

Groupe de travail Réseau  
**Request for Comments: 5644**  
 Catégorie : Sur la voie de la normalisation  
 Traduction Claude Brière de L'Isle

E. Stephan, France Telecom  
 L. Liang, University of Surrey  
 A. Morton, AT&T Labs  
 octobre 2009

## Métriques de performances IP (IPPM) : spatiales et diffusion groupée

### Résumé

L'IETF a normalisé les métriques de performances IP (IPPM, *IP Performance Metrics*) pour mesurer les performances de bout en bout entre deux points. Le présent mémoire définit deux nouvelles catégories de métriques qui étendent la couverture à plusieurs points de mesure. Il définit des métriques spatiales pour mesurer les performances de segments d'un chemin d'une source à une destination, et des métriques pour mesurer les performances entre une source et de nombreuses destinations dans des communications multi parties (par exemple, une arborescence de diffusion groupée).

### Statut du présent mémoire

Le présent document spécifie un protocole de l'Internet sur la voie de la normalisation pour la communauté de l'Internet, et appelle à des discussions et suggestions pour son amélioration. Prière de se référer à l'édition en cours des "Protocoles officiels de l'Internet" (STD 1) pour voir l'état de normalisation et le statut de ce protocole. La distribution du présent mémoire n'est soumise à aucune restriction.

### Notice de droits de reproduction

Copyright (c) 2009 IETF Trust et les personnes identifiées comme auteurs du document. Tous droits réservés.

Le présent document est soumis au BCP 78 et aux dispositions légales de l'IETF Trust qui se rapportent aux documents de l'IETF (<http://trustee.ietf.org/license-info>) en vigueur à la date de publication de ce document. Prière de revoir ces documents avec attention, car ils décrivent vos droits et obligations par rapport à ce document.

Le présent document peut contenir des matériaux provenant de documents de l'IETF ou de contributions à l'IETF publiées ou rendues disponibles au public avant le 10 novembre 2008. La ou les personnes qui ont le contrôle des droits de reproduction sur tout ou partie de ces matériaux peuvent n'avoir pas accordé à l'IETF Trust le droit de permettre des modifications de ces matériaux en dehors du processus de normalisation de l'IETF. Sans l'obtention d'une licence adéquate de la part de la ou des personnes qui ont le contrôle des droits de reproduction de ces matériaux, le présent document ne peut pas être modifié en dehors du processus de normalisation de l'IETF, et des travaux dérivés ne peuvent pas être créés en dehors du processus de normalisation de l'IETF, excepté pour le formater en vue de sa publication comme RFC ou pour le traduire dans une autre langue que l'anglais.

## Table des matières

1. Introduction et domaine d'application.....	2
1.1 Langage des exigences.....	3
2. Terminologie.....	3
2.1 Désignation des métriques.....	3
2.2 Termes définis ailleurs.....	3
2.3 Résumé des routeurs.....	3
2.4 Métrique multi parties.....	3
2.5 Métrique spatiale.....	3
2.6 Métrique de un à groupe.....	3
2.7 Points d'intérêt.....	3
2.8 Point de référence.....	4
2.9 Vecteur.....	5
2.10 Matrice.....	5
3. Brèves descriptions de métriques.....	5
4. Motifs.....	7
4.1 Motivations des métriques spatiales.....	7
4.2 Motivations des métriques de un à plusieurs.....	7
4.3 Discussion sur les métriques de groupe à un et de groupe à groupe.....	7
5. Définitions des métriques de vecteur spatial.....	8
5.1 Définition du vecteur de délai spatial unidirectionnel.....	8

5.2 Définition du vecteur de perte de paquet spatial.....	9
5.3 Définition du vecteur ipdv spatial unidirectionnel.....	10
5.4 Méthodologie spatiale.....	11
6. Définitions des métriques de segment spatial.....	12
6.1 Définition d'un échantillon de délai unidirectionnel d'un segment du chemin.....	12
6.2 Définition d'un échantillon de perte de paquets d'un segment du chemin.....	13
6.3 Définition d'un échantillon d'ipdv d'un segment utilisant la fonction de choix de paquet précédent.....	14
6.4 Définition d'un échantillon d'ipdv d'un segment utilisant la fonction de choix du délai minimum.....	15
7. Définitions des métriques de un à groupe.....	16
7.1 Définition du délai de un à groupe.....	16
7.2 Définition de perte de paquet de un à groupe.....	17
7.3 Définition d'ipdv de un à groupe.....	17
8. Statistiques d'échantillons de un à groupe.....	18
8.1 Discussion de l'impact de la perte de paquet sur les statistiques.....	20
8.2 Paramètres généraux de la métrique.....	20
8.3 Statistiques de délai d'un à groupe.....	21
8.4 Statistiques de perte de paquet de un à groupe.....	22
8.5 Statistiques de variation de délai de un à groupe.....	24
9. Méthodes de mesure : adaptabilité et rapports.....	24
9.1 Méthodes de calcul.....	25
9.2 Mesure.....	25
9.3 Effet du temps et de l'ordre d'agrégation dans l'espace sur les statistiques.....	25
10. Considérations de gestion.....	27
10.1 Rapport de métrique spatiale.....	27
10.2 Rapport de métrique de un à groupe.....	27
10.3 Identification de la métrique.....	28
10.4 Modèle d'information.....	28
11. Considérations sur la sécurité.....	29
11.1 Métriques spatiales.....	30
11.2 Métriques de un à groupe.....	30
12. Remerciements.....	30
13. Considérations relatives à l'IANA.....	30
14. Références.....	32
14.1 Références normatives.....	32
14.2 Références pour information.....	33
Adresse des auteurs.....	33

## 1. Introduction et domaine d'application

L'IETF a normalisé les métriques de performances IP (IPPM, *IP Performance metrics*) pour mesurer les performances de bout en bout entre deux points. Le présent mémoire définit deux nouvelles catégories de métriques qui étendent la couverture de plusieurs points de mesures. Il définit des métriques spatiales pour mesurer les performances de segments d'un chemin d'une source à une destination, et des métriques pour mesurer les performances entre une source et de nombreuses destinations dans des communications multi parties (par exemple, une arborescence de diffusion groupée).

L'objet du présent mémoire est de définir des métriques pour satisfaire les nouvelles exigences de mesure qui impliquent plusieurs points de mesure. Les métriques spatiales mesurent les performances de chaque segment le long d'un chemin. Les métriques de un à plusieurs mesurent les performances pour un groupe d'utilisateurs. Ces métriques sont dérivées des métriques unidirectionnelles de bout en bout, qui suivent toutes le cadre IPPM de la [RFC2330].

Le présent mémoire est organisé comme suit : la Section 2 introduit les nouveaux termes qui étendent le cadre original de IPPM [RFC2330]. La Section 3 introduit brièvement les nouvelles métriques, et la Section 4 motive chaque catégorie de métrique. Les Sections 5 à 8 développent chaque catégorie de métrique avec des définitions et des statistiques. Ensuite, le mémoire discute l'impact des méthodes de mesure sur l'adaptabilité et propose un modèle d'information pour rapporter les mesures. Finalement, le mémoire discute les aspects de sécurité relatifs aux mesures et enregistre les métriques dans le registre de l'IANA des métriques de performances IP de la [RFC4148].

Le domaine d'application du présent mémoire est limité aux métriques qui utilisent un seul paquet ou flux de source, et les observations des paquets correspondants le long du chemin (spatial) à une ou plusieurs destinations (d'un à plusieurs) ou les deux. Noter que toutes les métriques définies ici se fondent sur les observations de paquets dédiés à l'essai, processus

appelé "mesure active". Les mesures passives (par exemple, une métrique spatiale fondée sur l'observation du trafic d'utilisateur) sortent du domaine d'application du présent mémoire.

## 1.1 Langage des exigences

Les mots clés "DOIT", "NE DOIT PAS", "EXIGE", "DEVRA", "NE DEVRA PAS", "DEVRAIT", "NE DEVRAIT PAS", "RECOMMANDE", "PEUT", et "FACULTATIF" en majuscules dans ce document sont à interpréter comme décrit dans le BCP 14, [RFC2119].

## 2. Terminologie

### 2.1 Désignation des métriques

Les noms des métriques, y compris en lettres majuscules, sont aussi proches que possible des noms des métriques unidirectionnelles de bout en bout dont ils sont déduits.

### 2.2 Termes définis ailleurs

hôte : Section 5 de la RFC 2330

routeur : Section 5 de la RFC 2330

seuil de perte : paragraphe 2.8.2 de la RFC 2680

chemin : Section 5 de la RFC 2330

échantillon : Section 11 de la RFC 2330

singleton : Section 11 de la RFC 2330

### 2.3 Résumé des routeurs

La liste des routeurs sur le chemin de la source à la destination qui agissent comme points d'intérêt, aussi appelée le résumé des routeurs.

### 2.4 Métrique multi parties

Une métrique est dite multi parties si la topologie implique plus d'un point de collecte de mesures. Toutes les métriques multi parties désignent un ensemble d'hôtes comme des "points d'intérêt", où un hôte est la source et les autres hôtes sont les points de collecte de mesures. Par exemple, si l'ensemble de points d'intérêt est  $\langle ha, hb, hc, \dots, hn \rangle$ , où  $ha$  est la source et  $\langle hb, hc, \dots, hn \rangle$  sont les destinations, alors des mesures peuvent être faites entre  $\langle ha, hb \rangle$ ,  $\langle ha, hc \rangle$ , ...,  $\langle ha, hn \rangle$ .

Pour les besoins du présent mémoire (reflétant la portée d'une seule source) les seules métriques multi parties sont des métriques de un à plusieurs.

### 2.5 Métrique spatiale

Une métrique est dite être spatiale si un des hôtes (points de collecte de mesures) impliqué n'est ni la source ni une destination du ou des paquets mesurés. De tels hôtes de mesures vont généralement être des routeurs qui sont membres du résumé des routeurs.

### 2.6 Métrique de un à groupe

Une métrique est dite être de un à plusieurs si le paquet mesuré est envoyé par une source et (potentiellement) reçu par plus d'une destination. Donc, la topologie du groupe de communication peut être vue comme une topologie de distribution par un centre ou serveur-client avec la source comme centre/serveur dans la topologie.

### 2.7 Points d'intérêt

Les points d'intérêt sont (selon la définition de la RFC 2330, "hôtes" inclut les nœuds d'acheminement) les hôtes points de collecte de mesures, qui sont un sous-ensemble de l'ensemble des hôtes impliqués dans la livraison des paquets (en plus de

la source elle-même).

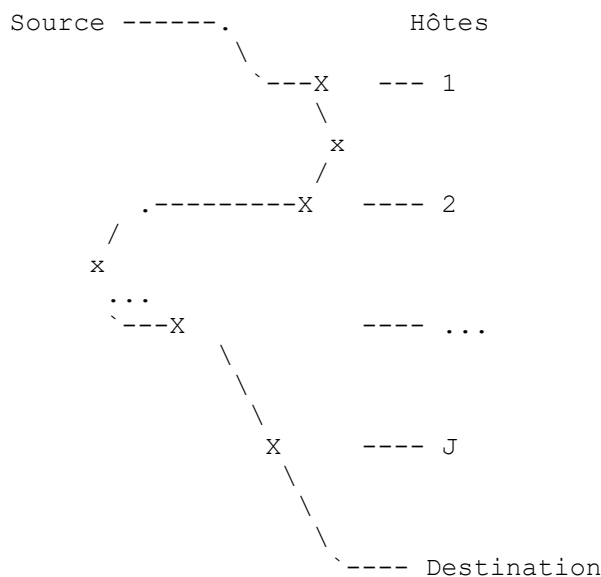
Pour les métriques spatiales, les points d'intérêt sont un sous ensemble (éventuellement arbitraire) de tous les routeurs impliqués dans le chemin.

Les points d'intérêt des métriques de un à plusieurs sont les hôtes de destination prévus des paquets provenant de la source (en plus de la source elle-même).



**Figure 1 : Points d'intérêt de un à plusieurs**

Un point d'intérêt candidat pour des métriques spatiales est un routeur de l'ensemble des routeurs impliqués dans la livraison des paquets de la source à la destination.



Note : 'X' sont les nœuds qui sont des points d'intérêt,  
 'x' sont des nœuds qui ne sont pas des points d'intérêt

**Figure 2 : Points d'intérêt spatiaux**

**2.8 Point de référence**

Un point de référence est défini comme le serveur où les calculs statistiques vont être effectués. C'est généralement un serveur centralisé dans l'architecture de mesures qui est contrôlé par un opérateur de réseau, où les données de mesures peuvent être collectées pour la suite du traitement. Le point de référence est distinctement différent des hôtes aux points de collecte de mesures, où les mesures réelles sont effectuées (par exemple, les points d'intérêt).

**2.9 Vecteur**

Un vecteur est un ensemble de singletons (résultat atomique seul) comportant les observations correspondant à un seul paquet de source à différents hôtes dans un réseau. Par exemple, si les singletons de délai unidirectionnel observé à N receveurs pour le paquet P envoyé par la source Src sont dT1, dT2,..., dTN, alors un vecteur V avec N éléments peut être organisé comme {dT1, dT2,..., dTN}. L'élément dT1 est distinct de tous les autres car le singleton au receveur 1 en réponse à un paquet envoyé de la source à un instant spécifique. Le vecteur complet donne des informations sur la dimension de l'espace, un ensemble de N receveurs dans cet exemple.

