

## Caractéristiques des délais dans les applications de supervision de réseaux et de services

Abdelkader Lahmadi, Laurent Andrey, Olivier Festor

► **To cite this version:**

Abdelkader Lahmadi, Laurent Andrey, Olivier Festor. Caractéristiques des délais dans les applications de supervision de réseaux et de services. Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série TSI: Technique et Science Informatiques, Lavoisier, 2009, Supervision et sécurité dans les grands réseaux, 28 (4/2009), pp.479 - 502. <inria-00404847>

**HAL Id: inria-00404847**

**<https://hal.inria.fr/inria-00404847>**

Submitted on 17 Jul 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Caractérisation des délais dans les applications de supervision de réseaux et de services

**Abdelkader Lahmadi — Laurent Andrey — Olivier Festor**

LORIA - INRIA Lorraine - Nancy Universités  
615 rue du Jardin Botanique  
F-54602 Villers-lès-Nancy, France  
Abdelkader.Lahmadi,Laurent.Andrey}@loria.fr

---

*RÉSUMÉ. La qualité des activités de supervision reposant sur un modèle gestionnaire-agent est un verrou à soulever notamment dans des environnements à large échelle. Les dimensions grandissantes de ces environnements altèrent considérablement les performances des systèmes de supervision, notamment le degré de synchronisation entre la vue observée par le gestionnaire et la vue réelle du système géré. Dans ce travail, nous avons analysé les délais que subissent les variables de gestion au cours de transferts de leurs valeurs. Nous avons caractérisé ces délais et leurs variations selon une méthodologie d'analyse statistique. Les mesures de délais sont effectuées dans un environnement à large échelle dans le cadre d'une supervision basée sur le framework JMX, le standard defacto pour la gestion des applications utilisant la technologie Java.*

*ABSTRACT. The quality of monitoring activities within a manager-agent model is challenging when monitoring large-scale environments. The size of these environments is becoming more and more large and has a considerable impact on the performance of monitoring systems. In particular, the temporal synchronisation between the real and inferred views of a monitored system. The inferred view is provided by the manager from the collected monitoring data of agents. In this paper, we analyse the delays that experiences monitoring data when they are transferred from agents to the manager. These delays may altere the inferred view since monitoring data becomes out-of-date. Therefore, we investigate the statistical properties of these delays and their variations when the number of monitoring agents increases. Monitoring delays are measured from our benchmarking platform dedicated to the JMX monitoring framework.*

*MOTS-CLÉS : caractérisation, analyse statistique, délais, variation, supervision, gestion, JMX.*

*KEYWORDS: Modeling, statistical analysis, delays, monitoring, management, JMX*

---

## 1. Introduction

La performance des applications de gestion de réseaux et de services est devenue une préoccupation dans la communauté de gestion. Cette préoccupation est due aux défis auxquels doivent faire face les activités de gestion pour garantir sa propre performance et la qualité de service des systèmes gérés. Cette garantie nécessite la compréhension et la maîtrise de la performance des activités de gestion dans différents environnements notamment ceux à large échelle. Une activité maître dans tous les systèmes de gestion est la supervision. Cette activité repose sur l'observation de l'état du système géré afin que d'autres activités puissent être déclenchées afin de résoudre des problèmes qui peuvent surgir sur ce système géré. Les données collectées par cette activité sont de grandes utilités pour rejouer les vues obtenues du système pour diagnostiquer une panne avertie par un utilisateur de service. Généralement ces données sont datées et stockées dans une base de données pour garder un historique, ou les manipuler par la suite pour extraire des informations de gestion. Au cours de transfert de ces données entre les différentes entités de gestion elles subissent éventuellement plusieurs imperfections temporelles. Ces imperfections sont dues notamment aux délais engendrés au cours de ce transfert ainsi que les variations qu'ils présentent dans des environnements large échelle ou sous des intensités de supervision élevées.

Il y a très peu de travaux, à notre connaissance, qui essaient d'évaluer ces aspects des délais et des imperfections temporelles qui engendrent dans les applications de supervision, où des erreurs, notamment temporelles, sont introduit sur les données de gestion collectées. Une étape cruciale dans cet objectif est de mieux comprendre ces délais, leurs variations et leurs sources afin de les maîtriser. Dans ce papier, nous étudions les délais de supervision et leurs variations afin d'identifier dans un premier temps leur source (réseau ou applicatif). Dans un deuxième temps, nous avons modélisé ces délais et ces variations par des distributions statistiques classiques. Cela nous permettra d'identifier un modèle statistique de l'enveloppe temporelle des données de supervision. Nous avons mesuré ces délais dans le cadre d'une supervision basée sur JMX dans un environnement à large échelle. À travers ces mesures, nous avons proposé une métrique qui quantifie le rapport signal bruit d'un processus de supervision, où nous avons mis en relation le signal d'observation par rapport au signal de réponses bruité par ces variations de délais.

Dans la section 2, nous présentons des travaux liés, notamment ceux portant sur l'étude de la performance dans la contexte de gestion de réseaux et de services. Dans la section 3, nous présentons les différents composants de délais bout-en-bout que subit une variable lors de son transfert entre deux ou plusieurs entités de supervision. Nous détaillons aussi les propriétés temporelles de processus de supervision notamment celui reposant sur une interaction de type requête-réponse dans un modèle gestionnaire-agent. Ensuite, dans la section 5 nous présentons la caractérisation de ces délais dans différents scénarii de mesure sous différents facteurs d'échelles, notamment les effets de l'intensité de supervision et du nombre d'agents. La caractérisation des incertitudes temporelles de ces délais dans le cadre d'une supervision basée sur JMX est présentée

dans la section 6. Une conclusion et les travaux futurs sont présentés dans la section 7.

## 2. Travaux relatifs

Les délais dans les applications de gestion et leurs effets sur leurs algorithmes associés sont rarement étudiés dans la communauté de gestion de réseaux et de services. Les travaux existants (Pras *et al.*, 2004) se focalisent notamment à résumer ces délais sous la forme de moyennes et au mieux les écarts-type. En revanche, évaluer d'une manière pertinente les délais d'une application de supervision notamment celles à caractère temps réel nécessite une meilleure compréhension de la variation de ces délais pour qu'elle puisse gérer les environnements lui est confié. L'aspect perturbation que subit un processus de supervision a été introduit par Goldszmidt dans (Goldszmidt *et al.*, 1993). Ces perturbations se présentent notamment sous la forme des incertitudes temporelles des valeurs observées par le processus de supervision. En revanche, aucune analyse n'a été effectuée depuis pour quantifier ces incertitudes. Dans (Belenki *et al.*, 2000), les auteurs ont analysé les erreurs temporelles introduites lors de la mesure des charges réseaux. Cette analyse s'est focalisée sur les erreurs des compteurs SNMP (Case *et al.*, 1990) d'un routeur et celles des outils de capture de trafic, comme *Tcpdump*<sup>1</sup>. Leur étude a confirmé la distorsion temporelle que subissent les valeurs de variables observées. En revanche cette étude reste partielle et elle lui manque l'aspect large échelle et son effet sur ces variations.

Récemment, de plus en plus d'infrastructures dynamiques sont déployées à large échelle. Notamment les infrastructures VoIP<sup>2</sup> qui présentent des composants à courte durée de vie, comme les transactions SIP<sup>3</sup>. Les applications de supervision de ces infrastructures nécessitent de faible délai pour qu'elles puissent capturer ces composants hautement dynamique (Acharya *et al.*, 2007). En effet, notre travail se positionne dans le contexte d'identification des modèles de performances des processus de gestion qui seront de grande utilité pour l'analyse analytique et la simulation de ces processus.

