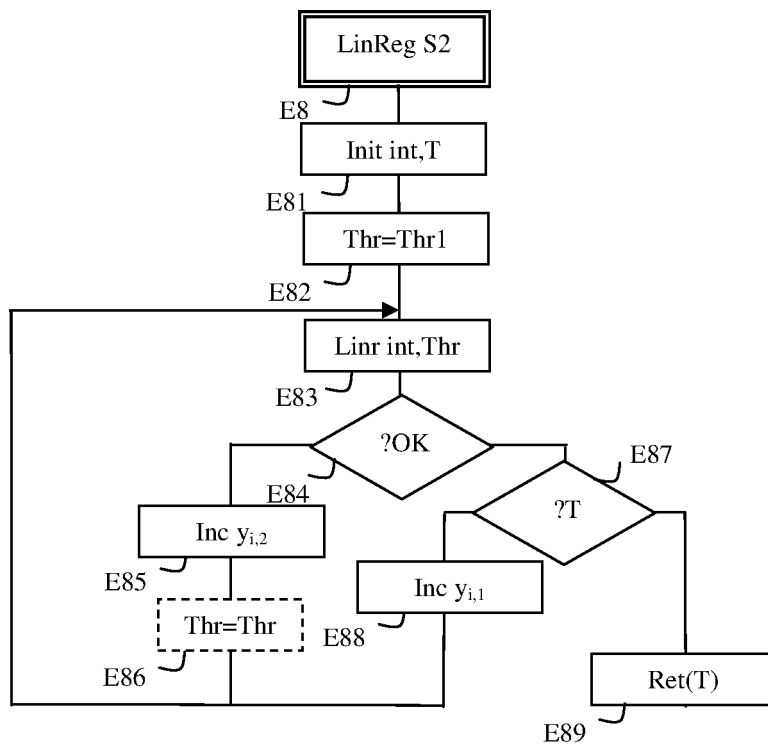


Fig. 2b

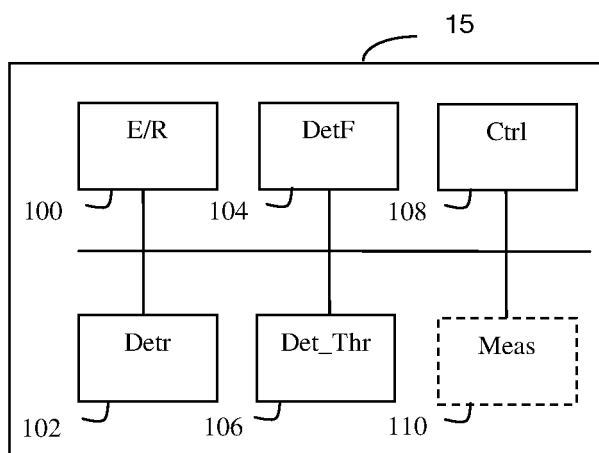


Fig. 4

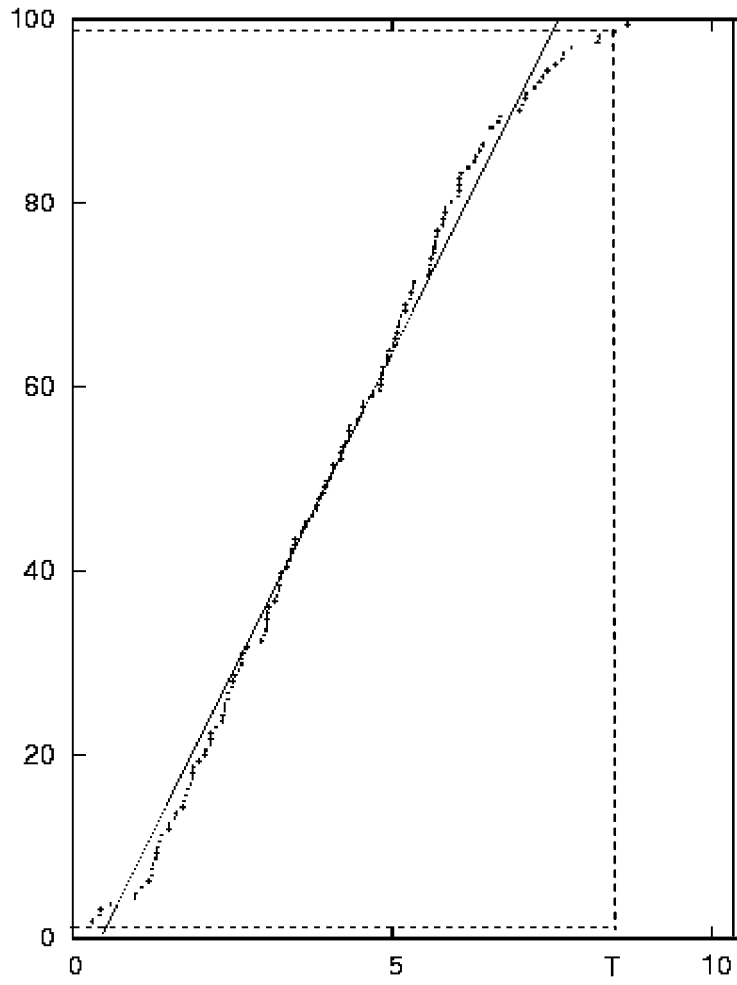


Fig. 3a

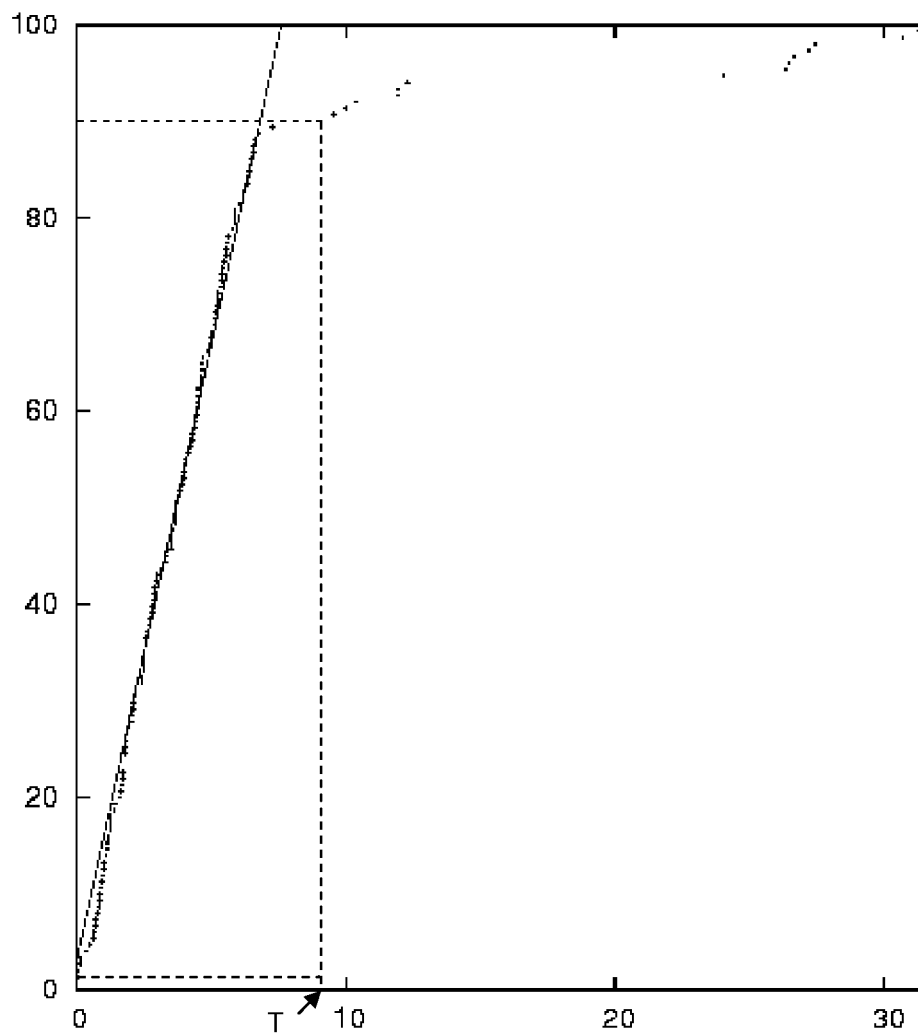


Fig. 3b



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 759419
FR 1161936

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DOWNEY A B: "USING PATHCHAR TO ESTIMATE INTERNET LINK CHARACTERISTICS", COMPUTER COMMUNICATION REVIEW, ACM, NEW YORK, NY, US, vol. 29, no. 4, 1 octobre 1999 (1999-10-01), pages 241-250, XP000852202, ISSN: 0146-4833, DOI: 10.1145/316194.316228 * le document en entier * -----	1-12	H04L12/56 H04L12/24
A	LE-THU NGUYEN ET AL: "Modelling of Quality of Experience for Web Traffic", NETWORK APPLICATIONS PROTOCOLS AND SERVICES (NETAPPS), 2010 SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22 septembre 2010 (2010-09-22), pages 84-89, XP031801422, ISBN: 978-1-4244-8048-7 * le document en entier * -----	1-12	
A	US 2002/124080 A1 (LEIGHTON F THOMSON [US] ET AL) 5 septembre 2002 (2002-09-05) * alinéa [0009] * * alinéa [0033] * * alinéa [0039] - alinéa [0115] * -----	1-12	H04L
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 août 2012		Eraso Helguera, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1161936 FA 759419**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-08-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002124080	A1	05-09-2002	AUCUN