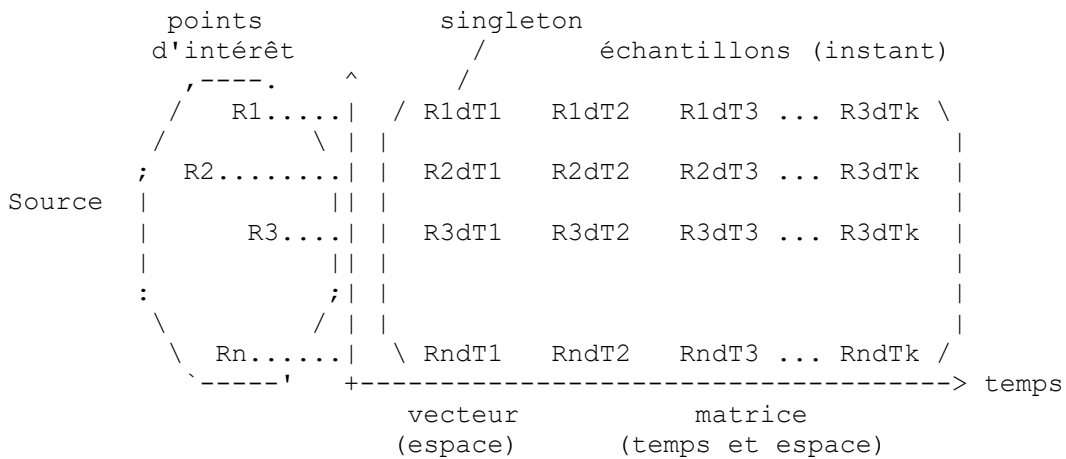
Les éléments singletons de tout vecteur sont distinctement différents de chaque autre en termes de leur point de collecte de mesure. Différents vecteurs pour des points de mesure d'intérêt communs sont distingués par leur heure d'envoi du paquet de source.

**2.10 Matrice**

Plusieurs vecteurs forment une matrice, qui contient les résultats observés sur un intervalle d'échantillonnage à différents endroits d'un réseau à des instants différents. Par exemple, les vecteurs de délai unidirectionnel V1={dT11, dT12,..., dT1N}, V2={dT21, dT22,..., dT2N},..., Vm={dTm1, dTm2,..., dTmN} pour les paquets P1, P2,...,Pm, forment une matrice de délai unidirectionnel {V1, V2,...,Vm}. La matrice organise les informations de vecteur pour présenter les performances du réseau dans l'espace et le temps.

Une matrice uni-dimensionnelle (rangée) correspond à un échantillon dans une simple mesure point à point.

La relation entre un singleton, un échantillon, un vecteur, et une matrice est illustrée à la Figure 3.



**Figure 3 : Relations entre singletons, échantillons, vecteurs, et matrice**

**3. Brèves descriptions de métriques**

Les métriques pour les mesures spatiales et de un à plusieurs se fondent sur les métriques de source à destination, ou de bout en bout définies par l'IETF dans les [RFC2679], [RFC2680], [RFC3393], et [RFC3432].

Le présent mémoire définit sept nouvelles métriques spatiales en utilisant le cadre de paramètres, d'unités de mesure, et de méthodologies de mesure de la [RFC2330]. Chaque définition inclut une section qui décrit les contraintes et problèmes de mesure, et fournit des lignes directrices pour augmenter la précision des résultats.

Les métriques spatiales sont :

- o Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector (*vecteur de délai unidirectionnel spatial de type P*) divise le Type-P-One-way-Delay (*délai unidirectionnel de type P*) de bout en bout [RFC2679] en un vecteur spatial de singletons de délai unidirectionnel.
- o Type-P-Spatial-One-way-Packet-Loss-Vector (*vecteur de perte de paquet unidirectionnelle spatiale de type P*) divise

un Type-P-One-way-Packet-Loss (*perte de paquet unidirectionnelle de type P*) de bout en bout [RFC2680] en un vecteur spatial de singletons de perte de paquet.

- o Type-P-Spatial-One-way-ipdv-Vector (*vecteur IPDV unidirectionnel spatial de type P*) divise un Type-P-One-way-ipdv (*IPDV unidirectionnelle de type P*) de bout en bout en un vecteur spatial de singletons de variation de délai de paquet IP (ipdv, *IP Packet Delay Variation*).
- o En utilisant les éléments de la métrique de Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector, un échantillon appelé Type-P-Segment-One-way-Delay-Stream (*flux de délai unidirectionnel de segment de type P*) collecte des métriques de délai unidirectionnel entre deux points d'intérêt sur le chemin pendant un temps.
- o De même, en utilisant les éléments de la métrique Type-P-Spatial-Packet-Loss-Vector, un échantillon appelé Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream (*flux de perte de paquet de segment de type P*) collecte les métriques de délai unidirectionnel entre deux points d'intérêt sur le chemin pendant un temps.
- o En utilisant la métrique Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector, un échantillon appelé Type-P-Segment-ipdv-prev-Stream (*flux de ipdv précédente de segment de type P*) va être introduit pour calculer des métriques ipdv (en utilisant la fonction précédente de choix de paquets) entre deux points d'intérêt sur le chemin pendant un temps.
- o En utilisant encore la métrique Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector, un échantillon appelé Type-P-Segment-ipdv-min-Stream (*flux de ipdv minimum de segment de type P*) va définir un autre ensemble de métriques ipdv (en utilisant la fonction de choix de délai minimum de paquet) entre deux points d'intérêt sur le chemin pendant un temps.

Le mémoire définit trois métriques de un à groupe pour mesurer les performances unidirectionnelles entre une source et un groupe de receveurs. Ce sont :

- o Type-P-One-to-group-Delay-Vector (*vecteur de délai de un à groupe de type P*) qui collecte l'ensemble de singletons Type-P-One-way-Delay entre un envoyeur et N receveurs ;
- o Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector (*vecteur de perte de paquet de un à groupe de type P*) qui collecte l'ensemble de singletons Type-P-One-way-Packet-Loss entre un envoyeur et N receveurs, et
- o Type-P-One-to-group-ipdv-Vector (*vecteur d'ipdv de un à groupe de type P*) qui collecte l'ensemble de singletons Type-P-One-way-ipdv entre un envoyeur et N receveurs.

Finalement, sur la base des métriques de vecteur de un à groupe mentionnées ci-dessus, des statistiques sont définies pour capturer les performances d'un seul receveur, d'un groupe, et les performances relatives pour une communication multi parties :

- o En utilisant le Type-P-One-to-group-Delay-Vector, une métrique appelée Type-P-One-to-group-Receiver-n-Mean-Delay, ou RnMD, présente la moyenne des délais entre un envoyeur et un seul receveur "n". À partir de cette métrique, trois métriques supplémentaires sont définies pour caractériser le délai moyen sur le groupe entier de receveurs durant le même intervalle de temps :
  - \* Type-P-One-to-group-Mean-Delay, ou GMD, présente la moyenne des délais,
  - \* Type-P-One-to-group-Range-Mean-Delay, ou GRMD, présente la gamme des délais moyens, et
  - \* Type-P-One-to-group-Max-Mean-Delay, ou GMMD, présente le maximum des délais moyens.
- o En utilisant le Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector, une métrique appelée Type-P-One-to-group-Receiver-n-Loss-Ratio, ou RnLR, capture le taux de perte de paquets entre un envoyeur et un seul receveur "n". Sur la base de cette définition, deux métriques supplémentaires sont définies pour caractériser la perte de paquet sur le groupe entier durant le même intervalle de temps :
  - \* Type-P-One-to-group-Loss-Ratio, ou GLR, capture le taux global de perte de paquet pour le groupe entier de receveurs, et
  - \* Type-P-One-to-group-Range-Loss-Ratio, ou GRLR, présente le taux comparé de perte de paquet durant l'intervalle d'essai entre un envoyeur et N receveurs.
- o En utilisant le Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector, une métrique appelée Type-P-One-to-group-Receiver-n-Comp-Loss-Ratio, ou RnCLR, calcule un taux de perte de paquet en utilisant le nombre maximum de paquets reçus chez tout receveur.
- o En utilisant le Type-P-One-to-group-ipdv-Vector, une métrique appelée Type-P-One-to-group-Range-Delay-Variation, ou GRDV, présente la gamme de variation de délai entre un envoyeur et un groupe de receveurs.

## 4. Motifs

Toutes les métriques IPPM existantes sont définies pour une mesure de bout en bout (de la source à la destination) de chemins de point à point. Il est logique de les étendre à des situations multi parties comme les métriques de trajectoire de un à un et de un à multi points.

### 4.1 Motivations des métriques spatiales

Les métriques spatiales sont nécessaires pour :

- o Décomposer les performances d'un chemin inter-domaines pour quantifier la contribution par système autonome (AS, *Autonomous System*) aux performances de bout en bout.
- o L'ingénierie du trafic et la correction des problèmes, qui bénéficient d'une vue spatiale du délai unidirectionnel et de la consommation d'ipdv, ou l'identification du segment de chemin où les paquets ont été perdus.
- o Surveillance des performances décomposées d'une arborescence de diffusion groupée sur la base des communications MPLS en point à multi points.
- o Diviser les métriques de bout en bout, afin que des mesures de segments puissent être réutilisées et aider les systèmes de mesure à atteindre une couverture à grande échelle. Les mesures spatiales pourraient caractériser les performance d'un segment intra-domaine et fournir des éléments d'information élémentaires nécessaires pour estimer les performances inter-domaines pour une autre destination en utilisant les métriques de composition spatiale [RFC6049].

### 4.2 Motivations des métriques de un à plusieurs

Alors que les mesures spatiales fondées sur le nœud à nœud peuvent fournir des données très utiles vues de chaque connexion, on a aussi besoin de mesures pour présenter les performances d'une topologie de communication multi parties. Une simple métrique de point à point ne peut pas décrire complètement la situation multi parties. Les nouvelles métriques de un à plusieurs témoignent des performances de plusieurs chemins pour une analyse statistique plus poussée. Les nouvelles métriques sont appelées des métriques de performances de un à plusieurs, et se fondent sur les métriques d'envoi individuel définies par les RFC IPPM. Les métriques de un à plusieurs sont des métriques unidirectionnelles d'une source à un groupe de destinations ou receveurs. Les métriques aident à juger des performances globales d'un réseau de communications multi partie et à décrire les variations de performances à travers un groupe de destinations.

Les métriques de performance de un à plusieurs sont nécessaires pour :

- o Dessiner et construire des arborescences de diffusion groupée et des chemins de commutation d'étiquettes (LSP, *Label Switched Path*) de point à multipoints MPLS.
- o Évaluer et contrôler la qualité des services de diffusion groupée, y compris inter domaines.
- o Présenter et évaluer les exigences de performances pour les communications multi parties et la diffusion groupée en chevauchement.

Pour comprendre les performances de transfert de paquet entre une source et tout receveur individuel dans le groupe de communication multi-parties, on a besoin de collecter des métriques instantanées de bout en bout, ou singletons. Cela donne une vue très détaillée des performances de chaque branche de l'arborescence de diffusion groupée, et peut donner des informations claires et utiles aux ingénieurs pour identifier la branche qui pose des problèmes dans une arborescence complexe d'acheminement multi parties.

Les métriques de un à plusieurs décrites dans le présent mémoire introduisent la topologie multi parties dans le cadre IPPM, et elles décrivent les performances réalisées sur un groupe qui reçoit des paquets de la même source. Le concept s'étend du "chemin" de la mesure point à point à une "arborescence des chemins" pour couvrir des topologies de un à beaucoup. Si elle est appliquée à une topologie de un à un, la métrique de un à plusieurs donne exactement le même résultat que la métrique de un à un correspondante.

### 4.3 Discussion sur les métriques de groupe à un et de groupe à groupe

On note que des points d'intérêt peuvent aussi être choisis pour définir des mesures sur des topologies de groupe à un et de groupe à groupe. Ces topologies sortent du domaine du présent mémoire, parce qu'elles impliqueraient plusieurs paquets lancés de sources différentes. Cependant, ce paragraphe donne quelques indication sur ces deux cas.

Les mesures pour une topologie de groupe à un peuvent être facilement déduites de la mesure de un à plusieurs. Le point de mesure est l'hôte qui agit comme receveur tandis que tous les autres hôtes agissent comme des sources dans ce cas.

La topologie de communication de groupe à groupe n'a pas de point focal évident : les sources et les points de collecte de mesures peuvent être n'importe où. Cependant, il est possible d'organiser le problème en appliquant les mesures dans les topologies de un à plusieurs ou de groupe à un pour chaque hôte de façon uniforme (sans tenir compte de la façon dont la communication réelle pourrait être effectuée). Par exemple, un groupe d'hôtes  $\langle ha, hb, hc, \dots, hn \rangle$  pourrait agir comme des sources pour envoyer des données à un autre groupe d'hôtes  $\langle Ha, Hb, Hc, \dots, Hm \rangle$ , et il peut être organisé en n ensembles de points d'intérêt pour les communications de un à plusieurs :

$\langle ha, Ha, Hb, Hc, \dots, Hm \rangle, \langle hb, Ha, Hb, Hc, \dots, Hm \rangle, \langle hc, Ha, Hb, Hc, \dots, Hm \rangle, \dots, \langle hn, Ha, Hb, Hc, \dots, Hm \rangle.$

## 5. Définitions des métriques de vecteur spatial

Cette Section définit les vecteurs pour la décomposition spatiale de métriques de singleton de bout en bout sur un chemin.

Les métriques de vecteur spatial sont fondées sur la décomposition des métriques standard de bout en bout définies par le groupe de travail IPPM dans les [RFC2679], [RFC2680], [RFC3393], et [RFC3432].

Les définitions de vecteur spatial sont couplées avec les métriques de bout en bout correspondantes. Les aspects de méthodologie de mesure sont communs à tous les vecteurs définis et sont par conséquent discutés dans un paragraphe commun.

### 5.1 Définition du vecteur de délai spatial unidirectionnel

Ce paragraphe est couplé avec la définition de Type-P-One-way-Delay à la Section 3 de la [RFC2679]. Quand un paramètre provenant de la définition de la [RFC2679] est réutilisé ici, la première instance va être marquée d'un astérisque.

Les paragraphes 3.5 à 3.8 de la [RFC2679] donnent les exigences et les déclarations d'applicabilité pour les mesures de délai unidirectionnel de bout en bout. Elles sont applicables à chaque point d'intérêt,  $H_i$ , impliqué dans la mesure. Les mesures de délai spatial unidirectionnel DOIVENT les respecter, en particulier celles relatives à la méthodologie, à l'horloge, aux incertitudes, et aux rapports.

#### 5.1.1 Nom de métrique

Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector

#### 5.1.2 Paramètres de métrique

Src*	adresse IP de l'expéditeur.
Dst*	adresse IP du destinataire.
i	entier dans la liste ordonnée $\langle 1, 2, \dots, n \rangle$ des routeurs dans le chemin.
$H_i$	un routeur du résumé des routeurs.
T*	instant, instant d'envoi (ou d'observation initiale) pour un paquet mesuré.
dT*	délai, délai unidirectionnel pour un paquet mesuré.
dTi	délai, délai unidirectionnel pour un paquet mesuré de la source au routeur $H_i$ .
$\langle dT_1, \dots, dT_i, \dots, dT_n \rangle$	liste de n singletons de délai.
Type-P*	spécification du type de paquet.
$\langle H_1, H_2, \dots, H_n \rangle$	résumé des routeurs.