## 3. Différents composants des délais de la supervision

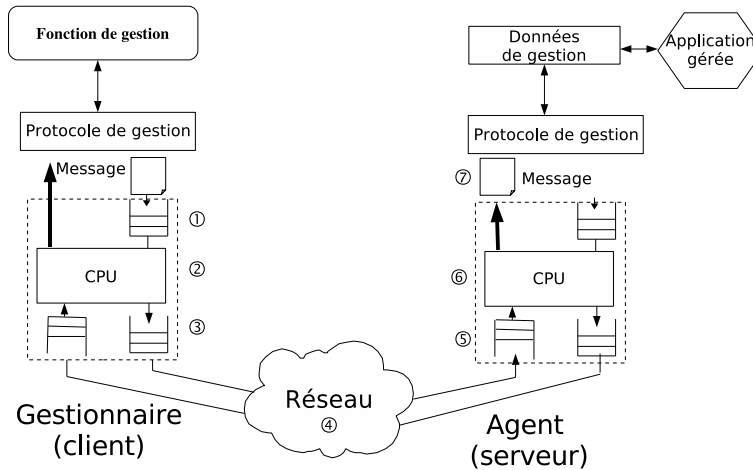
Généralement, les délais de bout-en-bout sont exprimés sous la forme de deux composantes, une composante fixe et une autre variable (Bolot, 1993). La composante fixe se présente sous la forme du temps de transmission sur un nœud et le temps de propagation sur le lien de communication. Les composantes variables sont le temps de traitement et le temps d'attente dans les files d'un nœud. Le temps de transmission est linéaire en fonction de la taille des paquets. Le temps d'attente augmente d'une façon

---

1. <http://www.tcpdump.org>

2. Voice over IP.

3. Session Initiation Protocol.



**Figure 1.** Décomposition des délais de bout-en-bout entre un gestionnaire et un agent.

linéaire en fonction du temps d'inter-arrivées de paquets, mais varie rapidement dès que ces temps sont faibles.

Dans le contexte d'un modèle gestionnaire-agent comme indiqué sur la figure 1, nous décomposons le délai que subit une variable entre deux entités de gestion différentes communiquant via un réseau en trois composantes : délais au niveau du gestionnaire, délais de messages et délais au niveau de l'agent. Les délais des messages représentent les délais liés à la couche transport et réseau. Ils incluent les délais de propagation et de transmission des paquets de protocole de transport sous-jacent au protocole de gestion. Le délai que subit une variable sur une entité de gestion se caractérise par son temps de séjour dans la couche du protocole de gestion présent sur une entité. Ce délai correspond au temps de traitement et d'attente des opérations de gestion au niveau de l'entité. De plus sur un agent, le temps d'accès à l'objet géré n'est pas négligeable et doit être considéré lors de l'analyse des délais au niveau des entités de gestion (Pras *et al.*, 2004). Par conséquent, le délai que subit la variable au cours d'une opération se traduit par la formule suivante :

$$D(V_i) = D_{Gestionnaire}(V_i) + D_{Message}(V_i) + D_{Agent}(V_i) \quad [1]$$

Les composantes relatives aux entités de gestion sont aussi la composition d'une partie fixe qui représente le délai minimal que subit la variable par le biais d'une opération et une partie variable qui dépend de plusieurs facteurs. Pour une approche de gestion, nous avons identifié les facteurs suivants qui affectent les délais que subissent les variables :

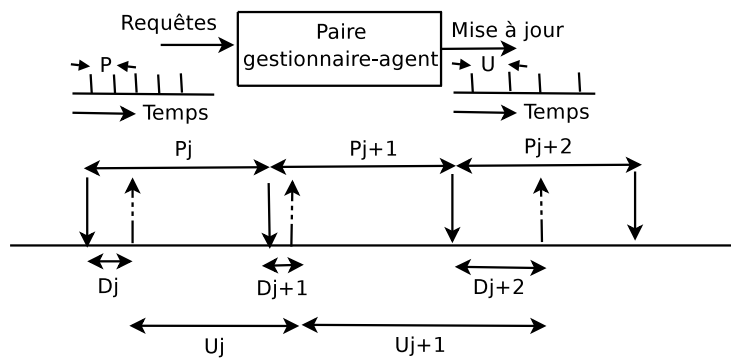
- Le nombre d'agents ;
- Le nombre d'objets gérés sur chaque agent ;

– Les périodes temporelles des variables.

D'autres facteurs, comme la sécurité (Marinov *et al.*, 2006) et le facteur hétérogénéité des agents (Pras *et al.*, 2004) affectent aussi considérablement les délais de gestion. Cette liste de facteurs n'est pas exhaustive mais représente les facteurs que nous avons considérés lors de notre caractérisation de délais de supervision. Nous nous sommes essentiellement intéressé aux deux facteurs que sont le nombre d'agents depuis lesquelles une variable est surveillée et la variation de ses périodes de surveillance. Ces deux facteurs sont retenus à cause de leur effet sur le passage à l'échelle d'une approche de gestion. Dans la suite, nous caractérisons le délai de bout-en-bout d'une variable sans sa décomposition sur les composantes présentées précédemment. Ce choix nous permet de caractériser le délai que perçoivent les algorithmes de gestion résidant sur une entité de référence.

### 3.1. Modèle temporel d'une activité de supervision

La compréhension de la variation des délais de supervision est importante car elle tend à transformer un signal périodique en un signal apériodique. En effet, une activité de supervision reposant sur un mode de scrutation consiste à l'introduction d'un signal périodique pour collecter les données de gestion depuis des agents à des intervalles périodiques. La figure 2 représente une interaction sous forme des requêtes/réponses entre un gestionnaire et un agent pour transférer les valeurs d'une variable de gestion entre ces deux entités. Au cours de chaque intervalle  $P_j$  le gestionnaire envoie une



**Figure 2.** Modèle temporel d'une activité de supervision basée sur un mode de scrutation.

requête à l'agent sollicitant la valeur de la variable. La réponse à cette requête arrive sur le gestionnaire après un délai  $D_j$ . À la réception de la réponse le gestionnaire met à jour la valeur de la variable et procède à son stockage. Ce processus de collecte de valeurs de variables met en relation un signal d'entrée qui se présente sous la forme de l'intensité de demande de supervision en termes de opérations par seconde. La sortie de ce processus est un signal qui se présente sous la forme de débit de supervision

en terme de variables collectées par seconde. On observe d'après la figure 2 que les périodes de mise à jour des valeurs, noté  $U_j$  sont égales à :  $U_j = P_j - D_j + D_{j+1} = P_j + (D_{j+1} - D_j)$ . Ainsi, ces périodes dépendent notamment de la variation de délais,  $D_{j+1} - D_j$  que subissent les variables par le biais des opérations qui les manipulent. Quand cette variation est nulle, le signal de mise à jour de valeurs des variables est périodique de période  $U_j$ . En revanche, en cas de perturbations sur les délais, ce signal devient aperiodique avec des périodes  $U_j$  différentes.

### 3.2. Métriques de délais d'une application de supervision

Nous nous sommes focalisé sur la mesure de délais dans une application de supervision de type gestionnaire-agent. Dans cette étude de cas, les métriques de délai sont de type un-à-un ou un-à-plusieurs selon le nombre d'entité impliquées dans la fonction de gestion. Le mode d'interaction spécifie la nature des délais. Dans un mode de scrutation, nous mesurons des délais bidirectionnels (*Round-Trip-Delay*). Dans un mode de notification, ces délais sont unidirectionnels (*One-Way-Delay*).

Délai un-à-un :

Ce délai est le temps total que subit une variable pour retrouver ou altérer sa valeur sous un mode d'interaction spécifique entre deux entités de gestion. Ce délai est mesuré en unité de temps sur une entité représentant son point de mesure.

Délai un-à-plusieurs :

Ces délais représentent la quantité de temps nécessaire pour retrouver/altérer la valeur d'une variable entre une entité de gestion de référence (un gestionnaire par exemple) et un groupe d'agents. On s'aperçoit qu'un échantillon spatial de cette métrique est la composition de singletons où chacun d'eux représente un délai un-à-un de la variable depuis des agents différents. Les échantillons de ces délais sont résumés par l'une des statistiques usuelles (moyenne, écart type) ou robustes (médiane, percentiles). Chacune de ces métriques est identifiée par le nom de la variable, le type de la métrique, l'opération de la gestion et sa multiplicité. Nous ne spécifions pas le type de délai (unidirectionnel ou bidirectionnel) puisque il est identifié par l'opération de gestion utilisé. Par exemple, une opération de notification implique un délai unidirectionnel. En revanche, une opération *getAttribute* implique un délai bidirectionnel.

