



Document FUI-10-COMPATIBLE ONE

Livrable L13.1

Date prévue 04/11/2011

Date livraison jj/mm/aaa

Statut Draft / Final

Nature Interne /

Public

Version 1.0

Propriétés du Document

Source du Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE
Titre du Document	Spécification du système de gestion de l'énergie
Module(s)	COESS
Responsable	Laurent Lefèvre
Auteur(s) / contributeur(s)	Laurent Lefèvre, Mornard Olivier, Maxime Morel
Statut du Document	Draft ou Final
Version	1.0
Validé par	
Date de la validation	jj/mm/aaaa

Résumé

Les services fournis par le module COEES doivent permettre d'agir sur le cœur du système en proposant au broker d'intégrer des contraintes énergétiques. Ces contraintes doivent autoriser le placement et le déplacement des machines virtuelles en intégrant le point de vue de l'énergie. Ces données seront également proposées au reste du système afin de pouvoir être intégrées à différentes problématiques, comme par exemple la facturation.

Mots Clefs

Gestion énergétique, green computing, efficacité énergétique



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

Table des Matières

1 Objectif et introduction	3
2 Structure du document.....	3
3 Spécification/description du système de gestion de l'énergie (interfaces, API pour invocation et instanciation)	3
3.1 Architecture générale du système de collecte et de stockage d'énergie :.....	4
3.1.1 Architecture.....	4
3.1.2 Intégration des données de consommation dans les données de gestion de l'ordonnanceur/allocateur de ressources.....	9
3.1.3 Interfaçage technique des services, API.....	10
3.1.4 Définitions de nouveau scénarios pour le scheduling de ressources.....	10
3.1.5 Actions spécifiques sur l'infrastructure physique.....	10
4 Annexes.....	10
4.1 Green Cloud Computing.....	11
4.1.1 Les approches du Green Cloud	11
4.1.2 Les data-centers	12
4.1.3 Le Réseau.....	13
4.1.4 La virtualisation des systèmes d'exploitation.....	14
4.1.5 Conclusion.....	14
5 Références.....	16



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

1 Objectif et introduction

Les services fournis par le module COEES doivent permettre d'agir sur le cœur du système en proposant au broker d'intégrer des contraintes énergétiques. Ces contraintes doivent autoriser le placement et le déplacement des machines virtuelles en intégrant le point de vue de l'énergie. Ces données seront également proposées au reste du système afin de pouvoir être intégrées à différentes problématiques, comme par exemple la facturation. L'ensemble des données du module seront intégrées dans le système de monitoring (COMONS) de Compatible One. Afin de ne pas surcharger le monitoring central, un système annexe sera proposé afin d'obtenir le surplus des informations fourni par les système sous-jacents.

Pour la collecte de ces informations, le système s'appuiera sur un ensemble de sondes physiques, qui sont à l'heure actuelle l'unique façon d'obtenir ces informations de manière sûre et de façon industrielle. Un ensemble significatif de sondes sera proposé à Compatible One. Certaines de ces sondes sont des matériels spécifiques, d'autres sont fournis directement dans le matériel par certains constructeurs.

D'autres voies seront également proposées, comme des sondes logicielles qui permettent de collecter certaines informations dont on espère déduire de manière fiable la consommation de certains processus ou sous-ensembles monitorés.

2 Structure du document

Dans le présent document, nous exposerons l'architecture générale de l'implémentation du module COEES (Compatible One Energy Efficiency Services). Nous détaillerons plus particulièrement la partie dite de bas niveau de gestion des différentes sondes de collecte des informations de consommation électrique. Nous exposerons également les moyens que fournira le module afin de permettre d'exploitation de ces données. Enfin, nous fournirons un justificatif de la démarche ainsi que les voies de développement envisagées.