#### 5.1.3 Unités de métrique

La valeur de Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector est une séquence d'instantanés (un nombre réel dans la dimension de secondes avec une résolution suffisante pour porter les résultats).

#### 5.1.4 Définition

Étant donné un paquet de type P envoyé par la source Src à l'instant du réseau (premier bit) T au destinataire Dst sur le chemin

$\langle H1, H2, \dots, Hn \rangle$ , il y a une séquence de valeurs  $\langle T+dT1, T+dT2, \dots, T+dTn, T+dT \rangle$  telle que  $dT$  soit le Type-P-One-way-Delay (*délai unidirectionnel de type P*) de Src à Dst, et pour chaque  $H_i$  du chemin,  $T+dT_i$  est soit un a nombre réel correspondant à l'heure du réseau où le paquet passe (dernier bit reçu)  $H_i$ , soit indéfini si le paquet ne passe pas  $H_i$  au sein d'un temps de seuil de perte\*.

La métrique Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector est définie pour le chemin  $\langle \text{Src}, H1, H2, \dots, Hn, \text{Dst} \rangle$  comme la séquence de valeurs  $\langle T, dT1, dT2, \dots, dTn, dT \rangle$ .

### 5.1.5 Discussion

Des problèmes spécifiques qui peuvent se produire sont :

- o Les singletons de délai "paraissent" décroître :  $dT_i > dT_{i+1}$ . Cela peut se produire en dépit d'une impossibilité physique avec la définition utilisée.
  - \* Ceci est fréquemment dû à un problème de synchronisation d'horloge de mesure. Ce point est discuté au paragraphe 3.7.1 "Erreurs ou incertitudes relatives aux horloges" de la [RFC2679]. Par conséquent, les valeurs de délais mesurées à plusieurs routeurs peuvent ne pas correspondre à l'ordre de ces routeurs dans le chemin.
  - \* L'ordre réel des routeurs dans le chemin peut changer du fait d'une reconvergence (par exemple, récupération d'une défaillance de liaison).
  - \* La localisation des points de collecte de mesures dans l'appareil influence le résultat. Si le paquet n'est pas observé directement sur l'interface d'entrée, le délai inclut le temps de mise en mémoire tampon et par conséquent une incertitude due à la différence entre "l'heure du réseau" et "l'heure de l'hôte".

## 5.2 Définition du vecteur de perte de paquet spatial

Ce paragraphe est couplé avec la définition de Type-P-One-way-Packet-Loss (*perte de paquet unidirectionnelle de type P*). Quand un paramètre provenant de la Section 2 de la [RFC2680] est utilisé dans ce paragraphe, la première instance va être marquée avec une astérisque.

Les paragraphes 2.5 à 2.8 de la [RFC2680] donnent les exigences et les déclarations d'applicabilité pour les mesures de perte de paquet unidirectionnelles de bout en bout. Elles sont applicables à chaque point d'intérêt,  $H_i$ , impliqué dans la mesure. La mesure spatiale de perte de paquet DOIT les respecter, en particulier celles relatives à la méthodologie, à l'horloge, aux incertitudes, et aux rapports.

Les paragraphes qui suivent définissent le vecteur de perte spatiale, adaptent certains des points ci-dessus, et introduisent des points spécifiques de la mesure de perte spatiale.

### 5.2.1 Nom de métrique

Type-P-Spatial-Packet-Loss-Vector

### 5.2.2 Paramètres de métrique

Src*	adresse IP de l'expéditeur.
Dst*	adresse IP du destinataire.
i	entier dans la liste ordonnée $\langle 1, 2, \dots, n \rangle$ des routeurs dans le chemin.
$H_i$	un routeur du résumé des routeurs.
T*	instant, instant d'envoi (ou d'observation initiale) pour un paquet mesuré.
dT*	délai, délai unidirectionnel pour un paquet mesuré.
$dT_i$	délai, délai unidirectionnel pour un paquet mesuré de la source au routeur $H_i$ .
$\langle dT_1, \dots, dT_n \rangle$	liste de n singletons de délai.
Type-P*	spécification du type de paquet.
$\langle H_1, H_2, \dots, H_n \rangle$	résumé des routeurs.
$\langle L_1, L_2, \dots, L_n \rangle$	liste de valeurs booléennes.

### 5.2.3 Unités de métrique

La valeur de Type-P-Spatial-Packet-Loss-Vector est une séquence de valeurs booléennes.

### 5.2.4 Définition

Étant donné un paquet de type P envoyé par la source Src à l'instant T au receveur Dst sur le chemin  $\langle H1, H2, \dots, Hn \rangle$ , pour la séquence d'instants  $\langle T+dT1, T+dT2, \dots, T+dTi, \dots, T+dTn \rangle$  le paquet passe dans  $\langle H1, H2, \dots, Hi, \dots, Hn \rangle$ , on définit la métrique Type-P-Packet-Loss-Vector comme la séquence de valeurs  $\langle T, L1, L2, \dots, Ln \rangle$  telle que pour chaque  $Hi$  du chemin, une valeur de 0 pour  $Li$  signifie que  $dTi$  est une valeur finie, et une valeur de 1 signifie que  $dTi$  est indéfini.

### 5.2.5 Discussion

Les problèmes spécifiques qui peuvent se produire sont :

- o Le résultat pourrait inclure la séquence de valeurs 1,0. Bien que cela paraisse physiquement impossible (un paquet est perdu, puis réapparaît plus tard sur le chemin) :
  - \* Les routeurs réels sur le chemin peuvent changer suite à une reconvergence (par exemple, récupération d'une défaillance de liaison).
  - \* L'ordre des routeurs sur le chemin peut changer suite à une reconvergence.
  - \* Un paquet ne peut pas être observé à un routeur du fait d'un débordement de mémoire tampon ou de CPU aux points de collecte de mesures.

### 5.3 Définition du vecteur ipdv spatial unidirectionnel

Quand un paramètre de la Section 2 de la [RFC3393] (la définition de Type-P-One-way-ipdv) est utilisé dans ce paragraphe, la première instance va être marquée avec une astérisque.

Les paragraphes qui suivent définissent le vecteur ipdv spatial, adaptent certains des points ci-dessus, et introduisent des points spécifiques de la mesure ipdv spatiale.

#### 5.3.1 Nom de métrique

Type-P-Spatial-One-way-ipdv-Vector

#### 5.3.2 Paramètres de métrique

Src*	adresse IP de l'expéditeur.
Dst*	adresse IP du récepteur.
i	entier dans la liste ordonnée $\langle 1,2,\dots,n \rangle$ des routeurs dans le chemin.
Hi	un routeur du résumé des routeurs.
T*	instant, instant d'envoi pour un premier paquet mesuré.
T2*	instant, instant d'envoi pour un second paquet mesuré.
dT*	délai, délai unidirectionnel pour un paquet mesuré.
dTi	délai, délai unidirectionnel pour un paquet mesuré de la source au routeur Hi.
Type-P*	spécification du type de paquet.
P1	premier paquet envoyé à l'instant T1.
P2	second paquet envoyé à l'instant T2.
$\langle H1, H2, \dots, Hn \rangle$	résumé des routeurs.
$\langle T1, dT1.1, dT1.2, \dots, dT1.n, dT1 \rangle$	Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector pour un paquet envoyé à l'instant T1.
$\langle T2, dT2.1, dT2.2, \dots, dT2.n, dT2 \rangle$	Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector pour un paquet envoyé à l'instant T2.
L*	longueur d'un paquet en bits. Les paquets d'un flux de paquets de type P d'où la métrique Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector est tirée DOIVENT tous être de la même longueur.

#### 5.3.3 Unités de métrique

La valeur de Type-P-Spatial-One-way-ipdv-Vector est une séquence d'instants (un nombre réel dans la dimension de secondes avec une résolution suffisante pour porter les résultats).

#### 5.3.4 Définition

Soit P1 le paquet de type P envoyé par l'expéditeur Src à l'heure du réseau (premier bit) T1 au récepteur Dst. Soit  $\langle T1, dT1.1, dT1.2, \dots, dT1.n, dT1 \rangle$  le Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector de P1 sur la séquence de routeurs  $\langle H1, H2, \dots, Hn \rangle$ . Soit

P2 le paquet de type P envoyé par l'envoyeur Src à l'heure du réseau (premier bit) T2 au receveur Dst. Soit  $\langle T2, dT2.1, dT2.2, \dots, dT2.n, dT2 \rangle$  le Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector de P2 sur le même chemin.

La métrique de Type-P-Spatial-One-way-ipdv-Vector est définie comme la séquence de valeurs  $\langle T1, T2, dT2.1-dT1.1, dT2.2-dT1.2, \dots, dT2.n-dT1.n, dT2-dT1 \rangle$  telle que pour chaque  $H_i$  de la séquence de routeurs  $\langle H1, H2, \dots, Hn \rangle$ ,  $dT2.i-dT1.i$  est soit un nombre réel si les paquets P1 et P2 passent  $H_i$  à l'heure du réseau (dernier bit) respectivement  $dT1.i$  et  $dT2.i$ , soit indéfini si au moins l'un d'eux ne passe jamais  $H_i$  (et le délai unidirectionnel respectif est indéfini). La paire  $T1, T2^*$  indique l'intervalle d'émission inter-paquets et  $dT2-dT1$  est  $ddT^*$  le Type-P-One-way-ipdv.

#### 5.4 Méthodologie spatiale

La méthodologie, les spécifications de rapport, et les incertitudes spécifiées à la Section 3 de la [RFC2679] s'appliquent à chaque point d'intérêt (ou point de collecte de mesures)  $H_i$ , mesurant un élément d'un vecteur de délai spatial.

De même, la méthodologie, les spécifications de rapport, et les incertitudes spécifiées à la Section 2 de la [RFC2680] s'appliquent à chaque point d'intérêt,  $H_i$ , mesurant un élément d'un vecteur de perte de paquet spatial.

Les paragraphes 3.5 à 3.7 de la [RFC3393] donnent les exigences et les déclarations d'applicabilité pour les mesures de ipdv unidirectionnelles de bout en bout. Elles sont applicables à chaque point d'intérêt,  $H_i$ , impliqué dans la mesure. Une mesure ipdv spatiale unidirectionnelle DOIT respecter la méthodologie, l'horloge, les incertitudes, et les aspects de rapport qui y sont donnés.

Généralement, pour un paquet de type P donné de longueur L à un  $H_i$  spécifique, la méthodologie pour les métriques de vecteur spatial peut procéder comme suit :

- o À chaque  $H_i$ , les points d'intérêt/points de collecte de mesures préparent la capture du paquet envoyé à l'instant T, enregistrent un horodatage  $T_i'$ , et déterminent la correction interne de délai  $dT_i'$  (voir le paragraphe 3.7.1 "Erreurs ou incertitudes relatives aux horloges" de la [RFC2679]) ;
- o Chaque  $H_i$  extrait du paquet les informations d'ordre du chemin (par exemple, la durée de vie (TTL)) ;
- o Chaque  $H_i$  calcule l'heure du réseau corrigée de la source en  $H_i$  :  $T_i = T_i' - dT_i'$ . Cette heure d'arrivée est indéfinie si le paquet n'est pas détecté après la durée "seuil de perte" ;
- o Chaque  $H_i$  extrait l'horodatage T du paquet ;
- o Chaque  $H_i$  calcule le délai unidirectionnel de la source comme  $H_i$  :  $dT_i = T_i - T$  ;
- o Le point de référence rassemble les résultats de chaque  $H_i$  et les arrange conformément aux informations d'ordre du chemin reçues pour construire le vecteur unidirectionnel spatial de type P (par exemple, la métrique Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector  $\langle T, dT1, dT2, \dots, dTn, dT \rangle$  sur le chemin  $\langle Src, H1, H2, \dots, Hn, Dst \rangle$  à l'instant T.

##### 5.4.1 Détection de perte de paquet

Dans une pure mesure de bout en bout, les pertes de paquet sont détectées seulement par le receveur. Un paquet est perdu quand Type-P-One-way-Delay est indéfini ou très grand (voir les paragraphes 2.4 et 2.5 de la [RFC2680] et le paragraphe 3.5 de la [RFC2680]). Un paquet est réputé perdu par le receveur après une durée qui commence à l'instant d'envoi du paquet. Cette valeur de temporisation est choisie par un processus de mesure. Il détermine le seuil entre l'enregistrement d'un long temps de transfert de paquet comme une valeur finie ou une valeur indéfinie.

Dans une mesure spatiale, les pertes de paquet peuvent être détectées à plusieurs points de collecte de mesures. Selon la cohérence des détectations de perte de paquet parmi les points d'intérêt, un paquet peut être considéré perdu à un point en dépit d'avoir un délai fini à un autre, ou il peut être observé par le dernier point de collecte de mesures du chemin mais considéré comme perdu par la destination.

Il y a un risque de mauvaise interprétation de tels résultats : le chemin a-t-il changé ? Le paquet est-il arrivé à destination ou a-t-il été perdu à la toute dernière liaison ?

Les mêmes questions s'appliquent aux mesures de délai unidirectionnelles : un délai mesuré peut être calculé comme infini

par un point d'observation mais comme une valeur réelle par un autre, ou peut être mesuré comme une valeur réelle par le dernier point d'observation du chemin mais désigné comme indéfini par la destination.

Les points d'observation/collecte de mesures et la destination DEVRAIENT utiliser des méthodes cohérentes pour détecter les pertes de paquets. Les méthodes et paramètres doivent être systématiquement rapportés pour permettre une comparaison soigneuse et éviter d'introduire des facteurs de confusion dans l'analyse.

#### 5.4.2 Résumé des routeurs

La méthodologie donnée ci-dessus s'appuie sur la connaissance de l'ordre des routeurs/points de collecte de mesures sur le chemin [RFC2330].

Une instabilité du chemin pourrait causer qu'un paquet d'essai soit observé plus d'une fois par le même routeur, résultant en la répétition d'un ou plusieurs routeurs dans le résumé des routeurs.