## 4. Méthodologie de mesure et d'analyse

Une fois les métriques des délais sont définies, nous nous sommes intéressé à la manière de les mesurer. Pour ce faire, nous avons développé une méthodologie de mesure de ces métriques. Notre méthodologie est expérimentale. Elle repose sur l'utilisation d'un banc de mesure (Lahmadi *et al.*, 2006) que nous avons développé pour l'évaluation de performances des approches de supervision.

#### 4.1. Pratique de supervision sous test

Nous avons mené nos mesures sur une pratique de supervision basée sur le *framework* JMX (SUN, 2002; SUN, 2003). Les paramètres de la pratique de gestion qui

Paramètres de la pratique de gestion
Approche : centralisée, gestionnaire-agent
Agent démon
Technologie JMX
Connecteur RMI/TCP
Fonction de surveillance
Mode scrutation
Opération <i>getAttribute</i> , multiplicité égale 1
Opérations concurrentes
Instrumentation interne

**Tableau 1.** Paramètres de la pratique de gestion sous test.

nous avons déployés sur notre banc de mesure (Lahmadi *et al.*, 2006) dédié au *framework* JMX sont représentés dans le tableau 1. L'évaluation de cette pratique repose sur des tests synthétiques où aucun comportement d'une application gérée n'est déclenché, ainsi que des tests réalistes où un agent est couplé à un serveur web pour sa supervision. En s'appuyant sur cette pratique, nous avons défini deux scénarios de test. Dans le premier scénario, nous avons surveillé un serveur Web nommé TJWS<sup>4</sup> sous différentes intensités de demande de supervision en terme de *getAttribute*/seconde. Le serveur Web est instrumenté selon un modèle d'intégration de type démon de l'agent de supervision (Lahmadi *et al.*, n.d.). Dans le deuxième scénario, nous avons varié le nombre d'agent attachés à un gestionnaire. Les agents sont de type synthétique puisqu'ils ne gèrent aucune application réelle. Chacun d'agent est soumis à une intensité de supervision de 1 *getAttribute*/s.

#### 4.2. Environnements physiques et logiciels

Nos mesures sont effectuées sur une grappe de 100 machines connectées par un réseau Ethernet de capacité 1 Gbits/s. Il s'agit de la grappe *I-Cluster2*<sup>5</sup> faisant partie de la grille *Grid5000*<sup>6</sup>. Chaque machine repose sur deux processeurs *Itanium 2* d'architecture 64 bits cadencés chacun à une vitesse de 900 MHz et doté d'une mémoire de capacité 3 Giga octets. Le système d'exploitation déployé sur ces machines est un Linux RedHat version AS 3, reposant sur un noyau version 2.4.21-32.0.1.EL. La JVM déployée est une BEA WebLogic JRockit reposant sur une JDK 1.4.2\_04. Dans ce travail, nous avons utilisé l'implantation MX4J version 2.0 pour JMX étant donné quelle

4. <http://tjws.sourceforge.net/>

5. <http://i-cluster2.inrialpes.fr/>

6. <http://www.grid5000.fr>



présente de meilleure performance que l'implantation de référence de SUN, comme il était indiqué dans (Lahmadi *et al.*, 2005).

### 4.3. Méthodologie d'analyse

Nous avons mesuré les délais que subissent les attributs supervisés au niveau applicatif et niveau réseau. Pour mesurer les délais au niveau applicatif, nous avons utilisé l'instruction Java `getCurrentTimeMillis`. Les temps sont mesurés au niveau applicatif sur le gestionnaire sous la forme de timestamps retournés par cette méthode avant (T1) et après l'appel de l'opération `getAttribute` (T2). Ces différents timestamps sont stockés dans un fichier relatif à un agent. Le format d'une entrée de ce fichier est présenté dans la figure 3. Les délai que subit une variable par le biais de l'opération `getAttribute`

```
T1
T1 T2
```

**Figure 3.** Format d'une entrée de fichier de log des instants d'appel des opérations et de leurs réponses.

est la différence  $T2 - T1$ . Ce choix de format nous permet aussi de compter le débit en comptant le nombre de lignes de type `T1 T2` et le temps total du test. Chaque test débute par une période de 60 secondes qui représente la période d'amorçage (*warm-up*) qui élimine l'effet de démarrage à froid. Cette période est suivie d'une durée de test de 1200 secondes.

Au niveau réseau, nous avons utilisé l'outil *dumpcap*<sup>7</sup> pour capturer le trafic de supervision, ensuite nous avons analysé le fichier de capture avec nos propres scripts développés en langage *PERL* pour calculer les délais des opérations `getAttribute`. À partir de ces délais, nous avons inféré la variation correspondante. La variation de délai est calculée comme étant la différence entre deux délais successifs qui subit une variable, noté  $V_i$ , lors de la transfert de sa valeur par le biais d'une opération de gestion. En effet, la variation de délai  $\delta(V_i) = D_j(V_i) - D_{j-1}(V_i)$ , où  $D_j(V_i)$  et  $D_{j-1}(V_i)$  sont les délais que subit la variable au cours des intervalles de scrutation respectifs  $j$  et  $j-1$ . Un de nos objectif est d'identifier si cette variation de délai suit une certaine distribution statistique connue comme : Exponentielle, Gamma, Weibull, etc. Nous avons utilisé l'indicateur de divergence<sup>8</sup> (Paxson, 1994), noté  $\lambda^2$ , développé par Vern Paxson pour mesurer la déviation entre la distribution empirique identifiée depuis un échantillon de mesure et une distribution théorique quelconque. La distribution qui approche au mieux la distribution empirique est celle qui possède une valeur de l'indicateur de divergence minimale.

7. <http://www.ethereal.com/docs/man-pages/dumpcap.1.html>

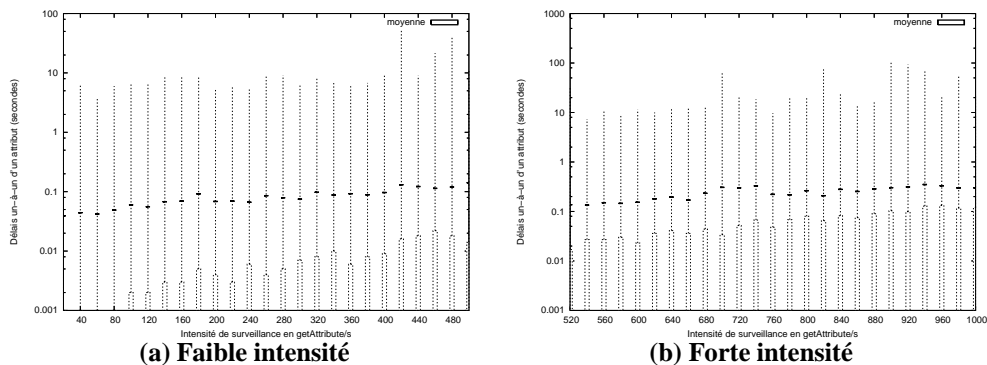
8. Discrepancy measure.

## 5. Caractérisation des délais de la supervision

Dans cette section, nous analysons l'effet des facteurs d'échelle, intensité et nombre d'agents sur les délais sous les deux scénarios que nous avons présenté précédemment.