3 Spécification/description du système de gestion de l'énergie (interfaces, API pour invocation et instanciation)

Le Cloud Computing facilite aux entreprises une totale externalisation de leurs ressources informatiques. Cette externalisation permet la fourniture à la demande d'un environnement allant des applications logicielles (SaaS), au système d'exploitation en incluant le choix de librairies logicielles (PaaS). Sur le plan matériel, le Cloud Computing fournit via un accès Internet des services de calcul, de stockage (IaaS) et de réseau [1]. Parmi les principaux avantages du Cloud Computing sont : la flexibilité en termes de passage à l'échelle, la fiabilité et le transfert de risque de l'entreprise vers des fournisseurs de services tiers [2]. Cependant, afin de garantir la prestation de ces services, les fournisseurs de Clouds (CSP: Cloud Service Provider) doivent déployer de grands centres de calculs appelés data-centers (Centre de traitement de données). En général, ces data-centers hébergent un très grand nombre de calculateurs et des serveurs de stockage reliés par un réseau local. Du fait de leur fonctionnement essentiellement basé sur des circuits électroniques, ces data-centers consomment beaucoup d'électricité et dissipent beaucoup de chaleur. Globalement, le bilan énergétique d'un data-center consiste à traduire en équivalent d'émission de CO₂ ce que consomme à la fois en énergie et en refroidissement ce type d'équipement. Le concept de



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

green cloud computing et les approches permettant la réduction de la consommation énergétique (notamment la virtualisation des ressources et des réseaux) sont fournies en annexe en section 4.

L'objectif de cette section est de développer les algorithmes qui vont permettre de minimiser la consommation énergétique et l'utilisation des ressources. Le module COEES s'appuie sur un système de collecte des informations de consommation d'énergie et des interfaces permettant l'accès aux informations sur l'énergie disponible dans les éléments physiques utilisés dans le Cloud ainsi que sur l'évaluation de la facture énergétique et de l'impact écologique. Les activités principales sont par conséquent de:

- Spécifier et implémenter les moyens de collecte des informations de consommation d'énergie;
- Répartir ou distribuer de manière optimale les jobs ou tâches dans l'infrastructure réelle ou virtuelle et optimiser les topologies et les ressources en fonctions des indications de consommation d'énergie recueillies sur les Clouds;
- Concevoir et fournir les interfaces pour permettre l'optimisation du système et le déploiement des tâches;
- Développer le système de notification de la consommation d'énergie après déploiement pour des adaptations dynamiques en fonction des opportunités de réduction de la consommation énergétique. Mise en place d'un système d'alerte donnant des informations de consommation d'énergie et de "*carbon footprint*".

Le livrable L13.1 présente les différentes interfaces et APIs mises en œuvre dans le module COEES.

3.1 Architecture générale du système de collecte et de stockage d'énergie :

3.1.1 Architecture

Infrastructure de type fédération de nuages : architecture hiérarchique multi niveaux qui collecte les informations de consommation électrique et remonte cette information dans le système de monitoring CompatibleOne.