Par exemple, des observations répétées peuvent se produire durant des phases de réacheminement qui introduisent des micro boucles temporaires. Durant un tel événement, le résumé des routeurs pour un paquet qui traverse Ha et Hb peut inclure le schéma <Hb, Ha, Hb, Ha, Hb>, ce qui signifie que Ha a terminé le calcul du nouveau chemin avant Hb et que le chemin initial était de Ha à Hb, et que le nouveau chemin est de Hb à Ha.

Par conséquent, la duplication de routeurs dans le résumé des routeurs d'un vecteur DOIT être identifiée avant le calcul des statistiques pour éviter de produire des informations corrompues.

## 6. Définitions des métriques de segment spatial

Cette Section définit les échantillons pour mesurer les performances d'un segment de chemin au fil du temps. Les définitions s'appuient sur la matrice des métriques de vecteur définie précédemment.

D'abord, on définit un échantillon pour le délai unidirectionnel, Type-P-Segment-One-way-Delay-Stream, et un échantillon de perte de paquet, Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream.

Ensuite, on définit deux différents échantillons de ipdv : Type-P-Segment-ipdv-prev-Stream utilise les paquets en cours et précédents comme fonction de sélection, et Type-P-Segment-ipdv-min-Stream utilise le délai minimum comme un des paquets choisis dans chaque paire.

### 6.1 Définition d'un échantillon de délai unidirectionnel d'un segment du chemin

Cette métrique définit un échantillon des délais unidirectionnels sur un certain temps entre une paire de routeurs sur un chemin. Comme elle est sémantiquement très proche de la métrique Type-P-One-way-Delay-Poisson-Stream définie à la Section 4 de la [RFC2679], les paragraphes 4.5 à 4.8 de la [RFC2679] font partie intégrante du texte de définition ci-dessous.

#### 6.1.1 Nom de la métrique

Type-P-Segment-One-way-Delay-Stream

#### 6.1.2 Paramètres de la métrique

Src*	adresse IP de l'expéditeur.
Dst*	adresse IP du destinataire.
Type-P*	spécification du type de paquet.
i	entier dans la liste ordonnée <1,2,...,n> des routeurs dans le chemin.
k	entier qui ordonne les paquets envoyés.
a et b	deux entiers où $b > a$ .
Hi	un routeur du résumé des routeurs.
<H1, Ha,..., Hb>	résumé des routeurs.
<T1, T2, ..., Tm>	liste des temps.

### 6.1.3 Unités de la métrique

La valeur d'un Type-P-Segment-One-way-Delay-Stream est une paire de :  
 liste des instants  $\langle T1, T2, \dots, Tm \rangle$  ; et  
 séquence de délais.

### 6.1.4 Définition

Soient deux routeurs, Ha et Hb, du chemin  $\langle H1, H2, \dots, Ha, \dots, Hb, \dots, Hn \rangle$ , et la matrice de Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector pour les paquets envoyés de la source Src à la destination Dst aux instants  $\langle T1, T2, \dots, Tm-1, Tm \rangle$  :

$\langle T1, dT1.1, dT1.2, \dots, dT1.a, \dots, dT1.b, \dots, dT1.n, dT1 \rangle$ ;  
 $\langle T2, dT2.1, dT2.2, \dots, dT2.a, \dots, dT2.b, \dots, dT2.n, dT2 \rangle$ ;  
 ...  
 $\langle Tm, dTm.1, dTm.2, \dots, dTm.a, \dots, dTm.b, \dots, dTm.n, dTm \rangle$ .

On définit l'échantillon Type-P-Segment-One-way-Delay-Stream comme la séquence  $\langle dT1.ab, dT2.ab, \dots, dTk.ab, \dots, dTm.ab \rangle$  telle que pour chaque instant Tk, "dTk.ab" soit le nombre réel "dTk.b - dTk.a", si le paquet envoyé à l'instant Tk passe Ha et Hb, ou soit indéfini si ce paquet ne passe jamais Ha ou (inclusif) ne passe jamais Hb.

### 6.1.5 Discussion

Certains des problèmes spécifiques qui peuvent se produire sont :

- o des singletons de délai "paraissent" diminuer :  $dTi > dTi+1$ , et ceci est discuté au paragraphe 5.1.5.
  - \* Cela pourrait aussi se produire quand la résolution d'horloge d'un point de collecte de mesures est supérieure au délai minimum d'un chemin. Par exemple, le délai minimum de 500 km de chemin à travers des facilités de fibre optique est de 2,5 ms, mais les points de collecte de mesures ont une résolution d'horloge de 8 ms.

La métrique DEVRA être invalide pour les instants  $\langle T1, T2, \dots, Tm-1, Tm \rangle$  si les conditions suivantes se produisent :

- o Ha ou Hb disparaît du chemin du fait de changements d'acheminement.
- o L'ordre de Ha et Hb change dans le chemin.

## 6.2 Définition d'un échantillon de perte de paquets d'un segment du chemin

Cette métrique définit un échantillon de perte de paquet sur un certain temps entre une paire de routeurs d'un chemin. Comme elle est sémantiquement très proche de la métrique Type-P-Packet-loss-Stream définie à la Section 3 de la [RFC2680], les paragraphes 3.5 à 3.8 de la [RFC2680] font partie intégrante du texte de définition ci-dessous.

### 6.2.1 Nom de la métrique

Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream

### 6.2.2 Paramètres de la métrique

Src*	adresse IP de l'expéditeur.
Dst*	adresse IP du receveur.
Type-P*	spécification du type de paquet.
k	entier qui ordonne les paquets envoyés.
n	entier qui ordonne les routeurs sur le chemin.
a et b	deux entiers où $b > a$ .
Hi	un routeur du résumé des routeurs.
$\langle H1, Ha, \dots, Hb \rangle$	résumé des routeurs.
$\langle T1, T2, \dots, Tm \rangle$	liste des temps.
$\langle L1, L2, \dots, Ln \rangle$	liste de valeurs booléennes.

### 6.2.3 Unités de la métrique

La valeur d'un Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream est une paire de :  
 liste des temps  $\langle T1, T2, \dots, Tm \rangle$  ; et  
 séquence de valeurs booléennes.

### 6.2.4 Définition

Soient deux routeurs, Ha et Hb, sur le chemin  $\langle H1, H2, \dots, Ha, \dots, Hb, \dots, Hn \rangle$  et la matrice de Type-P-Spatial-Packet-Loss-Vector pour les paquets envoyés de la source Src à la destination Dst aux instants  $\langle T1, T2, \dots, Tm-1, Tm \rangle$  :

$\langle T1, L1.1, L1.2, \dots, L1.a, \dots, L1.b, \dots, L1.n, L \rangle$ ,  
 $\langle T2, L2.1, L2.2, \dots, L2.a, \dots, L2.b, \dots, L2.n, L \rangle$ ,  
 ...,  
 $\langle Tm, Lm.1, Lm.2, \dots, Lma, \dots, Lm.b, \dots, Lm.n, L \rangle$ .

On définit la valeur de l'échantillon Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream de Ha à Hb comme la séquence de booléens  $\langle L1.ab, L2.ab, \dots, Lk.ab, \dots, Lm.ab \rangle$  telle que pour chaque Tk :

- o une valeur de Lk de 0 signifie que Ha et Hb ont observé le paquet envoyé à l'instant Tk (Lk.a et Lk.b ont tous deux une valeur de 0) ;
- o une valeur de Lk de 1 signifie que Ha a observé le paquet envoyé à l'instant Tk (Lk.a a une valeur de 0) et Hb n'a pas observé le paquet envoyé à l'instant Tk (Lk.b a une valeur de 1) ;
- o La valeur de Lk est indéfinie quand ni Ha ni Hb n'ont observé le paquet (Lk.a et Lk.b ont tous deux une valeur de 1).

### 6.2.5 Discussion

À la différence de Type-P-Packet-loss-Stream, Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream s'appuie sur la stabilité du résumé des routeurs. La métrique DEVRA être invalide pour les instants  $\langle T1, T2, \dots, Tm-1, Tm \rangle$  si les conditions suivantes se produisent :

- o Ha ou Hb disparaît du chemin suite à un changement d'acheminement.
- o L'ordre de Ha et Hb change dans le chemin.
- o Lk.a ou Lk.b est indéfini.
- o Lk.a a la valeur 1 (non observé) et Lk.b a la valeur 0 (observé).
- o L a la valeur 0 (le paquet a été reçu par Dst) et Lk.ab a la valeur 1 (le paquet a été perdu entre Ha et Hb).

## 6.3 Définition d'un échantillon d'ipdv d'un segment utilisant la fonction de choix de paquet précédent

Cette métrique définit un échantillon de ipdv [RFC3393] dans le temps entre une paire de routeurs en utilisant le paquet précédent comme fonction de sélection.

### 6.3.1 Nom de la métrique

Type-P-Segment-ipdv-prev-Stream

### 6.3.2 Paramètres de la métrique

Src\*                    adresse IP de l'expéditeur.  
 Dst\*                    adresse IP du destinataire.  
 Type-P\*                spécification du type de paquet.  
 k                        entier qui ordonne les paquets envoyés.  
 n                        entier qui ordonne les routeurs sur le chemin.  
 a et b                  deux entiers où  $b > a$ .  
 $\langle H1, Ha, \dots, Hn \rangle$     résumé des routeurs.  
 $\langle T1, T2, \dots, Tm \rangle$     liste des temps.  
 $\langle Tk, dTk.1, dTk.2, \dots, dTk.a, \dots, dTk.b, \dots, dTk.n, dTk \rangle$  : Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector.

### 6.3.3 Unités de la métrique

La valeur de Type-P-Segment-ipdv-prev-Stream est une paire de :

liste de  $\langle T1, T2, \dots, Tm-1, Tm \rangle$  ; et  
liste de paires d'intervalles de temps et de délais.

### 6.3.4 Définition

Soient deux routeurs,  $H_a$  et  $H_b$ , du chemin  $\langle H1, H2, \dots, H_a, \dots, H_b, \dots, H_n \rangle$  et la matrice des Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector pour les paquets envoyés de Src à Dst aux instants  $\langle T1, T2, \dots, Tm-1, Tm \rangle$  :

$\langle T1, dT1.1, dT1.2, \dots, dT1.a, \dots, dT1.b, \dots, dT1.n, dT1 \rangle,$   
 $\langle T2, dT2.1, dT2.2, \dots, dT2.a, \dots, dT2.b, \dots, dT2.n, dT2 \rangle,$   
...  
 $\langle Tm, dTm.1, dTm.2, \dots, dTm.a, \dots, dTm.b, \dots, dTm.n, dTm \rangle.$

On définit le Type-P-Segment-ipdv-prev-Stream comme la séquence de paires d'instant de paquet et de variations de délai :

$\langle (T1, T2, dT2.ab - dT1.ab), \dots,$   
 $(Tk-1, Tk, dTk.ab - dTk-1.ab), \dots,$   
 $(Tm-1, Tm, dTm.ab - dTm-1.ab) \rangle$

Pour toute paire,  $T_k, T_{k-1}$  dans  $k=1$  à  $m$ , la différence  $dT_k.ab - dT_{k-1}.ab$  est indéfinie si :

- o le délai  $dT_k.a$  ou le délai  $dT_{k-1}.a$  est indéfini, OU
- o le délai  $dT_k.b$  ou le délai  $dT_{k-1}.b$  est indéfini.

### 6.3.5 Discussion

Cette métrique appartient à la famille des métriques de variation de délai IP inter-paquets (IPDV, *IP Delay Variation* en majuscules) dont les résultats sont extrêmement sensibles à l'intervalle inter-paquets en pratique.

L'intervalle inter-paquets d'une métrique IPDV de bout en bout est sous le contrôle de la source (point d'intérêt d'entrée). À l'opposé, l'intervalle inter-paquets d'une métrique de segment IPDV n'est pas sous le contrôle du point d'intérêt d'entrée de la mesure,  $H_a$ . L'intervalle va certainement varier si il y a une variation de délai entre la source et  $H_a$ . Donc, l'intervalle inter-paquets d'entrée doit être connu à  $H_a$  afin de comprendre pleinement la variation de délai entre  $H_a$  et  $H_b$ .

## 6.4 Définition d'un échantillon d'ipdv d'un segment utilisant la fonction de choix du délai minimum

Cette métrique définit un échantillon de ipdv [RFC3393] sur un temps entre une paire de routeurs sur un chemin en utilisant le délai minimum comme un des paquets choisis dans chaque paire.

### 6.4.1 Nom de la métrique

Type-P-Segment-One-way-ipdv-min-Stream

### 6.4.2 Paramètres de la métrique

Src*	adresse IP de l'expéditeur.
Dst*	adresse IP du récepteur.
Type-P*	spécification du type de paquet.
k	entier qui ordonne les paquets envoyés.
i	entier qui identifie un paquet envoyé.
n	entier qui ordonne les routeurs sur le chemin.
a et b	deux entiers où $b > a$ .
$\langle H1, H_a, \dots, H_n \rangle$	résumé des routeurs.
$\langle T1, T2, \dots, Tm \rangle$	liste des temps.
$\langle Tk, dTk.1, dTk.2, \dots, dTk.a, \dots, dTk.b, \dots, dTk.n, dTk \rangle$	Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector.

### 6.4.3 Unités de la métrique

La valeur d'un Type-P-Segment-One-way-ipdv-min-Stream est une paire de :

liste de  $\langle T1, T2, \dots, T_{m-1}, T_m \rangle$  et  
liste des temps.

#### 6.4.4 Définition

Soient deux routeurs,  $H_a$  et  $H_b$ , du chemin  $\langle H1, H2, \dots, H_a, \dots, H_b, \dots, H_n \rangle$  et la matrice des Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector pour les paquets envoyés de Src à Dst aux instants  $\langle T1, T2, \dots, T_{m-1}, T_m \rangle$  :

$\langle T1, dT1.1, dT1.2, \dots, dT1.a, \dots, dT1.b, \dots, dT1.n, dT1 \rangle,$   
 $\langle T2, dT2.1, dT2.2, \dots, dT2.a, \dots, dT2.b, \dots, dT2.n, dT2 \rangle,$   
...  
 $\langle T_m, dT_m.1, dT_m.2, \dots, dT_m.a, \dots, dT_m.b, \dots, dT_m.n, dT_m \rangle.$

On définit le Type-P-Segment-One-way-ipdv-min-Stream comme la séquence des temps  $\langle dT1.ab - \min(dT_i.ab), \dots, dT_k.ab - \min(dT_i.ab), \dots, dT_m.ab - \min(dT_i.ab) \rangle$  où :

- o  $\min(dT_i.ab)$  est la valeur minimum des couples  $(dT_k.b - dT_k.a)$  ;
- o pour chaque instant  $T_k$ ,  $dT_k.ab$  est indéfini si  $dT_k.a$  ou (inclusif)  $dT_k.b$  est indéfini, ou si le nombre réel  $(dT_k.b - dT_k.a)$  est indéfini.