### 5.1. Effet de l'intensité de supervision sur les délais un-à-un

Nous analysons l'effet de l'intensité de demande de supervision en terme de *getAttribute/s* sur les délais que subit une variable par le biais de cette opération. Ici nous avons utilisé comme environnement physique la grappe de machines où le réseau est de très faible latence (moyenne 0,083 ms<sup>9</sup>). Le scénario de test est celui où l'agent de supervision est couplé à un serveur web. L'objectif de cette analyse est d'identifier l'effet du temps d'accès à la valeur d'un attribut d'une application gérée (un serveur web dans notre cas), sur les délais un-à-un que subit cet attribut collecté par le gestionnaire. On observe sur la figure 4 que ces délais sont plus importants que ceux d'un



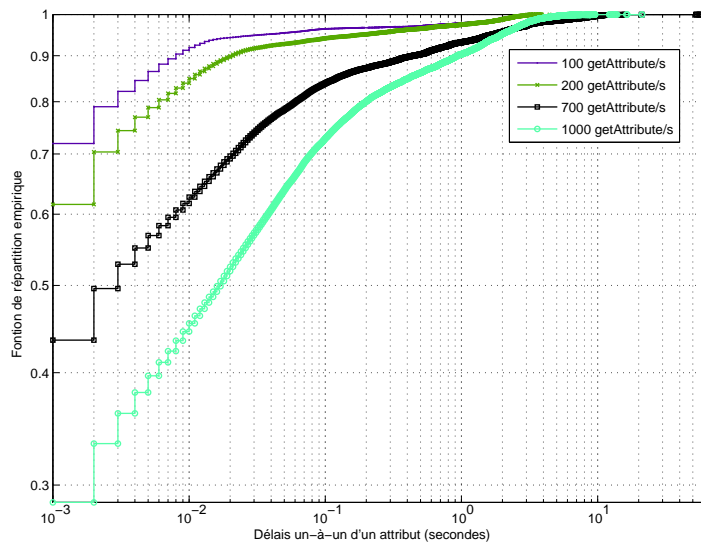
**Figure 4.** Statistiques de délais un-à-un d'un attribut sous différentes intensités de supervision d'un agent JMX intégré comme composant dans un serveur web.

agent synthétique sans aucune application gérée à superviser (Lahmadi *et al.*, 2005). Ainsi on s'aperçoit que le temps d'accès de la valeur de l'attribut depuis l'application gérée à un effet important sur les délais de bout-en-bout (gestionnaire, agent, application gérée). Sous une intensité de 100 *getAttribute/s* les délais depuis un agent couplé au serveur web sont en moyenne de l'ordre de 60 ms. Sous la même intensité les délais depuis un agent synthétique sont en moyenne de l'ordre de 1.29 ms.

La figure 5 représente les fonctions de répartition empiriques de ces délais un-à-un. On observe que si dans le cas d'un agent synthétique 75% de délais sont de l'ordre

9. Cette valeur est obtenue par un simple Ping entre deux machines de test du cluster.

de 1 ms pour une intensité de 1000 getAttribute/s, ce pourcentage descend à 28% dans le cas d'un agent intégré dans un serveur web. D'après le tableau 2, la distribution



**Figure 5.** Fonctions de répartition empirique de délais un-à-un d'un attribut trouvé depuis un agent intégré comme composant dans un serveur web.

empirique des délais un-à-un d'un attribut accédé depuis un agent supervisant un serveur web approche au mieux les distributions LogNormal et Weibull. Ce résultat est le même obtenu pour les délais d'un agent synthétique. Nous étendons cette caractérisa-

Intensité de surveillance	Distribution de délais un-à-un	Coefficient d'adéquation $\lambda^2$
100 getAttribute/s	LogNormal, Weibull	0.1365, 0.2664
200 getAttribute/s	LogNormal, Weibull	0.2504, 0.4663
700 getAttribute/s	LogNormal, Weibull	0.2456, 0.2844
1000 getAttribute/s	LogNormal, Weibull	0.0972, 0.1857

**Tableau 2.** Distributions statistiques approchant les délais un-à-un d'un attribut soumis à différentes intensités de surveillance depuis un agent JMX intégré sous forme d'un composant dans un serveur web.

tion de délais un-à-un au cas d'un agent intégré dans un serveur web qui est soumis à une charge fonctionnelle sous forme des transactions HTTP. L'agent est aussi soumis à une charge de supervision sous la forme d'une intensité de surveillance d'un attribut. Une description détaillée de l'environnement de mesure est présentée dans (Lahmadi *et al.*, n.d.). Dans ce cas nous observons que les distributions empiriques de délais un-à-un s'approchent des distributions classiques de types *LogNormal* et *Weibull*.

En effet, dans un scénario de type 1 gestionnaire-1 agent, le couplage de l'application gérée à l'agent ne change pas la nature de la distribution des délais que subissent les attributs mais ne fait qu'augmenter leurs ordres de grandeur.

### 5.2. Effet du nombre d'agents sur le délai un-au-groupe d'une variable

Dans cette section, nous analysons l'effet du nombre d'agents sur les délais que subit une variable accédée depuis un groupe d'agents de taille spécifique par le biais de l'opération *getAttribute* sous une intensité de 1 *getAttribute/s*.

#### *Environnement à faible latence réseau*

Dans cette analyse nous nous repons sur la trace collectée sur notre banc de mesure sous un scénario 1 gestionnaire et plusieurs agents avec une charge synthétique. Tout d'abord, nous analysons le délais un-à-un d'un attribut trouvé depuis un agent faisant parti de groupe d'agents. Cela nous permet de comparer ces délais avec ceux obtenus dans la section précédente où un seul agent soumis à une charge synthétique est attaché au gestionnaire. Comme l'indique le tableau 3, les délais un-à-un d'un attri-

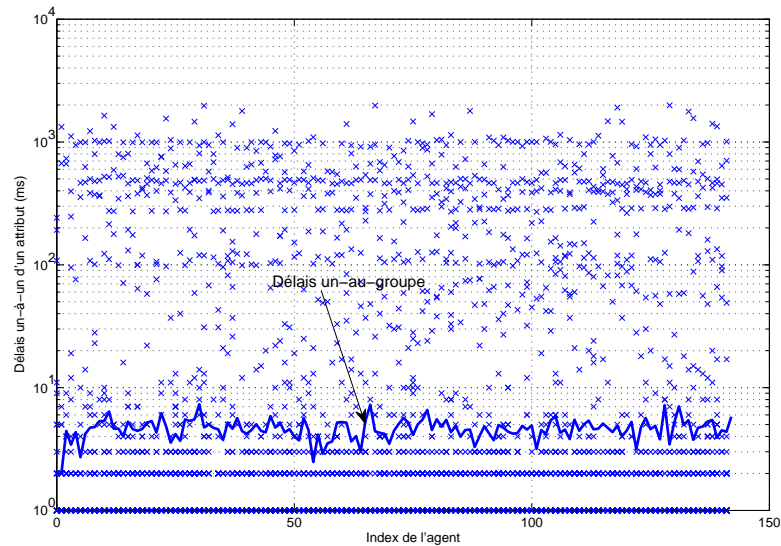
Taille de groupe	Statistiques de délai un-à-un d'un attribut (ms)					
	Moyenne	Écart type	Médiane	IQR	Min	Max
70	1.02	0.20	1	0	1	4
140	4.45	46.34	1	0	1	973
210	68.47	432.37	1	0	1	3614
280	105.08	983.41	1	0	1	9960
350	392.73	2250.64	1	0	1	20269
420	675.24	3689.65	1	0	1	33365
490	561.55	4254.14	1	0	1	39816
560	1787.82	8179.39	1	0	1	50395
630	1916.86	8764.2	1	0	1	60646
700	2394.55	12073.7	1	0	1	78994

**Tableau 3.** *Statistiques des délais un-à-un d'un attribut accédé depuis un agent faisant parti d'un groupe d'agents de différentes tailles.*

but accédé depuis un agent faisant parti d'un groupe d'agents attaché au gestionnaire sont plus importants que ceux d'un gestionnaire et un seul agent. Même dans le cas où les intensités de surveillance sont importantes, les délais de scénario 1 gestionnaire, 1 agent sont nettement plus faibles que ceux présentés dans le tableau 3. D'un point de vue distribution statistique approchant la distribution empirique de ces délais, nous avons trouvé que la distribution LogNormal reste encore valable pour approcher ces délais.