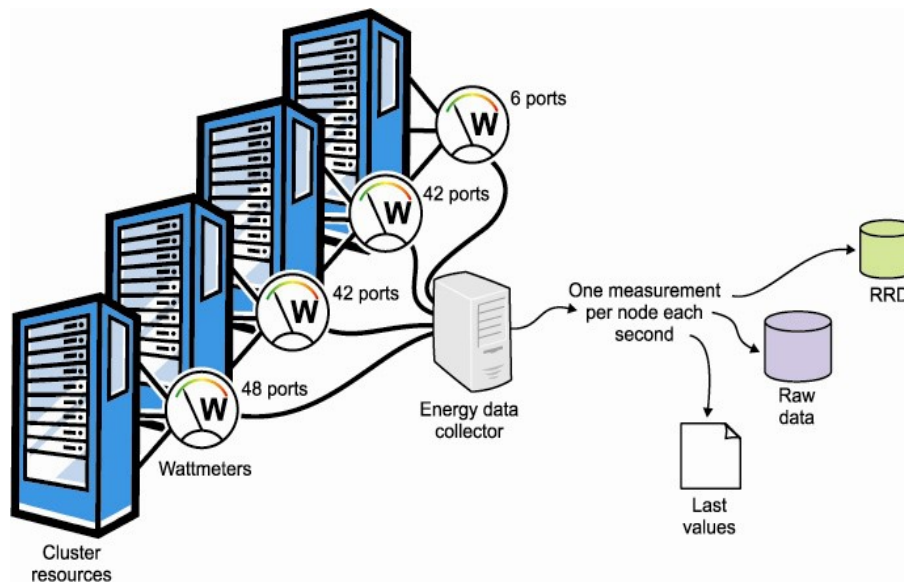


Illustration 1: Exemple d'infrastructure de collecte de mesures électrique

3.1.1.1 Interfaçage avec le matériel de mesure

Le premier niveau d'interfaçage physique gère les différents problèmes d'acquisition de mesures des différents capteurs. Dans ce monde de l'acquisition de grandeurs physiques, la diversité des supports physiques et des protocoles de transport semble être la règle. Pour les supports physiques, on pourra citer : l'infrarouge (IRDA), Bluetooth, Zigbee, liaison série (RS 232C, RS422, IPB) et autre réseaux propriétaires. Chacune de ces solutions apporte son format de données, en mode flux ou datagramme. Là encore, il n'y a pas de standard qui semble s'imposer. Pour régler ces problèmes d'interfaçage, certains prestataires fournissent des passerelles vers des solutions de communications plus standards comme des bases de données ou des navigateurs web par exemple. Mais il semble que ce ne soit pas le cas général. Cette problématique n'est pas triviale, car on se trouve à la frontière de deux mondes: l'industriel et l'informatique, d'ailleurs beaucoup d'entreprises en ont fait leur "business model". Afin de circonscrire le problème, des agents logiciels (ou des démons) seront développés pour gérer ces capteurs.

On peut faire cette première qualification des différents types de capteurs que l'on sera amené à gérer:

- Sondes/capteurs internes (IPMI)
- Wattmètres
- PDU intelligent
- Ouverts à tout autre capteur (température, humidité...)

Outre les particularités de communications, il faudra aussi tenir compte des particularités qui peuvent avoir une influence dans le système, comme par exemple la fréquence maximale des mesures, les services associés comme les autres formes de mesures (formes du signal, température, timestamp) ou la possibilité d'agir sur le modèle physique comme l'arrêt ou le redémarrage de machines. Il faudra que ces agents fournissent l'ensemble des mesures

définies dans les spécifications, soit de manière directe, soit par calcul. Parmi les mesures que l'on pourra retenir dans l'implémentation : la puissance active (en Watts), la puissance apparente (en Volt Ampère - utilisée pour les spécifications des appareils électriques (onduleurs, PDUs...)), le facteur de puissance (ou cosinus Phi), ou d'autres données à définir. Ces agents auront également des contraintes d'exploitation fortes, en particulier des contraintes de temps réel pour la lecture des mesures, et d'efficacité pour l'utilisation des ressources informatiques. En effet, ces agents pourraient être implantés dans des machines aux ressources limitées, dans de l'industriel voire de l'embarqué. Ces agents n'effectueront donc que le travail de collectes des données, le reste du traitement étant délégué à des processus plus conventionnels. Pour cela il faudra définir les actions suivantes:

- Collecte de relevés de mesures C'est à ce niveau que seront traitées les particularités de dialogue avec les divers capteurs, et l'utilisation éventuelle de *toolkits* (eux-mêmes avec des licences logicielles restrictives). Ces mesures sont ensuite présentées par des moyens plus classiques proposés par le système d'exploitation (pipe, socket UNIX).
- Exposition des données au système de monitoring : après que les différents programmes de collecte aient récupéré les données énergétiques, celles-ci sont prises en charge par d'autres programmes qui effectuent leur stockage local et/ou leur transfert vers des serveurs distants. C'est à ce niveau que l'on pourrait envisager l'utilisation d'outils de monitoring du style Ganglia ou SNMP. Dans le cas du stockage, il s'agit bien d'un stockage local afin d'assurer un transfert ou une sécurisation vers d'autre machines.

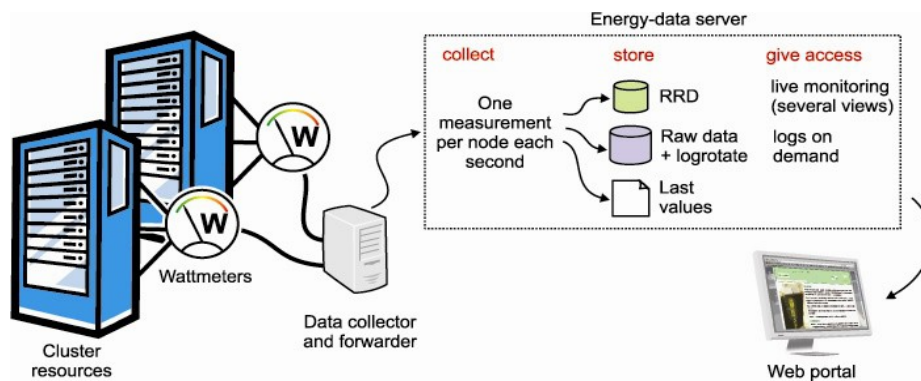


Illustration 2: Collecte, stockage et exposition des informations de monitoring électrique