#### 6.4.5 Discussion

Cette métrique appartient à la famille des métriques de variation de délai de paquet (PDV, *Packet Delay Variation*). Les distributions de PDV ont moins de sensibilité aux variations d'intervalle inter-paquets que les variations de valeurs d'IPDV discutées ci-dessus.

En principe, la distribution de PDV reflète la variation sur de nombreux intervalles inter-paquets différents, depuis le plus petit intervalle inter-paquets, jusqu'à la longueur de l'intervalle d'évaluation,  $T_m - T_1$ . Donc, quand une variation de délai se produit et perturbe l'espacement de paquets observé à  $H_a$ , le PDV résultant va probablement se comparer favorablement à une mesure de PDV où la source est  $H_a$  et la destination est  $H_b$ , parce qu'une large gamme d'espacements est reflétée dans toute distribution de PDV.

## 7. Définitions des métriques de un à groupe

Cette section définit les métriques de performances entre une source et un groupe de receveurs.

### 7.1 Définition du délai de un à groupe

Ce paragraphe définit une métrique pour un délai unidirectionnel entre une source et un groupe de receveurs.

#### 7.1.1 Nom de la métrique

Type-P-One-to-group-Delay-Vector

#### 7.1.2 Paramètres de la métrique

Src	adresse IP d'un hôte agissant comme source.
Recv1, ..., RecvN	adresses IP des N hôtes agissant comme receveurs.
T	un instant.
$dT1, \dots, dTn$	liste d'instant.
Type-P	spécification du type de paquet.
Gr	identifiant du groupe receveur. Le paramètre Gr est l'adresse du groupe de diffusion groupée si les paquets mesurés sont transmis sur la diffusion groupée IP. Ce paramètre différencie le trafic mesuré des autres trafics en envoi individuel et en diffusion groupée. Il est FACULTATIF pour cette métrique pour éviter de perdre sa généralité, c'est-à-dire, pour rendre la métrique aussi applicable à la mesure d'envoi individuel lorsque il y a seulement un receveur.

### 7.1.3 Unités de la métrique

La valeur d'un Type-P-One-to-group-Delay-Vector est un ensemble de singletons Type-P-One-way-Delay [RFC2679], qui est une séquence d'instant (un nombre réel dans la dimension de secondes avec une résolution suffisante pour porter les résultats).

### 7.1.4 Définition

Soit un paquet de type P envoyé par la source Src à l'instant T, et les N hôtes { Recv1,...,RecvN } qui reçoivent le paquet à l'instant { T+dT1,...,T+dTn }, ou le paquet ne passe pas un receveur au sein d'un temps de seuil de perte spécifié, alors le Type-P-One-to-group-Delay-Vector est défini comme l'ensemble des singletons Type-P-One-way-Delay entre Src et chaque receveur avec une valeur de { dT1, dT2,...,dTn }, où tout singleton peut être indéfini si le paquet n'a pas passé le receveur correspondant au sein d'un temps de seuil de perte spécifié.

## 7.2 Définition de perte de paquet de un à groupe

### 7.2.1 Nom de la métrique

Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector

### 7.2.2 Paramètres de la métrique

Src                    adresse IP d'un hôte agissant comme source.  
 Recv1,..., RecvN    adresses IP des N hôtes agissant comme receveurs.  
 T                     un instant.  
 Type-P                spécification du type de paquet.  
 Gr                    identifiant du groupe receveur, FACULTATIF.

### 7.2.3 Unités de la métrique

La valeur d'un Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector est un ensemble de singletons de Type-P-One-way-Packet-Loss [RFC2680].

T                     instant d'envoi du paquet par la source.  
 L1,...,LN            liste de valeurs booléennes.

### 7.2.4 Définition

Soit un paquet de type P envoyé par la source Src à T et aux N hôtes, Recv1,...,RecvN, le Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector est défini comme un ensemble des singletons Type-P-One-way-Packet-Loss entre Src et chacun des receveurs :

$$\{T, \langle L1=0|1 \rangle, \langle L2=0|1 \rangle, \dots, \langle LN=0|1 \rangle\},$$

où la valeur booléenne 0|1 dépend de la réception du paquet à un receveur particulier au sein d'un temps de seuil de perte.

## 7.3 Définition d'ipdv de un à groupe

### 7.3.1 Nom de la métrique

Type-P-One-to-group-ipdv-Vector

### 7.3.2 Paramètres de la métrique

Src                    adresse IP d'un hôte agissant comme source.  
 Recv1,..., RecvN    adresses IP des N hôtes agissant comme receveurs.  
 T1                    un instant.

T2	un instant.
dT1,...,dTn	liste d'instants.
Type-P	spécification du type de paquet.
F	fonction de sélection définissant sans ambiguïté les deux paquets dans le flux choisi pour la métrique.
Gr	identifiant du groupe receveur. Le paramètre Gr est l'adresse du groupe de diffusion groupée si les paquets mesurés sont transmis sur la diffusion groupée IP. Ce paramètre différencie le trafic mesuré des autres trafics en envoi individuel et en diffusion groupée. Il est FACULTATIF pour cette métrique pour éviter de perdre sa généralité, c'est-à-dire, pour rendre la métrique aussi applicable à la mesure d'envoi individuel lorsque il y a seulement un receveur.

### 7.3.3 Unités de la métrique

La valeur d'un Type-P-One-to-group-ipdv-Vector est un ensemble de singletons Type-P-One-way-ipdv [RFC3393].

### 7.3.4 Définition

Soit un flux de paquets de type P, Type-P-One-to-group-ipdv-Vector est défini pour deux paquets transférés de la source Src aux N hôtes {Recv1,..., RecvN}, qui sont choisis par la fonction de sélection F comme la différence entre la valeur du Type-P-One-to-group-Delay-Vector provenant de la source aux {Recv1,..., RecvN} à l'instant T1 et la valeur du Type-P-One-to-group-Delay-Vector provenant de Src aux {Recv1,..., RecvN} à l'instant T2. T1 est l'heure du réseau à laquelle Src a envoyé le premier bit du premier paquet, et T2 est l'heure du réseau à laquelle Src a envoyé le premier bit du second paquet. Cette métrique est déduite de la métrique de Type-P-One-to-group-Delay-Vector.

Pour un ensemble de nombres réels {dT1,..., dTn}, le Type-P-One-to-group-ipdv-Vector provenant de Src à {Recv1,...,RecvN} à T1, T2 est {dT1,..., dTn} signifie que Src a envoyé deux paquets, le premier à l'heure du réseau T1 (premier bit) et le second à l'heure du réseau T2 (premier bit) et que les paquets ont été reçus par {Recv1,..., RecvN} à l'heure du réseau {dT1+ T1,..., dTn+T1} (dernier bit du premier paquet) et à l'heure du réseau {dT'1+ T2,..., dT'n+T2} (dernier bit du second paquet) et que {dT'1- dT1,..., dT'n-dTn} = {dT1,...,dTn}.

Pour toute paire des paquets choisis, la différence dT'n-dTn est indéfinie si :

- le délai dTn au receveur n est indéfinie, OU
- le délai dT'n au receveur n est indéfini.

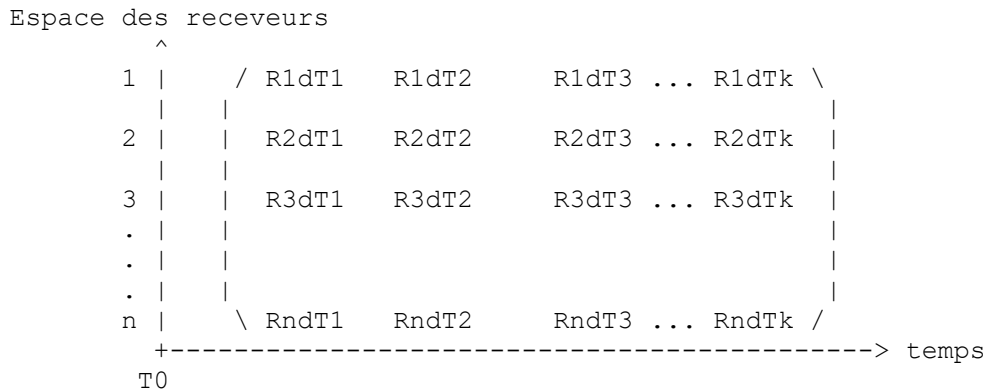
## 8. Statistiques d'échantillons de un à groupe

Les métriques de un à groupe définies ci-dessus sont directement réalisées en collectant les résultats des mesures des métriques pertinentes unidirectionnelles en envoi individuel et en les collectant par groupe de receveurs. Elles produisent des informations de performances du réseau qui guident les ingénieurs sur les problèmes potentiels qui peuvent s'être produits sur toute branche d'une arborescence d'acheminement de diffusion groupée.

Les résultats de ces métriques ne sont pas directement utilisables pour présenter les performances d'un groupe parce que chaque résultat est fait d'un grand nombre de singletons qui sont difficiles à lire et analyser. Par exemple, les délais ne sont pas comparables parce que la distance entre receveur et envoyeur diffère. De plus, ils ne capturent pas les situations de performances relatives dans une communication multi parties.

Du point de vue des performances, les services de communications multi parties non seulement exigent la prise en charge des informations de performances absolues mais aussi des informations sur les "performances relatives". Les "performances relatives" sont la différence entre les performances absolues de tous les utilisateurs. En utilisant directement les métriques unidirectionnelles, on ne peut pas présenter la situation des performances relatives. Cependant, si on utilise les variations des paramètres unidirectionnels de tous les utilisateurs, on peut avoir de nouvelles métriques pour mesurer la différence des performances absolues et donc fournir la valeur de seuil des performances relatives qu'un service multi parties pourrait demander. Un très bon exemple de l'exigence de bonnes performances relatives est celui du jeu en ligne. Une très petite différence de délai pourrait résulter en l'échec du jeu. On doit utiliser des métriques de statistiques spécifiques de la diffusion groupée pour définir le délai relatif exigé par le jeu en ligne. Il y a de nombreux autres services, par exemple, les paris en ligne, la bourse en ligne, etc., qui exigent des métriques de diffusion groupée afin d'évaluer le réseau par rapport à leurs exigences. Donc, on peut voir l'importance de nouvelles métriques de statistiques spécifiques de la diffusion groupée pour satisfaire ce besoin.

On pourrait aussi utiliser des conceptions de statistiques de un à groupe pour présenter et faire rapport des performances de groupe et des performances relatives pour économiser la bande passante de transmission de rapports. Des statistiques ont été définies pour des métriques unidirectionnelles dans les RFC correspondantes. Elles fournissent le socle de la définition des statistiques de performances. Par exemple, il y a des définitions pour le délai unidirectionnel minimum et maximum dans la [RFC2679]. Cependant, il y a une différence considérable entre les statistiques pour les communications de un à un et pour les communications de un à plusieurs. Les premières ont seulement des statistiques sur la dimension temporelle tandis que les autres peuvent avoir des statistiques sur les deux dimensions temporelles et spatiales. Cette dimension spatiale est introduite par le concept de matrice comme l'illustre la Figure 4. Pour une matrice M, chaque rangée est un ensemble de singletons unidirectionnels s'étalant dans la dimension temporelle et chaque colonne est un autre ensemble de singletons unidirectionnels s'étalant dans la dimension spatiale.



**Figure 4 : Matrice M (n\*m)**

Dans la matrice M, chaque élément est un singleton de délai unidirectionnel. Chaque colonne est un vecteur de délai. Il contient les délais unidirectionnels du même paquet observés à n points d'intérêt. Cela implique le facteur géographique des performances au sein d'un groupe. Chaque rangée est un ensemble de délais unidirectionnels observés durant un intervalle d'échantillonnage à un des points d'intérêt. Elle présente les performances de délai chez un receveur dans la dimension temporelle.

Donc, on peut calculer les statistiques soit par rangées sur la dimension d'espace, soit par colonnes sur la dimension temporelle. Il appartient aux opérateurs ou fournisseurs de services de dire à quelle dimension ils sont intéressés. Par exemple, un fournisseur de service de diffusion de télévision pourrait vouloir savoir les statistiques de performances de chaque utilisateur dans une vue à long terme pour s'assurer que ses services sont acceptables et stables. Alors qu'un fournisseur de service de jeu en ligne pourrait être plus intéressé à savoir si tous les utilisateurs sont servis équitablement en calculant les statistiques sur la dimension spatiale. Le présent mémoire n'a pas l'intention de recommander quelles statistiques sont meilleures que les autres.

Pour économiser la bande passante de transmission des rapports, chaque point d'intérêt peut envoyer des statistiques à un intervalle de temps pré-défini au point de référence plutôt que d'envoyer chaque singleton unidirectionnel observé. Tant qu'un intervalle de temps approprié est décidé, les statistiques appropriées peuvent représenter les performances dans une certaine échelle précise. Comment décider de l'intervalle de temps et comment amorcer tous les points d'intérêt et le point de référence dépend des applications. Par exemple, les applications avec un taux de transmission plus faible peuvent avoir un intervalle de temps plus long, et celles avec un taux de transmission plus élevé avoir un intervalle de temps plus court. Cependant, ceci sort du domaine d'application du présent mémoire.