Pour analyser les délais un-au-groupe d'un attribut accédé depuis un groupe d'agents, nous avons considéré la moyenne de chacun des échantillons de délais un-

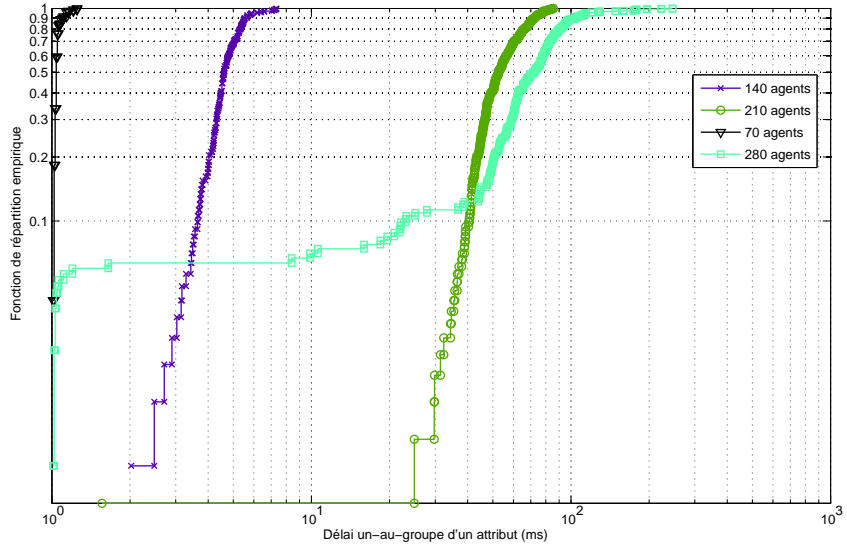
à-un d'un attribut accédé depuis chaque agent. La figure 6 montre la relation entre les



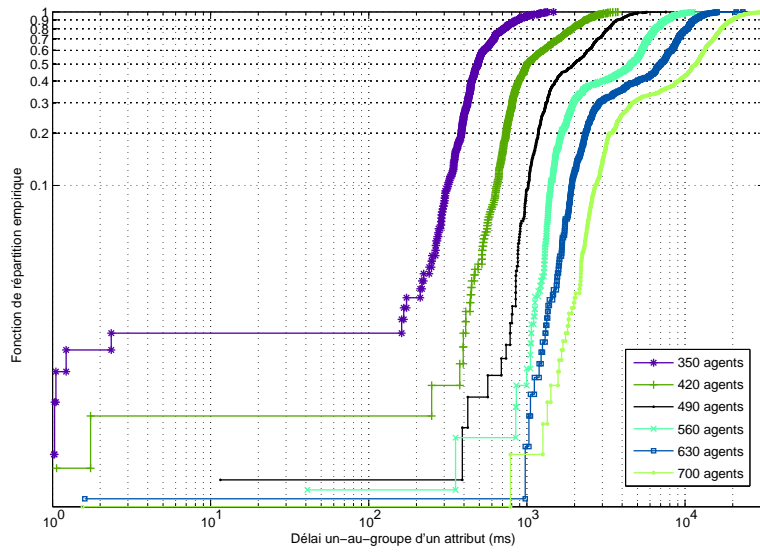
**Figure 6.** Relation entre les délais un-à-un d'un attribut accédé depuis un groupe de 140 agents et les délais moyens un-au-groupe.

délais un-à-un et ceux de un-au-groupe. Chaque unité de l'axe des abscisses représente l'index d'un agent (le groupe est de taille 140 agents) dans le groupe, sur l'axe des ordonnées est l'échantillon des délais un-à-un de l'attribut accédé depuis chacun des agents. La moyenne de chacun de ces échantillons par agent constitue un singleton de l'échantillon de délai un-au-groupe, présentée par une courbe sur la figure 6. Sur l'échantillon de délai un-au-groupe obtenue nous avons appliqué les statistiques usuelles. Les résultats sont présentés dans le tableau 4. On observe que les valeurs des estimateurs de délai un-au-groupe sont proches de celles de délai un-à-un d'un attribut lorsque la taille de groupe est inférieure à 280 agents. En revanche, dès que la taille de groupe dépasse cette limite, les estimateurs de la moyenne et de l'écart type deviennent différents de ceux de délai un-à-un d'un agent individuel. Comme l'indique la figure 7, pour des tailles de groupe entre 70 et 280 agents les distributions empiriques de délais un-au-groupe d'un attribut basées sur les moyennes de délais un-à-un semblent proches de celles de délai un-à-un d'un seul agent. En revanche, au-delà de ces tailles les distributions deviennent plus plates puisque le délai moyen un-à-un de chacun de agents est différent de celui d'un autre agent dans le même groupe.

Nous allons maintenant vérifier si les distributions statistiques LogNormal et Weibull approchant le délai un-à-un d'un attribut sont encore valables pour le délai un-au-groupe. On observe d'après le tableau 5 que la distribution approchant les délais un-au-groupe d'un attribut dépend de la taille de groupe. Dans un groupe de faible taille



(a)



(b)

**Figure 7.** Distributions empiriques des délais un-au-groupe moyens d'un attribut accédé depuis un groupe d'agents déployés sur un cluster.

Taille de groupe	Statistiques de délai un-au-groupe d'un attribut (ms)					
	Moyenne	Écart type	Médiane	IQR	Min	Max
70	1.05	1.07	1	0	1	100
140	4.65	51.48	1	0	1	1988
210	53.77	410,351	1	0	1	7039
280	67.60	736.238	1	0	1	11141
350	495.38	2504.66	1	0	1	24225
420	1042.73	4363,95	1	0	1	34683
490	1776.89	6456,44	1	0	1	45182
560	2975.32	9630,81	1	0	1	56159
630	4244.80	12944,9	1	1	1	70543
700	6562.28	18678,6	1	1	1	103105

**Tableau 4.** Statistique de délai un-au-groupe d'un attribut accédé depuis un groupe d'agents de différentes tailles, déployés sur un cluster.

Taille de groupe d'agents	Distribution de délais un-au-groupe	Coefficient d'adéquation $\lambda^2$
70	Normal, Exponentiel	0.33, 1.6
140	Normal, Weibull	0.0414, 0.19
210	Gamma, Normal, Weibull	0.03, 0.04, 0.07
280	Normal, Weibull	0.21, 0.37
350	Gamma, Weibull, Normal	0.15, 0.16, 0.27
420	Gamma, Weibull	0.21, 0.3
490	Gamma, Weibull	0.16, 0.2
560	Gamma, Weibull	0.42, 0.44
630	Weibull, Gamma	0.36, 0.37
700	Weibull, Gamma	0.21, 0.23

**Tableau 5.** Distributions statistiques approchant les délais un-au-groupe d'un attribut accédé depuis un groupe d'agents de différentes tailles.

inférieure ou égale à 280 agents, ces délais suivent approximativement une distribution normale puisque les délais sont symétriques centrés autour de la moyenne. Dans le cas d'une taille de 70 agents, la distribution est exponentielle puisque la moyenne est égale à l'écart type comme l'indique le tableau 4. À partir d'une taille de groupe de 350 agents, la distribution empirique approche de plus en plus une distribution de Weibull. Cela indique que la distribution devient de plus en plus asymétrique et à queue lourde. Cela est dû au fait que les délais que subit un attribut depuis un agent sont différents de ceux d'un autre agent. Ainsi, les opérations transportant les valeurs d'un attribut depuis un groupe d'agents ne subissent pas les mêmes délais. En effet, le gestionnaire sature au delà de cette taille de 350 agents, et les lois individuelles de probabilités des délais un-à-un perdent la caractéristique d'être identiquement distribuées

et indépendantes. Cela explique l'asymétrie des distributions de délai un-au-groupe lorsque les tailles de groupe sont supérieures à 350 agents.

#### *Environnement à latence réseau moyenne*

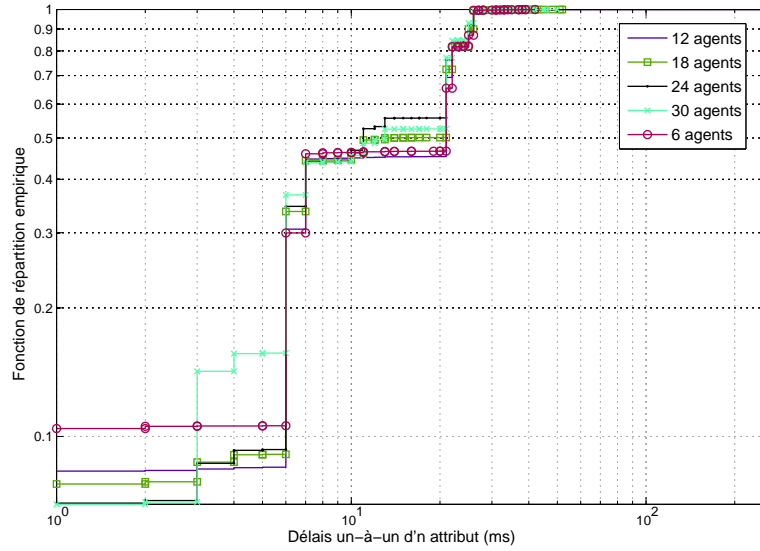
Les délais présentés précédemment sont obtenus dans un environnement clos à très faible latence. Nous avons étendu nos tests sur un environnement multi-sites où les agents sont distribués sur 4 clusters différents. La latence réseaux moyenne entre les différents site est de l'ordre de 17 ms. Ces clusters font partie du projet Grid5000 et sont ceux de Nancy, Nice, Bordeaux et Toulouse. Le gestionnaire est déployé à Bordeaux. Les agents sont déployés sur tous les sites y compris celui de Bordeaux. Nous avons varié le nombre d'agents déployés entre 6 à 60 agents. D'après le ta-