D'autres programmes, de conception plus classique, à une autre échelle, et très certainement sur d'autres serveurs pourront alors être utilisés pour effectuer les tâches suivantes:

- Stockage des données de consommation électrique dans des formats divers:
 - Logs (logs système unix ou autre)
 - Fichiers binaire/texte avec format paramétrable
 - [RRD](#)
 - Base de données SQL de type MySQL ou postgresql afin de faciliter une intégration avec d'autres outils du style frontaux WEB



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

- Format d'import de type CSV pour une utilisation dans d'autres applications
- Sortie des données flots d'informations à destination du système de monitoring de CompatibleOne, c'est certainement la part la plus importante
- Intégrations possibles des données de consommation dans un système de supervision de type Nagios, ou Ganglia
 - infos pour des outils CompatibleOnerrd graphes (graphes des mtrg)
 - showatts (utilitaire INRIA pour GreenNet)

3.1.1.2 Services / outils associés :

Ne sont présentés ici que les services spécifiques et en périphérie de gestionnaire de ressources du cloud. Ces services peuvent apporter une plus-value qui est encore assez rare, car ils permettent une étude pour la prise de décision sur le moyen et long terme, le court terme étant géré de manière automatique par le gestionnaire de ressources du Cloud.

3.1.1.2.1 Services de sorties :

Un ensemble d'APIs de haut niveau (de type REST) est mis à disposition des autres modules afin d'extraire et d'utiliser les informations de consommation électrique des équipements du Cloud. De plus un ensemble d'outils graphiques (temps réel ou historique) déjà disponibles est mis à disposition :

- Outils d'affichage dédiés : graphes en temps réel ou historique:

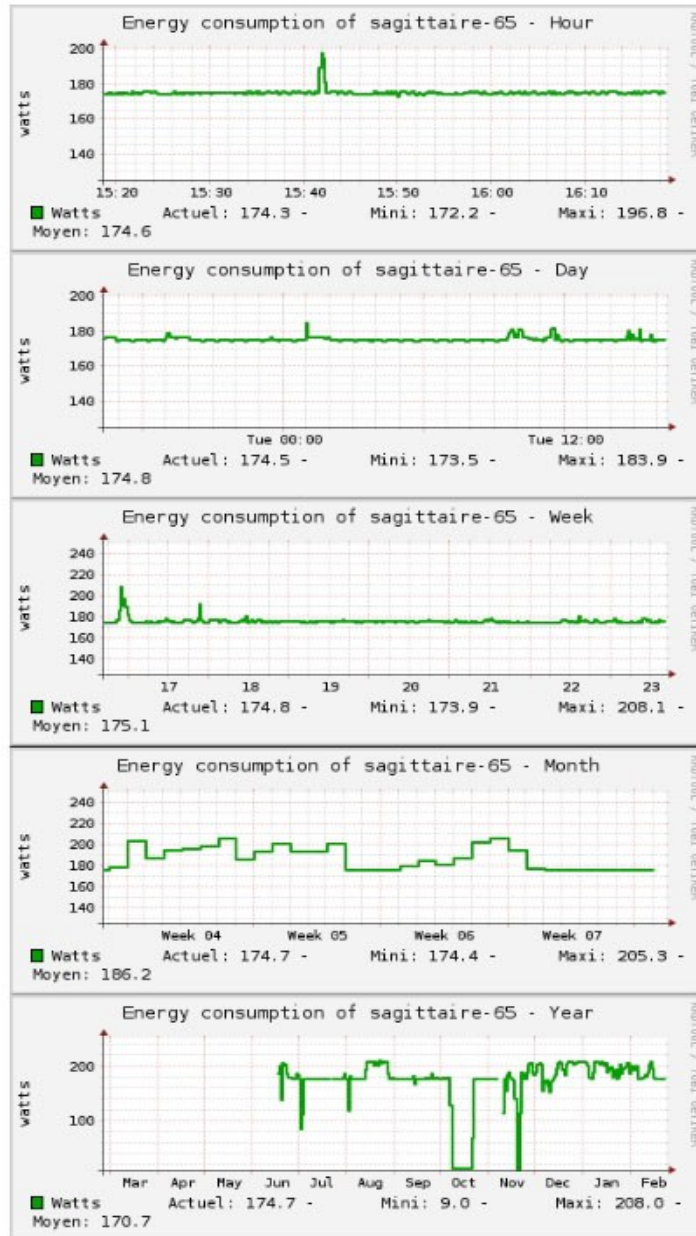


Illustration 3: Exemple de graphe historique en rrdgraph

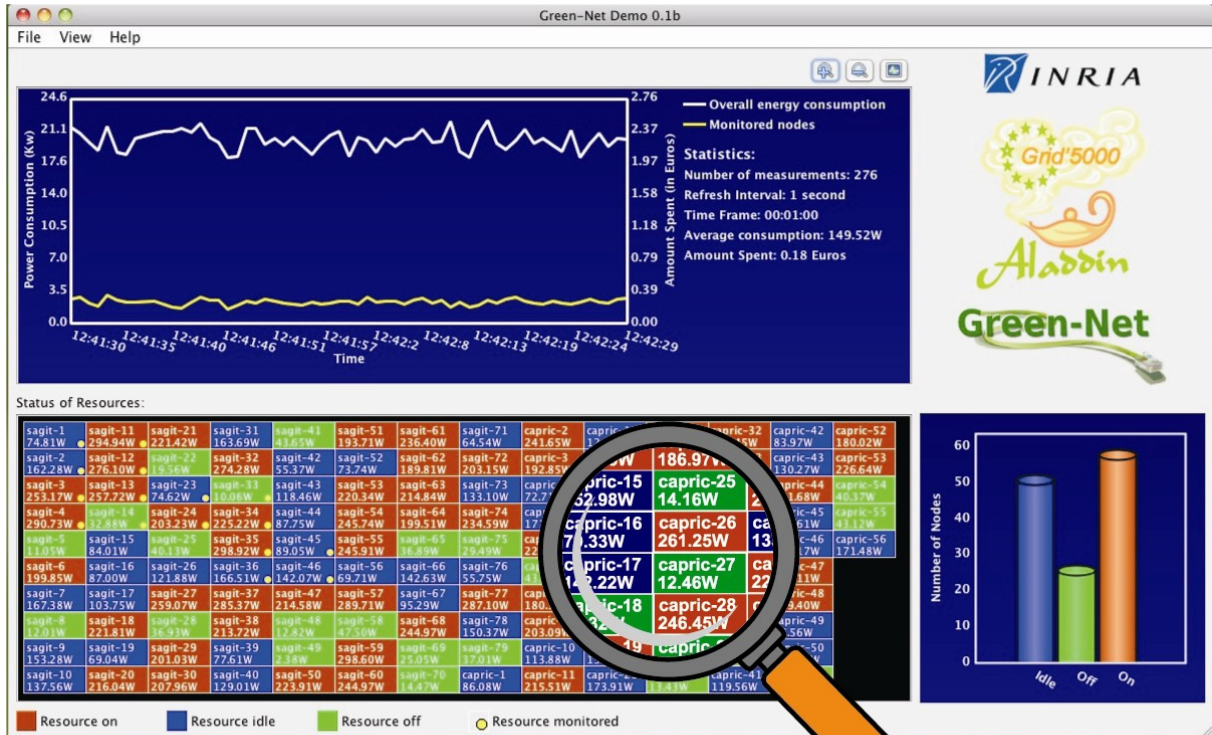


Illustration 4: Exemple de graphe temps réel avec l'outil showatts

3.1.1.2.2 Services d'entrée/sortie :

- Services requêtes de logs ou extractions de données
- **Logs Request**

You have asked for the logs between **23 February 2010 14h 20mn 00s** and **23 February 2010 15h 20mn 00s** with an increment equals to **10** seconds.