De plus, après avoir pris connaissance des statistiques dans la dimension temporelles, on pourrait vouloir savoir comment ces statistiques sont distribuées dans la dimension spatiale. Par exemple, un fournisseur de service de diffusion de télévision qui a la matrice de performances M et a calculé le délai unidirectionnel moyen sur la dimension temporelle va obtenir un vecteur de délai de {V1,V2,..., VN}. Il calcule alors la moyenne de tous les éléments dans le vecteur pour voir quel niveau de délai il a fourni à tous les N utilisateurs. Ce nouveau délai moyen donne des informations sur la façon dont le service a été fourni à un groupe d'utilisateurs durant un intervalle d'échantillonnage en termes de délai. Cela exige deux fois plus de calcul que d'avoir cette statistique sur les deux dimensions temporelle et spatiale. Cette sorte de statistiques est appelée statistiques de niveau 2 pour les distinguer des statistiques de niveau 1 calculées sur la dimension d'espace ou de temps. On peut facilement prouver que quelle que soit la dimension dans laquelle la statistique de niveau 2 est calculée en premier, les résultats sont les mêmes. C'est-à-dire, on peut calculer le délai moyen de niveau 2 en utilisant la matrice M en ayant le délai moyen de niveau 1 sur la dimension temporelle en premier et calculer ensuite la moyenne des vecteurs obtenue pour trouver le délai moyen de niveau 2. Ou, on peut faire le calcul de statistiques de niveau 1 sur la dimension

spatiale en premier et ensuite avoir le délai moyen de niveau 2. Les deux résultats vont être exactement les mêmes. Donc, quand on définit une statistique de niveau 2, il n'est pas besoin de spécifier l'ordre dans lequel le calcul est exécuté.

De nombreuses statistiques peuvent être définies pour les métriques proposées de un à groupe sur la dimension spatiale, la dimension temporelle, ou les deux. Le présent mémoire traite le cas où un flux de paquets provenant de la source résulte en un échantillon à chacun des receveurs dans le groupe, et ces échantillons sont chacun résumés avec les statistiques usuelles employées dans une communication de un à un. De nouvelles définitions de statistiques sont présentées, qui résument les statistiques de un à un sur tous les receveurs du groupe.

## 8.1 Discussion de l'impact de la perte de paquet sur les statistiques

La perte de paquet a des effets sur les métriques unidirectionnelles et leurs statistiques. Par exemple, un paquet perdu peut résulter en un délai unidirectionnel infini. Il est facile de traiter le problème en ignorant simplement la valeur infinie dans les métriques et dans le calcul des statistiques correspondantes. Cependant, la perte de paquet a un impact si fort sur le calcul de statistiques pour les métriques de un à groupe que cela ne peut pas être résolu par la même méthode qu'utilisée pour les métriques unidirectionnelles. Ceci est dû à la complexité de la construction d'une matrice, qui est nécessaire pour le calcul des statistiques proposées dans le présent mémoire.

La situation est que les résultats de mesure obtenus par des utilisateurs finaux différents pourraient avoir des schémas de perte de paquet différents. Par exemple, pour Usager1, le paquet A a été observé comme perdu. Et pour Usager2, le paquet A a été bien reçu, mais le paquet B a été perdu. Si la méthode pour surmonter la perte de paquet pour les métriques unidirectionnelles est appliquée, les deux ensembles de singletons rapportés par Usager1 et Usager2 vont être différents en termes de paquets transmis. De plus, si Usager1 et Usager2 ont un nombre différent de paquets perdus, la taille du résultat va être différente. Donc, pour le calcul centralisé, le point de référence ne va pas être capable d'utiliser ces deux résultats pour construire la matrice de groupe et ne peut pas calculer les statistiques. La situation extrême étant le cas où aucun paquets n'arrive à aucun utilisateur. Une des solutions possibles est de remplacer la valeur de délai infini/indéfini par la moyenne de deux valeurs adjacentes. Par exemple, si le résultat rapporté par Usager1 est  $\{ R1dT1 R1dT2 R1dT3 \dots R1dTK-1 UNDEF R1dTK+1 \dots R1MD \}$  où "UNDEF" est une valeur indéfinie, le point de référence peut la remplacer par  $R1dTK = \{(R1dTK-1)+( R1dTK+1)\}/2$ . Donc, ce résultat peut être utilisé pour construire la matrice de groupe avec une valeur  $R1dTK$  estimée. Il y a d'autres solutions possibles, comme d'utiliser la moyenne globale du résultat total pour remplacer la valeur infini/indéfinie, et ainsi de suite. Cependant, ceci sort du domaine d'application du présent mémoire.

Pour le calcul réparti, la statistique rapportée pourrait avoir des "pondérations" différentes pour présenter les performances de groupe, ce qui est particulièrement vrai pour les métriques pertinentes de délai et d'ipdv. Par exemple, Usager1 calcule le R1MD Type-P-Finite-One-way-Delay-Mean comme montré à la Figure 7 sans aucune perte de paquet, et Usager2 calcule le R2MD avec N-2 perte de paquet. Le R1MD et R2MD ne devraient pas être traités avec une pondération égale parce que R2MD a été calculé seulement sur la base de deux valeurs de délai dans l'intervalle d'échantillon total. Une solution possible est d'utiliser un facteur de pondération pour marquer chaque valeur de statistique envoyée par les utilisateurs et d'utiliser ce facteur pour les calculs de statistiques ultérieurs.

## 8.2 Paramètres généraux de la métrique

Src	adresse IP d'un hôte.
G	identifiant du groupe receveur.
N	nombre de receveurs (Recv1, Recv2, ... RecvN).
T	instant (début de l'intervalle d'essai).
Tf	instant (fin de l'intervalle d'essai).
K	nombre de paquets envoyés de la source durant l'intervalle d'essai.
J[n]	nombre de paquets reçus à un receveur particulier, n, où $1 \leq n \leq N$ .
lambda	taux en secondes réciproques (pour flux de Poisson).
incT	durée nominale de l'intervalle inter-paquets, de premier bit à premier bit (pour flux périodiques).
T0	temps qui DOIT être choisi au hasard dans l'intervalle [T, T+I] pour commencer à générer des paquets et prendre des mesures (pour les flux périodiques).
TstampSrc	heure du réseau du paquet mesurée à MP(Src) (point de mesure de la source).
TstampRecv	heure du réseau du paquet mesurée à MP(Recv), allouée aux paquets qui arrivent dans un temps "raisonnable".
Tmax	temps d'attente maximum pour les paquets à destination, réglé suffisamment long pour distinguer les paquets avec de longs délais des paquets éliminés (perdus) ; donc, la distribution des délais n'est pas tronquée.
dT	notation abrégée pour une valeur de singleton de délai unidirectionnel.

- L notation abrégée pour une valeur de singleton de perte unidirectionnelle, zéro ou un, où L=1 indique la perte et L=0 indique l'arrivée à destination au sein de TstampSrc + Tmax, peut être indexée sur n receivers.
- DV notation abrégée pour une valeur de singleton de variation de délai unidirectionnel.

### 8.3 Statistiques de délai d'un à groupe

Ce paragraphe définit les statistiques de délai global unidirectionnel pour un receveur et pour un groupe entier comme illustré par la matrice ci-dessous.

Receveur	/-----	Échantillon-----\				Stat.		Stat de groupe
1	R1dT1	R1dT2	R1dT3	...	R1dTk	R1MD	\	
2	R2dT1	R2dT2	R2dT3	...	R2dTk	R2MD		
3	R3dT1	R3dT2	R3dT3	...	R3dTk	R3MD	>	Délai de groupe
.								
.								
.								
n	RndT1	RndT2	RndT3	...	RndTk	RnMD	/	
								Délai du receveur n

Figure 5 : Délai moyen de un à groupe

Les statistiques sont calculées sur les délais unidirectionnels finis de la matrice ci-dessus.

Toutes les statistiques de délai de un à groupe sont exprimées en secondes avec une résolution suffisante pour porter trois chiffres significatifs.

#### 8.3.1 Type-P-One-to-group-Receiver-n-Mean-Delay

Ce paragraphe définit Type-P-One-to-group-Receiver-n-Mean-Delay, le délai moyen, à chaque receveur N, aussi appelé RnMD.

On obtient la valeur du singleton Type-P-One-way-Delay pour tous les paquets envoyés durant l'intervalle d'essai à chaque receveur (destination) conformément à la [RFC2679]. Pour chaque paquet qui arrive au sein de Tmax de son heure d'envoi, TstampSrc, le singleton de délai unidirectionnel (dT) va être la valeur finie TstampRecv[i] - TstampSrc[i] en unités de secondes. Autrement, la valeur du singleton est indéfinie.

$$RnMD = \frac{1}{J[n]} * \sum_{i=1}^{J[n]} TstampRecv[i] - TstampSrc[i]$$

Note : la valeur RnMD est indéfinie quand J[n] = 0 pour tout n.

Figure 6 : Type-P-One-to-group-Receiver-n-Mean-Delay

où tous les paquets de i = 1 à J[n] ont des délais finis de singleton.

#### 8.3.2 Type-P-One-to-group-Mean-Delay

Ce paragraphe définit Type-P-One-to-group-Mean-Delay, le délai moyen unidirectionnel calculé sur le groupe entier, aussi appelé GMD.

$$GMD = \frac{1}{N} * \frac{\sum_{n=1}^N RnMD}{n}$$

Figure 7 : Type-P-One-to-group-Mean-Delay

Noter que le délai moyen de groupe peut aussi être calculé en faisant la somme des singletons de délai unidirectionnel fini dans la matrice, et en la divisant par le nombre de singletons de délai unidirectionnel fini.

8.3.3 Type-P-One-to-group-Range-Mean-Delay

Ce paragraphe définit une métrique pour la gamme de délais moyens sur tous les N receveurs du groupe (R1MD, R2MD...RnMD).

Type-P-One-to-group-Range-Mean-Delay = GRMD = max(RnMD) - min(RnMD)

8.3.4 Type-P-One-to-group-Max-Mean-Delay

Ce paragraphe définit une métrique pour le maximum de délai moyen sur tous les N receveurs dans le groupe (R1MD, R2MD,...RnMD).

Type-P-One-to-group-Max-Mean-Delay = GMMD = max(RnMD)

8.4 Statistiques de perte de paquet de un à groupe

Ce paragraphe définit la statistique globale de pertes unidirectionnelles pour un receveur et pour un groupe entier comme illustré par la matrice ci-dessous.

Receveur	/-----	Échantillons-----\				Stat.	Stat de groupe
1	R1L1	R1L2	R1L3	... R1Lk	R1LR \		
2	R2L1	R2L2	R2L3	... R2Lk	R2LR		
3	R3L1	R3L2	R3L3	... R3Lk	R3LR >		Ratio de perte de groupe
.							
.							
n	RnL1	RnL2	RnL3	... RnLk	RnLR /		
							Ratio de pertes du receveur n

Figure 8 : Ratio de perte de un à groupe

Les statistiques sont calculées sur l'échantillon de Type-P-One-way-Packet-Loss [RFC2680] de la matrice ci-dessus.

Tous les ratios de perte sont exprimés en unités de perte de paquets sur le total de paquets envoyés.

8.4.1 Type-P-One-to-group-Receiver-n-Loss-Ratio

Soit une matrice de singletons de perte comme illustrée ci-dessus, on détermine le Type-P-One-way-Packet-Loss-Average pour l'échantillon à chaque receveur, conformément aux définitions et à la méthode de la [RFC2680]. Le Type-P-One-way-Packet-Loss-Average et le Type-P-One-to-group-Receiver-n-Loss-Ratio, aussi appelé RnLR, sont des métriques équivalentes. En termes de paramètres utilisés ici, ces définitions de métriques peuvent être exprimées comme :

$$RnLR = \frac{1}{K} * \prod_{k=1}^K RnLk$$

Figure 9 : Type-P-One-to-group-Receiver-n-Loss-Ratio

8.4.2 Type-P-One-to-group-Receiver-n-Comp-Loss-Ratio

Généralement, le nombre de paquets envoyés est utilisé au dénominateur des métriques de ratio de perte de paquet. Pour les métriques comparatives définies ici, le dénominateur est le nombre maximum de paquets reçus chez tout receveur pour l'échantillon et l'intervalle d'essai qui nous intéresse. Le numérateur est la somme des pertes chez le receveur n.

Le taux de pertes comparatif, aussi appelé RnCLR, est défini comme :

$$RnCLR = \frac{\prod_{k=1}^K Ln(k)}{K - \text{Min} \left( \prod_{k=1}^K N \right)}$$

Note : Ln est un ensemble de valeurs de pertes unidirectionnelles au receveur n. Il y a une valeur pour chacun des K paquets envoyés.

Figure 10 : Type-P-One-to-group-Receiver-n-Comp-Loss-Ratio

8.4.3 Type-P-One-to-group-Loss-Ratio

Le Type-P-One-to-group-Loss-Ratio, ratio global de perte de groupe, aussi appelé GLR, est défini comme :

$$GLR = \frac{1}{K*N} * \prod_{k,n=1}^{K,N} Ln(k)$$

Figure 11 : Type-P-One-to-group-Loss-Ratio

Où la somme inclut tous les singletons de perte, Ln(k), sur les N receveurs et K paquets envoyés, dans un ratio avec le total des paquets sur tous les receveurs.

**8.4.4 Type-P-One-to-group-Range-Loss-Ratio**

La gamme de ratio de perte de un à groupe est défini comme :

$$\text{Type-P-One-to-group-Range-Loss-Ratio} = \max(\text{RnLR}) - \min(\text{RnLR})$$

Il est plus efficace d'indiquer la gamme en donnant la fois le maximum et le minimum des ratios de perte pour le groupe, plutôt que de seulement rapporter la différence entre eux.

**8.5 Statistiques de variation de délai de un à groupe**

Ce paragraphe définit les statistiques de variation de délai (DV, *delay variation*) unidirectionnelle pour un groupe entier comme illustré par la matrice ci-dessous.

Receveur	/-----	Échantillon				-----\	Stat.	
1	R1ddT1	R1ddT2	R1ddT3	...	R1ddTk	R1DV	\	
2	R2ddT1	R2ddT2	R2ddT3	...	R2ddTk	R2DV		
3	R3ddT1	R3ddT2	R3ddT3	...	R3ddTk	R3DV		> Stat de groupe
.								
.								
.								
n	RnddT1	RnddT2	RnddT3	...	RnddTk	RnDV	/	

**Figure 12 : Matrice de variation de délai de un à groupe (DVMa)**

Les statistiques sont calculées sur l'échantillon de singletons de Type-P-One-way-ipdv de la matrice de variation de délai de groupe ci-dessus où RnddTk est le singleton Type-P-One-way-ipdv évalué au receveur n pour le paquet k et où RnDV est la variation de délai de paquet unidirectionnel en point à point pour le receveur n.