Taille de groupe	Statistiques de délai un-au-groupe d'un attribut (ms)					
	Moyenne	Écart type	Médiane	IQR	Min	Max
6	14.72	9.13	21	16	1	42
12	14.99	9.18	21	16	1	259
18	14.4	8.86	13	16	1	52
24	13.78	8.71	11	15	1	255
30	13.87	8.81	13	15	1	50
36	13.68	8.73	12	15	1	240
42	13.85	8.64	11	15	1	58
48	14.47	9.03	21	15	1	260
54	14.09	8.97	11	16	1	50
60	13.29	8.85	11	15	1	62

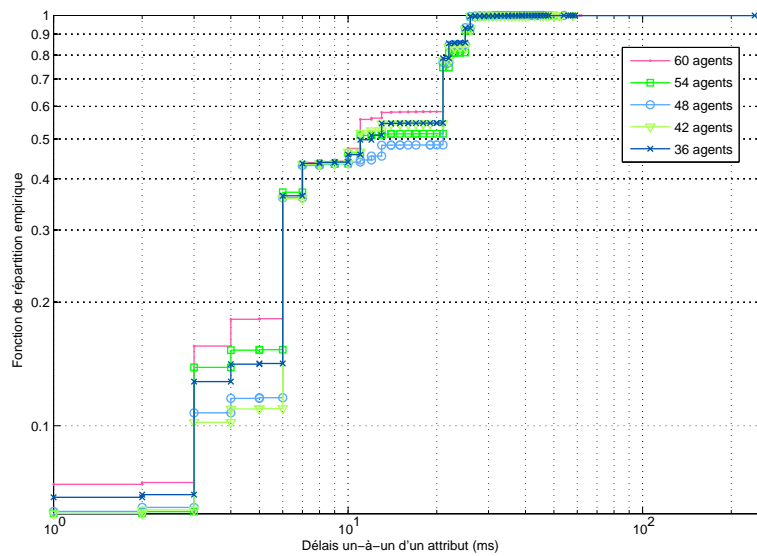
**Tableau 6.** *Statistiques de délais un-au-groupe d'un attribut accédé depuis un groupe d'agents de différentes tailles, distribués sur plusieurs sites de Grid5000.*

bleau 6, les statistiques de délai un-au-groupe sont quasiment stables en augmentant la taille de groupe d'agents. Les distributions des délais un-à-un que subit un attribut accédé depuis les différents agents de groupe suivent approximativement les distributions normale et Weibull. Les valeurs d'adéquations pour les deux distributions sont très proches. Les délais un-au-groupe basés sur les moyennes de délais un-à-un de chacun d'agents suivent plutôt une distribution uniforme. Les résultats obtenus pour cette expérimentation d'une supervision multi-sites avec une latence réseau moyenne de l'ordre de dizaine de milli-secondes, ne peuvent pas être généralisés puisque nous avons considéré qu'un nombre d'agents déployés limité (entre 6 et 60). En revanche, on s'aperçoit que ces latences amortissent les délais un-à-un des attributs surveillés par le gestionnaire. Cela évite l'écroulement de ce dernier à cause de faible latence du réseau où les réponses aux requêtes de supervision reviennent rapidement au gestionnaire. En effet, une latence réseau moyenne entre les différents sites supervisés dilue les rafales (*burst*) des réponses qui arrivent sur le gestionnaire. Cette technique d'introduction d'une latence dans les fonctions de gestion pour optimiser leurs per-





(a)



(b)

**Figure 8.** Distributions empiriques de délais un-au-groupe d'un attribut accédé depuis un groupe d'agents dans un environnement multi-sites (Grid5000).

formances a été proposée par David Breight et al dans (Breitgand *et al.*, 2006) et par Ehab Al Shaer et al dans (Al-Shaer, 2000).

À travers cette analyse, on s'aperçoit qu'il est possible d'inférer des délais un-au-groupe depuis des délais de type un-à-un dans le cas où la taille de groupe d'agents est faible de l'ordre de 280 agents dans notre cas. En revanche, si le nombre d'agents augmente considérablement les délais un-au-groupe deviennent plus importants que ceux de un-au-un. Cela montre que les résultats de mesure de performances d'un gestionnaire et d'un seul agent n'aident pas à la compréhension complète de la performance globale de cette approche dans des environnements à grande échelle.

## 6. Caractérisation de la variation temporelle

Après l'analyse des délais, nous nous sommes focalisé sur leurs variations au niveau du processus d'arrivée des réponses sur un questionnaire depuis un ou plusieurs agents sous un mode de scrutation.

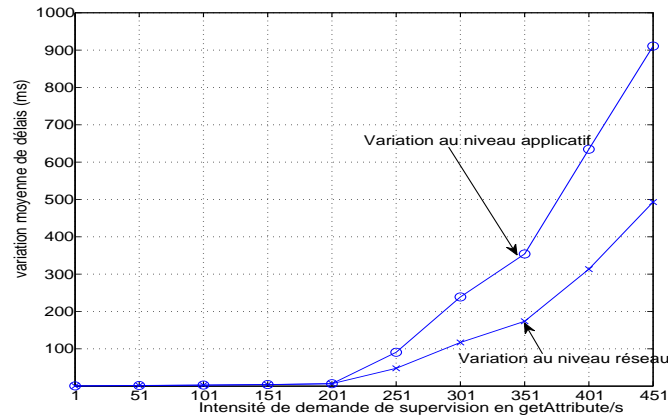
### 6.1. Résultats expérimentaux

Dans cet travail, nous avons étudié l'effet de l'intensité de demande de supervision en terme de nombre de getAttribute/s et du nombre d'agents sur la variation de délais mesurés sur le questionnaire.

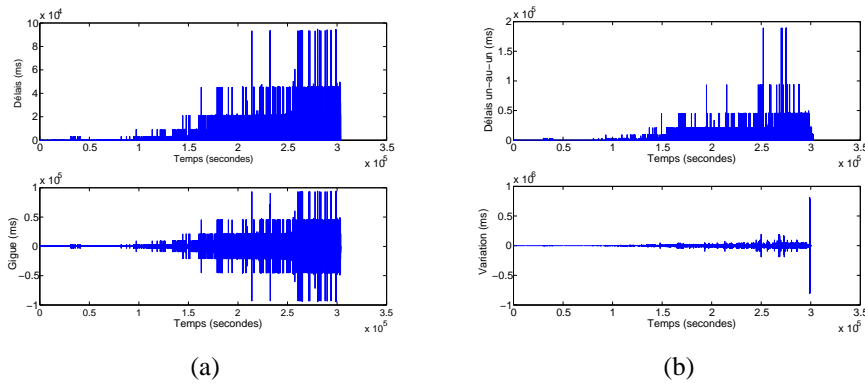
Environnement à haute intensité de supervision

Nous avons varié le l'intensité de supervision entre 1 et 451 par palier de 50 entre le gestionnaire et l'agent. Comme l'indique la figure 9 la variation moyenne de délais croît d'une manière exponentielle en fonction de l'intensité de supervision. Elle est plus importante au niveau applicatif qu'au niveau réseau. Cette variation moyenne est proche de 0 pour des intensités de supervision inférieures à 200 getAttribute/s. Au delà de cette valeur, la variation augmente et un écart devient visible entre la variation au niveau applicatif et celle au niveau réseau. Cela est la cause d'une fluctuation importante des délais sous des intensités de supervision élevées. Cette fluctuation en fonction de temps écoulé lors d'une activité d'une intensité de supervision de 451 getAttribute/s, est représentée sur la figure 10. On observe que la variation de délais est moins importante au niveau paquets qu'au niveau applicatif. En effet, cette variation est due notamment au modèle de concurrence de thread Java sur lesquels s'appuie le gestionnaire pour collecter les valeurs des attributs. Comme l'indique le tableau 7, nous avons trouvé que la variation de délais suit une distribution Gamma (Jain, 1991) pour des intensité de demande de supervision supérieures à 1 getAttribute/s. La fonction de densité de cette distribution est la suivante :

$$f(x) = \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-x/a}}{a\Gamma(b)} \quad [2]$$



**Figure 9.** Variation moyenne des délais de la supervision du serveur Web TJWS sous différentes intensités de demande de supervision.



**Figure 10.** Variations des délais de la supervision du serveur Web TJWS sous une intensité de surveillance de 451 getAttribute/s. (a) niveau applicatif. (b) niveau réseau.

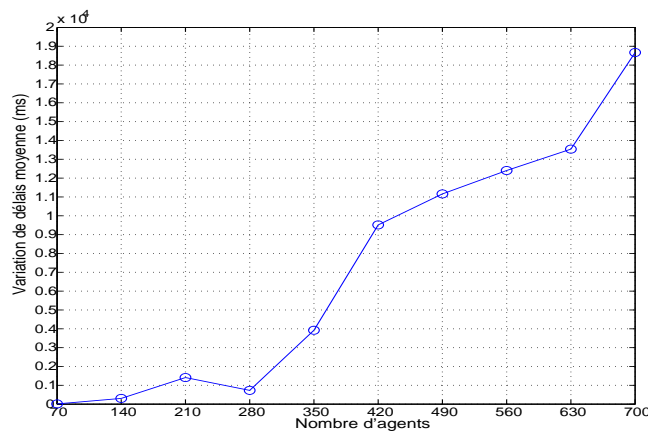
où a et b sont les paramètres de la distribution qui désignent respectivement l'échelle et la forme. Le paramètre de la forme de cette loi Gamma semble correspondre au niveau de l'intensité de demande de supervision. On observe que pour des intensités de supervision inférieure à 200 getAttribute/s, la valeur du paramètre forme de la distribution Gamma varie entre 0.2 et 0.25. En revanche, au delà de cette intensité la valeur de ce paramètre devient proche de 0.01 (entre 0.01 et 0.05).

#### 6.1.0.1. Environnement à large échelle

Intensité de supervision	Distribution	$\lambda^2$	Paramètres Gamma	
			Forme	Échelle
1	Exponentiel	0.138	-	-
51	Gamma, Exponentiel	1.73, 2.52	0.254	6.26
101	Gamma, Exponentiel	1.07, 2.56	0.252	11.07
151	Gamma	0.54	0.236	17.57
201	Gamma	0.30	0.191	34.15
251	Gamma	0.93	0.016	562.88
301	LogNormal, Gamma	1.26, 1.51	0.0303	788.3
351	Gamma	1.49	0.0298	1189.1
401	Gamma	1.70	0.0436	1456.7
451	Gamma	1.64	0.051	1771

**Tableau 7.** Distributions statistiques approchant la variation de délais en utilisant l'indicateur de divergence  $\lambda^2$ .

Dans la suite nous allons étudier l'effet du nombre d'agents impliqués dans une activité de supervision, sur la variation des délais que subissent les variables lors de transfert de leurs valeurs entre ces agents et le gestionnaire. La figure 11 indique la



**Figure 11.** Variation moyenne des délais de la supervision d'un groupe d'agents de différentes tailles.

variation moyenne en fonction de nombre d'agents. On observe que cette variation est plus importante que celle du premier scénario où nous avons varié l'intensité de supervision. On s'aperçoit que le nombre d'agents depuis lesquels on collecte les données de supervision affecte considérablement la variation de délais. Ainsi, l'incertitude temporelle dans ce cas est plus importante et elle atteint les 20 secondes pour 700 agents où chacun d'eux est scruté avec une intensité de 1 getAttribute/s. Comme l'indique le

tableau 8, l'analyse statistique de ces variations révèle qu'elles suivent aussi une distribution de Gamma pour un nombre d'agents au delà de 70. Au deçà de cette valeur, la distribution des variations de délais est plutôt exponentielle. Cela traduit le fait que sous une distribution exponentielle la probabilité que la variation est égale à 0 n'est pas nulle. En revanche sous une distribution Gamma, cette probabilité est nulle. Le paramètre forme de la distribution Gamma semble correspondre au nombre d'agents impliqués dans l'activité de supervision. On observe que le paramètre forme de la distribution Gamma, décroît en fonction de nombre d'agents impliqués dans la tâche de supervision.

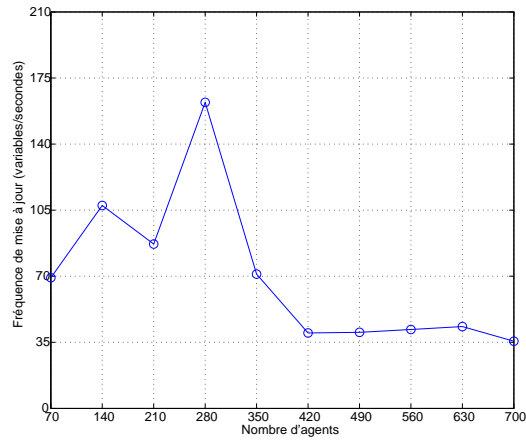
Nombre d'agents	Distribution	$\lambda^2$	Paramètres Gamma	
			Forme	Échelle
70	Exponentiel	0.37	-	-
140	Weibull, Gamma	0.41, 0.49	0.33	893
210	Weibull, Gamma	0.359, 0.358	0.23	606.34
280	Gamma, LogNormal	0.42, 0.49	0.09	786.61
350	Gamma, LogNormal	0.25, 0.34	0.16	2369.3
420	Gamma, Weibull	0.29, 0.38	0.21	4436.6
490	Gamma, Weibull	0.28, 0.38	0.22	4934.9
560	Gamma, Weibull	0.24, 0.36	0.19	6351
630	Gamma, Weibull	0.20, 0.31	0.17	7707.4
700	Gamma, Weibull	0.19, 0.29	0.17	10527

**Tableau 8.** Distributions statistiques approchant la variation de délais en utilisant l'indicateur de dispersion  $\lambda^2$ .

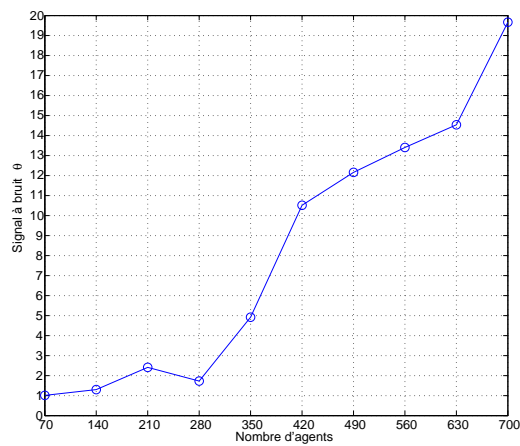
Dans la suite nous nous sommes intéressés aux fréquences de mise à jour de la variable sur le questionnaire après réception des réponses depuis les agents. Comme indiqué dans la section 3.1, la fréquence réelle de mise à jour est définie de la façon suivante :  $\gamma_{rel} = \frac{N}{\Delta + \delta}$ , où  $N$  est le nombre d'agents impliqués dans la tâche de supervision,  $\Delta$  est l'intervalle de scrutation et  $\delta$  est la variation moyenne de délais. Cette fréquence caractérise le signal réel de réponses d'une observation des variables depuis les agents. Ce signal est éventuellement bruité à cause de la variation de délais  $\delta$ . La figure 12 représente la fréquence réelle moyenne de mise à jour en attributs/seconde en fonction de nombre d'agents impliqués dans la tâche de supervision. Idéalement une application de supervision possède une fréquence théorique de mise à jour des variables de gestion de l'ordre de :  $\gamma_{th} = \frac{N}{\Delta}$ . Cette fréquence caractérise le signal de demande d'observation des variables définie par l'algorithme de supervision au niveau de gestionnaire. Nous définissons le rapport entre les fréquences théoriques et réelles comme étant la fonction de signal à bruit<sup>10</sup>(Shannon, 1948) d'une activité de supervision. Cette fonction notée  $\theta$  est égale à :

$$\theta = \frac{\gamma_{th}}{\gamma_{rel}} = 1 + \frac{\delta}{\Delta} \quad [3]$$

10. Signal-to-Noise.



**Figure 12.** Fréquence moyenne de mise à jour en termes d'attributs par seconde mesurés sur le questionnaire sous différent nombre d'agents.