Toutes les statistiques de variation de délai de un à groupe sont exprimées en secondes avec une résolution suffisante pour porter trois chiffres significatifs.

**8.5.1 Type-P-One-to-group-Range-Delay-Variation**

Ce paragraphe définit une métrique pour la gamme des variations de délai sur tous les N receveurs dans le groupe.

DV maximum et DV minimum sur tous les receveurs résume les performances sur le groupe (où DV est une métrique en point à point). Pour chaque receveur, la DV est généralement exprimée comme le quantile 1-10<sup>-3</sup> de délai unidirectionnel moins le délai unidirectionnel minimum.

$$\text{Type-P-One-to-group-Range-Delay-Variation} = \text{GRDV} = \max(\text{RnDV}) - \min(\text{RnDV}) \text{ pour tous les n receveurs}$$

Cette gamme est déterminée à partir des valeurs de minimum et maximum de la variation de délai de paquet IP unidirectionnel en point à point pour l'ensemble de destinations dans le groupe et la population intéressante, en utilisant la variation de délai de paquet exprimée comme le quantile 1-10<sup>-3</sup> de délai unidirectionnel moins le délai unidirectionnel minimum. Si un service plus exigeant est envisagé, une solution de remplacement est le quantile 1-10<sup>-5</sup>, et dans tous les cas, le quantile utilisé devrait être enregistré avec le résultat. Les deux variations minimum et maximum de délai sont enregistrées, et les deux valeurs sont données pour indiquer la situation de la gamme.

**9. Méthodes de mesure : adaptabilité et rapports**

Virtuellement toutes les directives sur les processus de mesure fournies par les RFC IPPM antérieures (comme les [RFC2679] et [RFC2680]) pour les scénarios de un à un sont applicables ici dans le scénario de mesures spatiales et multi parties. La principale différence est que les configurations spatiale et multi parties exigent plusieurs points d'intérêt lorsque un flux de singletons va être collecté. La quantité d'informations exigeant une mémorisation augmente avec le nombre de métriques et de points d'intérêt, de sorte que l'échelle de l'architecture de mesure multiplie le nombre de singletons

résultats qui doit être collecté et traité.

Il est possible que l'architecture pour la collecte de résultats implique un seul point de référence avec connexité à tous les points d'intérêt. Dans ce cas, le nombre des points d'intérêt détermine à la fois la capacité de mémorisation et la capacité de transfert de paquets de l'hôte qui agit comme point de référence. Cependant, les capacités de mémorisation et de transfert peuvent être réduites si les points d'intérêt sont capables de calculer les statistiques de résumé qui décrivent chaque intervalle de mesure. Ceci est cohérent avec de nombreuses architectures de surveillance du fonctionnement actuelles, où même les singletons individuels ne peuvent pas être mémorisés à chaque point d'intérêt.

En reconnaissance du probable besoin de minimiser la forme des résultats pour la mémorisation et la communication, les métriques de groupe ci-dessus ont été construites pour permettre des calculs par receveur. Cela signifie que les statistiques de chaque receveur vont normalement avoir une pondération égale avec tous les autres receveurs dans le groupe (sans considération du nombre de paquets reçus).

### 9.1 Méthodes de calcul

Le problème de l'adaptabilité peut être soulevé quand il y a des milliers de points d'intérêt dans un groupe qui essaient de renvoyer les résultats de mesure au point de référence pour la suite du traitement et l'analyse. Les points d'intérêt peuvent envoyer tout l'échantillon mesuré ou seulement les statistiques calculées. La première méthode est un calcul de statistique centralisé et la seconde est une méthode de calcul de statistique distribué. L'échantillon devrait inclure tous les paramètres de métrique, les valeurs, et les numéros de séquence correspondants. La transmission de tout l'échantillon peut coûter plus de bande passante que la transmission des statistiques qui devrait inclure tous les paramètres de statistique spécifiés par les politiques et les informations supplémentaires sur l'échantillon entier, comme la taille de l'échantillon, l'adresse de groupe, l'adresse du point d'intérêt, l'identifiant de la session d'échantillons, et ainsi de suite. Apparemment, la méthode de calcul centralisée peut exiger plus de bande passante que la méthode de calcul distribué quand l'échantillon est de grande taille. Ceci est particulièrement vrai quand la mesure a un très grand nombre de points d'intérêt. Cela peut conduire à un problème d'adaptabilité au point de référence en surchargeant les ressources du réseau.

La méthode de calcul distribué peut économiser beaucoup plus de bande passante et atténuer les problèmes qui découlent de l'adaptabilité du côté du point de référence.

Cependant, il peut en résulter une perte d'information. Comme tous les singletons mesurés ne sont pas disponibles pour construire la matrice de groupe, les performances réelles sur la période peuvent être cachées dans le résultat. Par exemple, le schéma de pertes peut être manqué simplement en acceptant le ratio de pertes. Ce compromis entre consommation de bande passante et acquisition d'informations doit être pris en compte dans la conception de l'approche de mesures.

Une solution possible pourrait être de transmettre les paramètres de statistiques au point de référence avant d'obtenir les informations générales sur les performances du groupe. Si des résultats détaillés sont exigés, le point de référence devrait envoyer les demandes aux points d'intérêt, qui pourraient être des points particuliers ou tout le groupe. Cette procédure peut arriver dans des périodes creuses et peut être bien programmée pour éviter de livrer à trop de points d'intérêt en même temps. Des techniques de compression peuvent aussi être utilisées pour minimiser la bande passante exigée par la transmission. Ce pourrait être un protocole de mesure pour rapporter les résultats de mesure. Cependant, ceci sort du domaine d'application du présent mémoire.

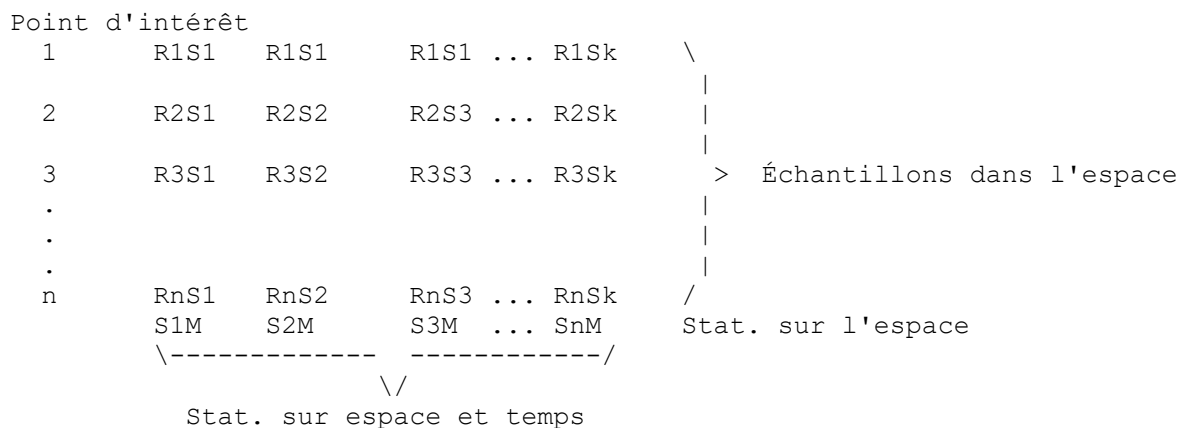
### 9.2 Mesure

Pour prévenir des biais dans le résultat, la configuration d'une mesure de un à plusieurs doit tenir compte de ce que plus de paquets vont être acheminés qu'envoyés (les copies d'un paquet envoyé sont supposées arriver à de nombreux points de destination) et doit choisir un taux de paquets d'essai qui ne va pas impacter les performances du réseau.

### 9.3 Effet du temps et de l'ordre d'agrégation dans l'espace sur les statistiques

Ce paragraphe présente l'impact de l'ordre d'agrégation sur l'adaptabilité des rapports et du calcul. Il fait l'hypothèse que les receveurs ne sont pas co situés et que les résultats sont rassemblés à un point de référence pour une utilisation ultérieure.

Les échantillons multi métriques sont représentés dans une matrice illustrée ci-dessous :



**Figure 13 : Impact de l'agrégation spatiale sur les statistiques multi métriques**

Deux méthodes sont disponibles pour calculer les statistiques sur une matrice :

Méthode 1 : la métrique de statistique est calculée sur le temps et ensuite sur l'espace, ou

Méthode 2 : la métrique de statistique est calculée sur l'espace et ensuite sur le temps.

Ces deux méthodes diffèrent seulement par l'ordre de l'agrégation. L'ordre n'a pas d'impact sur les ressources de calcul exigées. Il ne change pas la valeur du résultat. Cependant, il impacte sévèrement le volume minimal des données à rapporter :

Méthode 1 : chaque point d'intérêt calcule périodiquement les statistiques sur le temps pour diminuer le volume des données à rapporter. Elles sont rapportées au point de référence pour la suite des calculs sur la dimension spatiale. Ce volume ne dépend plus du nombre d'échantillons. Il est seulement proportionnel à la période de calcul.

Méthode 2 : le volume de données à rapporter est proportionnel au nombre d'échantillons. Chaque échantillon,  $R_iS_i$ , doit être rapporté au point de référence pour le calcul des statistiques sur l'espace et des statistiques sur le temps. Le volume augmente avec le nombre d'échantillons. Il est proportionnel au nombre de paquets d'essai.

La méthode 2 a de sévères inconvénients en termes de sécurité et de dimensionnement :

augmenter le taux de paquets d'essai peut résulter en un déni de service (DoS) envers les points of référence ;

le dimensionnement d'un système de mesures est impossible à valider parce que toute augmentation du taux de paquets d'essai va augmenter la bande passante nécessaire pour collecter les résultats bruts.

La période de calcul sur la période de temps (couramment appelés la période d'agrégation) fournit au côté rapporteur un contrôle des divers aspects de la collecte comme les capacités de bande passante, de calcul, et de mémorisation. Donc le présent document définit les métriques fondées sur la méthode 1.

### 9.3.1 Impact sur les statistiques spatiales

Deux méthodes sont disponibles pour calculer les statistiques spatiales :

Méthode 1 : les métriques et statistiques de segment spatial sont de préférence calculées sur le temps pour chaque points d'intérêt.

Méthode 2 : les métriques de vecteurs sont intrinsèquement des métriques d'espace instantanées, qui doivent être rapportées en utilisant la méthode 2 chaque fois que des informations de métriques instantanées sont nécessaires.

### 9.3.2 Impact sur les statistiques de un à groupe

Deux méthodes sont disponibles pour calculer les statistiques de groupe :

Méthode 1 : les Figures 5 et 8 illustrent la méthode. La statistique de un à un est calculée par intervalle de temps avant le calcul de la moyenne sur le groupe de receveurs.

Méthode 2 : la Figure 13 présente la seconde méthode. La métrique est calculée sur l'espace puis sur le temps.

## 10. Considérations de gestion

Cette Section définit le rapport de toutes les métriques introduites dans ce document.

Les modèles d'information des métriques spatiales et des métriques de un à groupe sont similaires sauf que les points d'intérêts des vecteurs spatiaux DOIVENT être ordonnés.

La complexité des rapports réside dans le nombre des points d'intérêt.

### 10.1 Rapport de métrique spatiale

Le rapport des métriques spatiales partage beaucoup d'aspects avec les [RFC2679] et [RFC2680]. Les nouvelles sont communes à toutes les définitions et sont essentiellement relatives au rapport du chemin et des paramètres de méthodologie qui peuvent biaiser l'analyse des résultats bruts. Ce paragraphe présente les paramètres spécifiques et énumère ensuite exhaustivement les paramètres qui DEVRAIENT être rapportés.

#### 10.1.1 Chemin

Les métriques de bout en bout ne peuvent pas déterminer le chemin de la mesure en dépit du fait que les RFC IPPM recommandent qu'il soit rapporté (voir le paragraphe 3.8.4 de la [RFC2679]). Les vecteurs de métriques spatiales fournissent ce chemin. Le rapport d'un vecteur spatial DOIT inclure les points d'intérêts impliqués : le sous ensemble des routeurs du chemin participant à la mesure instantanée.

#### 10.1.2 Ordre des hôtes

Un vecteur spatial DOIT ordonner les points d'intérêt selon leur ordre dans le chemin. L'ordre PEUT être fondé sur des informations provenant du TTL dans IPv4, de la limite de bonds dans IPv6, ou des informations correspondantes dans MPLS.

Le rapport d'un vecteur spatial DOIT inclure la liste ordonnée des hôtes impliqués dans les mesures instantanées.

#### 10.1.3 Biais d'horodatage

La localisation du point d'intérêt dans un nœud influence le biais et la précision d'horodatage. Par exemple, considérons qu'une machinerie interne retarde l'horodatage jusqu'à trois millisecondes ; l'incertitude minimale rapportée va être de 3 ms si le délai interne est inconnu au moment de l'horodatage.

Le rapport d'un vecteur spatial DOIT inclure l'incertitude de l'horodatage comparé à l'heure du réseau.

#### 10.1.4 Rapport de délai spatial unidirectionnel

Le rapport inclut des informations pour rapporter le délai unidirectionnel comme au paragraphe 3.6 de la [RFC2679]. La même chose s'applique pour la perte de paquet et ipdv.

## 10.2 Rapport de métrique de un à groupe

Toutes les règles de rapport décrites dans les [RFC2679] et [RFC2680] s'appliquent aux métriques correspondantes de un à groupe. Les paramètres spécifiques qui DEVRAIENT être rapportés sont donnés dans les paragraphes qui suivent.

### 10.2.1 Chemin

Comme suggéré par les [RFC2679] et [RFC2680], le chemin traversé par le paquet DEVRAIT être rapporté, si possible. Pour les métriques de un à groupe, l'arborescence de chemins entre la source et les destinations ou l'ensemble de chemins entre la source et chaque destination DEVRAIT être rapportée.

L'arborescence des chemins pourrait être moins intéressante que les chemins individuels parce que un chemin incomplet

pourrait être difficile à identifier dans l'arborescence de chemins. Par exemple, combien de points d'intérêt sont atteints par un paquet qui voyage sur un chemin incomplet ?

### 10.2.2 Taille de groupe

La taille du groupe DEVRAIT être rapportée comme un des paramètres critiques de gestion. Les métriques de un à groupe, à la différence des métriques spatiales, n'exigent pas d'ordonner les points d'intérêt parce que les membres du groupe reçoivent les paquets en parallèle.