**Figure 13.** Fonction rapport signal bruit d'une activité de supervision sous différents nombre d'agents.

On observe d'après la figure 13 que  $\theta$  est croissante en fonction de nombre d'agents. En effet, lorsque le nombre d'agents augmente le signal de réponses devient faible à cause de la croissance de la variation de délais.

## 7. Conclusions et travaux futurs

Dans ce papier, nous avons étudié le phénomène des délais et leur variations dans une application de supervision basée sur le framework JMX dédié à la gestion des ressources Java. Nous avons notamment mesuré ces délais dans différents environnements et sous différents scénarios. Dans ce papier, nous avons procédé à une analyse statistique des délais et leurs variations sous deux scénarios différents. Dans le premier scénario, nous avons analysé l'effet d'une haute demande supervision en terme de nombre d'opération par seconde sur ces délais. Dans le deuxième scénario, nous avons analysé l'effet de nombre d'agents impliqué dans l'activité de supervision sur ces délais. Tout d'abord, nous avons analysé ces délais afin d'identifier leurs distributions statistiques sous-jacentes. Nous avons identifié les distributions LogNormal et Weibull comme distributions usuels qui rapprochent au mieux ces délais. Ensuite, nous nous sommes focalisés sur la variation de ces délais. Cette variation capture notamment la distorsion temporelle à laquelle est soumise la vue observée par un gestionnaire d'un système géré. En effet, une variation importante introduit une instabilité au niveau de cette vue qui provoque la perte de contrôle de système géré en cas de problèmes opérationnels. Nous avons trouvé qu'a priori cette variation de délais est d'origine applicatif. Dans les deux scénarios, elle suit une loi de Gamma dès que l'intensité de surveillance ou le nombre d'agents grandissent significativement. Cette étude nécessite une analyse plus fine de la variation de délais pour mieux comprendre ces sources. La technique de *profiling* semble adéquate pour ce genre d'analyse. Il est aussi indispensable de définir des mécanismes pour contrôler la variation de délais dans les applications de supervision notamment celles avec des contraintes temps réel.

## 8. Bibliographie

- Acharya A., Wang X., Wright C., Banerjee N., Sengupta B., « Real-time monitoring of SIP infrastructure using message classification », *MineNet '07 : Proceedings of the 3rd annual ACM workshop on Mining network data*, ACM Press, New York, NY, USA, p. 45-50, 2007.
- Al-Shaer E., « Active Management Framework for Distributed Multimedia Systems », *Journal of Network Systems Management*, vol. 8, n° 1, p. 49-72, 2000.
- Belenki S., Tafvelin S., « Analysis of errors in network load measurements », *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 30, n° 1, p. 5-14, 2000.
- Bolit J.-C., « End-to-end packet delay and loss behavior in the internet », *SIGCOMM : Conference proceedings on Communications architectures, protocols and applications*, ACM Press, San Francisco, California, United States, p. 289-298, 1993.
- Breitgand D., Raz D., Shavitt Y., « The traveling miser problem », *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 14, n° 4, p. 711-724, 2006.
- Case J. D., Fedor M., Schoffstall M. L., Davin J. R., « Simple Network Management Protocol (SNMP) », , RFC 1157 (Historic), may, 1990.
- Goldszmidt G. S., Yemini Y., « Evaluating Management Decisions via Delegation », *Proceedings of the IFIP TC6/WG6.6 Third International Symposium on Integrated Network Ma-*

- nagement*, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, p. 247-257, 1993.
- Jain R., *The art of Computer Systems Performance Analysis*, John Wiley & Sons, Inc, 1991. ISBN : 0-471-50336-3.
- Lahmadi A., Andrey L., Festor O., « Performances et résistance au facteur d'échelle d'un agent de supervision basé sur JMX : Méthodologie et premiers résultats », *Colloque GRES 2005 : Gestion de REseaux et de Services, Luchon, France*, vol. 6, p. 269-282, Mar, 2005. ISBN : 2-9520326-5-3.
- Lahmadi A., Andrey L., Festor O., « Une approche de benchmarking des pratiques de gestion basées sur un middleware JMX pour les services et les applications », *Colloque NOTERE 2006 : Nouvelles Technologies de la Répartition, Toulouse, France*, vol. 6, p. 145-151, Juin, 2006.
- Lahmadi A., Ghitescu A., Andrey L., Festor O., « On the Impact of Management Instrumentation Models on Web Server Performance : A JMX Case Study. », *AIMS, Inter-Domain Management, First International Conference on Autonomous Infrastructure, Management and Security, AIMS 2007, Oslo, Norway, June 21-22, 2007, Proceedings*, vol. 4543 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, p. 1-12, n.d.
- Marinov V., Schönwälder J., « Performance Analysis of SNMP over SSH. », *Large Scale Management of Distributed Systems, 17th IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems : Operations and Management (DSOM)*, Dublin, Ireland, p. 25-36, 23-25 October, 2006.
- Paxson V., « Empirically derived analytic models of wide-area TCP connections », *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 2, n° 4, p. 316-336, 1994.
- Pras A., Drevers T., van de Meent R., Quartel D., « Comparing the Performance of SNMP and Web Services-Based Management », *IEEE eTNSM (Transactions on Network and Service Management)*, december, 2004.
- Shannon C., « A mathematical theory of communication », *Bell System Technical Journal*, vol. 27, p. 379-423, July, 1948.
- SUN, « Java<sup>TM</sup> Management Extensions, Instrumentation and Agent Specification, v1.2 », , <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=3>, october, 2002. Maintenance Release 2.
- SUN, « Java<sup>TM</sup> Management Extensions (JMX) Remote API 1.0 Specification », , <http://www.jcp.org/en/jsr/detail?id=160>, october, 2003. Final Release.



**ANNEXE POUR LE SERVICE FABRICATION**  
A FOURNIR PAR LES AUTEURS AVEC UN EXEMPLAIRE PAPIER  
DE LEUR ARTICLE ET LE COPYRIGHT SIGNE PAR COURRIER  
LE FICHER PDF CORRESPONDANT SERA ENVOYE PAR E-MAIL

1. ARTICLE POUR LA REVUE :  
*L'objet. Volume X – n°X/2008*
2. AUTEURS :  
*Abdelkader Lahmadi — Laurent Andrey — Olivier Festor*
3. TITRE DE L'ARTICLE :  
*Caractérisation des délais dans les applications de supervision de réseaux et de services*
4. TITRE ABRÉGÉ POUR LE HAUT DE PAGE MOINS DE 40 SIGNES :  
*Délais de la supervision*
5. DATE DE CETTE VERSION :  
*9 avril 2008*
6. COORDONNÉES DES AUTEURS :
  - adresse postale :  
LORIA - INRIA Lorraine - Nancy Universités  
615 rue du Jardin Botanique  
F-54602 Villers-lès-Nancy, France  
Abdelkader.Lahmadi,Laurent.Andrey}@loria.fr
  - téléphone :
  - télécopie :
  - e-mail :
7. LOGICIEL UTILISÉ POUR LA PRÉPARATION DE CET ARTICLE :  
L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, avec le fichier de style `article-hermes2.cls`,  
version 1.23 du 17/11/2005.
8. FORMULAIRE DE COPYRIGHT :  
Retourner le formulaire de copyright signé par les auteurs, téléchargé sur :  
<http://www.revuesonline.com>

SERVICE ÉDITORIAL – HERMES-LAVOISIER  
14 rue de Provigny, F-94236 Cachan cedex  
Tél. : 01-47-40-67-67  
E-mail : [revues@lavoisier.fr](mailto:revues@lavoisier.fr)  
Serveur web : <http://www.revuesonline.com>