### 10.2.3 Biais d'horodatage

Il est le même que celui décrit au paragraphe 10.1.3.

### 10.2.4 Rapport du délai unidirectionnel de un à groupe

Il est le même que celui décrit au paragraphe 10.1.4.

### 10.2.5 Méthode de mesure

Comme expliqué à la Section 9, la méthode de mesure va avoir un impact sur l'analyse du résultat de la mesure. Donc, elle DEVRAIT être rapportée.

## 10.3 Identification de la métrique

L'IANA alloue à chaque métrique définie par le groupe de travail IPPM un identifiant univoque conformément à la [RFC4148] dans la IANA-IPPM-METRICS-REGISTRY-MIB.

## 10.4 Modèle d'information

Ce paragraphe présente les éléments d'information et l'usage des informations rapportées pour l'analyse des performances du réseau. Il sort du domaine d'application de cette section de définir comment l'information est rapportée.

Le modèle d'information est construit avec des éléments d'information introduits et expliqués dans les parties des [RFC2679], [RFC2680], [RFC3393], et [RFC3432] qui définissent les métriques IPPM et de toutes les sections intitulées "Rapport de la métrique", "Méthodologie", et "Erreurs et incertitudes" chaque fois qu'elles existent dans ces documents.

Voici les éléments d'information tirés des définitions de métriques de bout en bout référencées dans le présent mémoire et des métriques spatiales et de diffusion groupée qu'il définit :

- o Packet\_type, le type P des paquets d'essai (Type-P).
- o Packet\_length, longueur de paquet en bits (L).
- o Src\_host, adresse IP de l'expéditeur.
- o Dst\_host, adresse IP du destinataire.
- o Hosts\_series : <H1, H2,..., Hn>, liste des points d'intérêt participant à la mesure instantanée. Ce sont des routeurs dans le cas de métriques spatiales ou des destinataires dans le cas de métriques de un à groupe.
- o Loss\_threshold, seuil de délai infini.
- o Systematic\_error, délai constant entre heure du réseau et horodatage.
- o Calibration\_error, incertitude maximale.
- o Src\_time, heure d'envoi pour un paquet mesuré.
- o Dst\_time, heure de réception d'un paquet mesuré.
- o Result\_status, indicateur d'utilisabilité d'un résultat "épuisement de ressource" "infini", "perdu".
- o Delays\_series, <dT1,..., dTn>, liste de délais.
- o Losses\_series, <B1, B2, ..., Bi, ..., Bn>, liste de valeurs booléennes (spatiales) ou ensemble de valeurs booléennes (un à groupe).
- o Result\_status\_series, liste d'états de résultat.
- o dT, un délai.
- o Singleton\_number, nombre de singletons.
- o Observation\_duration, durée d'une observation.

- o `metric_identifier`, identifiant de métrique.

Les informations de chaque vecteur qui DEVRAIENT être disponibles pour calculer les échantillons sont :

- o `Packet_type`, le type du paquet,
- o `Packet_length`, la longueur du paquet,
- o `Src_host`, l'expéditeur du paquet,
- o `Dst_host`, le receveur du paquet, s'applique seulement aux vecteurs spatiaux,
- o `Hosts_series`, série d'hôtes, non ordonnée pour un à groupe,
- o `Src_time`, heure d'envoi pour le paquet mesuré,
- o `dT`, délai de bout en bout unidirectionnel pour le paquet mesuré, s'applique seulement aux vecteurs spatiaux,
- o `Delays_series`, s'applique seulement aux délais et aux vecteurs ipdv, non ordonnée pour un à groupe,
- o `Losses_series`, s'applique seulement aux vecteurs de perte de paquets, non ordonnée pour un à groupe,
- o `Result_status_series`, série d'états de résultat,
- o `Observation_duration`, différence entre l'heure du dernier singleton et l'heure du premier singleton.

Les informations de contexte (mesure, points d'intérêts) qui DEVRAIENT être disponibles pour calculer les échantillons sont :

- o `Loss threshold`, le seuil de perte,
- o `Systematic error`, délai constant entre heure du réseau et horodatage,
- o `Calibration error`, incertitude maximale.

Un échantillon spatial ou de un à groupe est une collection de singletons donnant les performances de l'expéditeur à un seul point d'intérêt.

Les informations qui DEVRAIENT être disponibles pour chaque échantillon pour calculer les statistiques sont :

- o `Packet_type`, le type de paquet,
- o `Packet_length`, la longueur du paquet,
- o `Src_host`, l'expéditeur du paquet,
- o `Dst_host`, le receveur du paquet,
- o `Start_time`, l'heure d'envoi du premier paquet,
- o `Delays_series`, s'applique seulement pour les délais et les échantillons ipdv,
- o `Losses_series`, s'applique seulement pour les échantillons de paquets perdus,
- o `Result_status_series`, série d'état de résultat,
- o `Observation_duration`, différence entre l'heure du dernier singleton du dernier échantillon et l'heure du premier singleton du premier échantillon.

Les informations de contexte (mesure, points d'intérêts) qui DEVRAIENT être disponibles pour calculer les statistiques sont :

- o `Loss threshold`, seuil de perte,
- o `Systematic error`, délai constant entre l'heure du réseau et l'horodatage,
- o `Calibration error`, incertitude maximale.

Les informations de chaque statistique qui DEVRAIENT être rapportées sont :

- o `Result`, le résultat,
- o `Start_time`, l'heure de début de l'essai,
- o `Duration`, la durée de l'essai,
- o `Result_status`, l'état du résultat,
- o `Singleton_number`, le nombre de singletons sur lequel la statistique est calculée.

## 11. Considérations sur la sécurité

Les métriques spatiales et de un à groupe sont définies par dessus les métriques de bout en bout. Les considérations sur la sécurité discutées dans les définitions de métriques de délai unidirectionnel de la [RFC2679], dans les définitions de métriques de perte de paquet de la [RFC2680] et dans les définitions de métriques IPDV des [RFC3393] et [RFC3432] s'appliquent aux métriques définies dans le présent mémoire.

Quelqu'un peut usurper l'identité d'un point d'intérêt et envoyer intentionnellement des résultats corrompus afin d'orienter à distance les décisions d'ingénierie du trafic.

Un point d'intérêt pourrait intentionnellement corrompre ses résultats afin d'orienter à distance les décisions d'ingénierie du trafic.

### 11.1 Métriques spatiales

La génération malveillante de paquets qui correspondent systématiquement à la fonction de hachage utilisée pour détecter les paquets peut conduire à une attaque de DoS sur le point de référence.

Les résultats de mesure spatiale portent les performances des segments individuels du chemin et l'identité des nœuds. Un attaquant peut déduire de ces informations les points de faiblesse d'un réseau (par exemple, un nœud encombré) qui exigeraient la moindre quantité de trafic d'attaque supplémentaire à exploiter. Donc, la surveillance des informations devrait être effectuée d'une façon qui empêche des receveurs imprévus d'inspecter les rapports de mesures. Une solution simple est d'interdire l'accès aux rapports en utilisant des sessions chiffrées ou des réseaux sécurisés.

### 11.2 Métriques de un à groupe

Le rapport de résultats de mesure provenant d'un grand nombre de sondes peut surcharger les ressources du point de référence (réseau, interfaces de réseau, capacités de calcul, etc.).

La configuration d'une mesure doit tenir compte qu'implicitement plus de paquets vont être acheminés qu'envoyés et le choix d'un taux de paquets d'essai doit être fait en conséquence. Collecter les statistiques d'un grand nombre de sondes peut surcharger toute combinaison du réseau à laquelle le contrôleur de mesures est rattaché, les interfaces réseau du contrôleur de mesures, et les capacités de calcul du contrôleur de mesures.

Les mesures de métrique de un à groupe devraient envisager d'utiliser des protocoles d'authentification de source, normalisés dans le groupe MSEC, pour éviter des fraudes de paquet dans l'intervalle d'échantillonnage. Le taux de paquets d'essai pourrait être négocié avant toute session de mesures pour éviter des attaques de déni de service.

Un point d'intérêt pourrait intentionnellement dégrader ses résultats afin d'augmenter à distance la qualité du réseau sur les branches de l'arborescence de diffusion groupée auxquelles il est connecté.

## 12. Remerciements

Lei tient à remercier le professeur Zhili Sun du CCSR, Université du Surrey, pour ses instructions et ses utiles commentaires sur le présent travail.

## 13. Considérations relatives à l'IANA

Les métriques définies dans le présent mémoire ont été enregistrées dans le registre de l'IANA Métriques IPPM comme décrit dans la version initiale du registre [RFC4148]:

L'IANA a enregistré les métriques suivantes dans la IANA-IPPM-METRICS-REGISTRY-MIB :

IDENTITÉ D'OBJET ietfSpatialOneWayDelayVector  
Statut : courant  
Description : "Type-P-Spatial-One-way-Delay-Vector"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 5.1."  
:= { ianaIppmMetrics 52 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfSpatialPacketLossVector  
Statut : courant  
Description : "Type-P-Spatial-Packet-Loss-Vector"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 5.2."  
:= { ianaIppmMetrics 53 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfSpatialOneWayIpdvVector

Statut : courant  
DescriptionN : "Type-P-Spatial-One-way-ipdv-Vector"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 5.3."  
:= { ianaIppmMetrics 54 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfSegmentOneWayDelayStream  
Statut : courant  
Description : "Type-P-Segment-One-way-Delay-Stream"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 6.1."  
:= { ianaIppmMetrics 55 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfSegmentPacketLossStream  
Statut : courant  
Description : "Type-P-Segment-Packet-Loss-Stream"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 6.2."  
:= { ianaIppmMetrics 56 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfSegmentIpdvPrevStream  
Statut : courant  
Description : "Type-P-Segment-ipdv-prev-Stream"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 6.3."  
:= { ianaIppmMetrics 57 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfSegmentIpdvMinStream  
Statut : courant  
Description : "Type-P-Segment-ipdv-min-Stream"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 6.4."  
:= { ianaIppmMetrics 58 }

-- Métriques de un à groupe

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupDelayVector  
Statut : courant  
Description : "Type-P-One-to-group-Delay-Vector"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 7.1."  
:= { ianaIppmMetrics 59 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupPacketLossVector  
Statut : courant  
Description : "Type-P-One-to-group-Packet-Loss-Vector"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 7.2."  
:= { ianaIppmMetrics 60 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupIpdvVector  
Statut : courant  
Description : "Type-P-One-to-group-ipdv-Vector"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 7.3."  
:= { ianaIppmMetrics 61 }

-- Statistiques de un à groupe

IDENTITÉ D'OBJET ietfOnetoGroupReceiverNMeanDelay  
Statut : courant  
Description : "Type-P-One-to-group-Receiver-n-Mean-Delay"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.3.1."  
:= { ianaIppmMetrics 62 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupMeanDelay  
Statut : courant  
Description : "Type-P-One-to-group-Mean-Delay"  
Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.3.2."

:= { ianaIppmMetrics 63 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupRangeMeanDelay

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Range-Mean-Delay"

Référence : "RFC 5644, section 8.3.3."

:= { ianaIppmMetrics 64 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupMaxMeanDelay

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Max-Mean-Delay"

Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.3.4."

:= { ianaIppmMetrics 65 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupReceiverNLossRatio

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Receiver-n-Loss-Ratio"

Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.4.1."

:= { ianaIppmMetrics 66 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupReceiverNCompLossRatio

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Receiver-n-Comp-Loss-Ratio"

Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.4.2."

:= { ianaIppmMetrics 67 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupLossRatio

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Loss-Ratio"

Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.4.3."

:= { ianaIppmMetrics 68 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupRangeLossRatio

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Range-Loss-Ratio"

Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.4.4."

:= { ianaIppmMetrics 69 }

IDENTITÉ D'OBJET ietfOneToGroupRangeDelayVariation

Statut : courant

Description : "Type-P-One-to-group-Range-Delay-Variation"

Référence : "RFC 5644, paragraphe 8.5.1."

:= { ianaIppmMetrics 70 }

## 14. Références

### 14.1 Références normatives

- [RFC2119] S. Bradner, "[Mots clés à utiliser](#) dans les RFC pour indiquer les niveaux d'exigence", BCP 14, mars 1997. DOI 10.17487/RFC2119, (MàJ par [RFC8174](#))
- [RFC2679] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "[Métrique de délai unidirectionnel pour IPPM](#)", DOI 10.17487/RFC2679, septembre 1999. (P.S. ; Remplacée par [RFC7679](#), STD 81)
- [RFC2680] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "[Métrique de perte de paquet unidirectionnelle pour IPPM](#)", DOI 10.17487/RFC2680, septembre 1999. P.S. ; Remplacée par [RFC7680](#))
- [RFC3393] C. Demichelis, P. Chimento, "[Métrique de variation de délai de paquet IP](#) pour la mesure des performances IP (IPPM)", DOI 10.17487/RFC3393, novembre 2002. (P.S.)

[RFC4148] E. Stephan, "Registre des métriques de mesure des performances d'IP (IPPM)", DOI 10.17487/RFC4148, août 2005. [BCP0108](#) ; *Obsolète, voir RFC6248*)

## 14.2 Références pour information

[RFC2330] V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi, M. Mathis, "[Cadre pour la mesure des performances d'IP](#)", DOI 10.17487/RFC2330, mai 1998. (*Information ; MàJ par RFC8468, RFC9198* )

[RFC3432] V. Raisenen et autres, "Mesure des [performances réseau avec des flux périodiques](#)", DOI 10.17487/RFC3432, novembre 2002. (*P.S.*)

[RFC6049] A. Morton, E. Stephan, "Composition spatiale des métriques", DOI 10.17487/RFC6049, janvier 2011. (*P.S.*)

## Adresse des auteurs

Stephan Emile  
France Telecom Division R&D  
2 avenue Pierre Marzin  
Lannion F-22307  
France  
mél : [emile.stephan@orange-ftgroup.com](mailto:emile.stephan@orange-ftgroup.com)

Lei Liang  
CCSR, University of Surrey  
Guildford  
Surrey GU2 7XH  
UK  
mél : [L.Liang@surrey.ac.uk](mailto:L.Liang@surrey.ac.uk)

Al Morton  
200 Laurel Ave. South  
Middletown, NJ 07748  
USA  
mél : [acmorton@att.com](mailto:acmorton@att.com)