The concerned nodes are: capricorne-18 capricorne-44 sagittaire-14 sagittaire-40

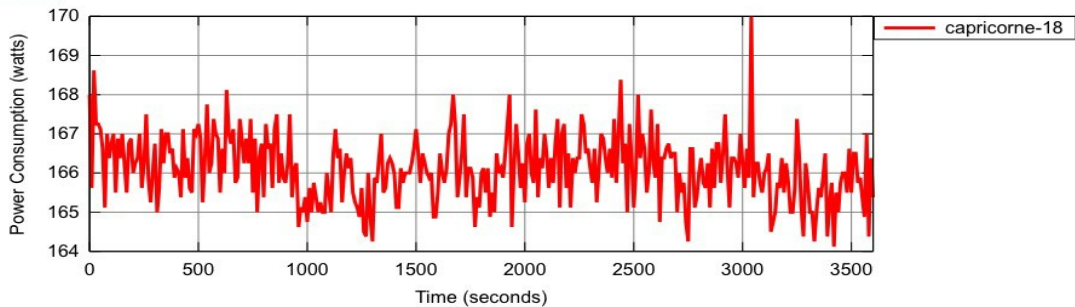
Total Consumption = 2570632.11 Joules for the 4 machines during the requested period (3600 seconds).

Logs Data

[Direct access to the logs.](#)

capricorne-18

[Data file.](#)





Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

- ✓ archivage dans des bases de données publiques pour d'éventuels audits
- ✓ intégration dans ou mise a disposition pour un ERP en vue de facturation et calculs de rentabilité
- Système d'alertes :
 - ✓ spécifications des seuils d'alerte (ex : consommation électrique maximum a ne pas dépasser)
 - ✓ des sorties d'alertes
 - messages
 - email
 - sms
 - alertes SNMP en temps réels pour influencer les algorithmes d'auto-adaptation.

Bref, l'intégration classique dans un système de monitoring de dispositif complexe.

3.1.2 Intégration des données de consommation dans les données de gestion de l'ordonnanceur/allocateur de ressources

La notion la plus importante est l'intégration des informations sur la consommation énergétique dans le système d'information central du cloudware. L'allocateur de ressource est la pièce centrale du logiciel, c'est en effet lui qui sera chargé d'effectuer l'allocation des ressources afin de satisfaire les requêtes des utilisateurs. Pour effectuer ce travail, il disposera des informations suivantes:

- définition de l'architecture physique
 - ✓ définitions des machines et divers équipements
 - ✓ définitions de l'interconnexion de ces équipements, le réseau
- informations dynamiques sur l'état du système
 - ✓ charge du système en temps réel (charge mémoire, disque, réseau)
 - ✓ état des autres requêtes
 - ✓ état de certains phénomènes externes (charge extérieure, différentes tarifications)
- requêtes des utilisateurs

Avec ces informations, l'ordonnanceur pourra effectuer une allocation initiale afin de satisfaire les besoins des utilisateurs, et ensuite proposer des ordonnancements afin de s'adapter à l'évolution dynamique du système. Dans ce scénario, les caractéristiques de consommations constructeurs apparaîtront comme des attributs de définitions des équipements, tandis que les consommations énergétiques en temps réel seront considérés comme des attributs d'informations dynamiques sur l'état du système.

3.1.3 Interfaçage technique des services, API

Afin de mettre en place tous les services décrits dans ce document, il convient de définir des protocoles et des APIs qui permettront l'intégration dans le logiciel final. Si les protocoles de



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

bas niveau, c'est-à-dire entre les capteurs et le premier niveau informatique que l'on pourrait appeler concentrateurs ne présentent que peu d'intérêts, car ils seront soit gérés par les constructeurs soit par des projets annexes, il n'en va pas de même avec le dialogue entre ces concentrateurs et le reste du système. Dans ce contexte, on pourrait essayer d'employer des protocoles standards, mais il ne faudrait pas perdre de vue les problèmes suivants:

- un besoin quasi temps réel pour la remontée d'information (jusqu'à une par seconde)
- une fiabilité dans les transferts puisque ces données peuvent être importantes pour la facturation, ou le redéploiement dynamique, ce que ne sont pas nécessairement les autres données de monitoring.
- la simplicité des concentrateurs qui peuvent faire appel à de l'informatique embarquée
- le volume important de données, puisque chaque équipement avec une consommation électrique significative sera susceptible d'être intégré.

Le candidat naturel est le protocole SNMP, mais il devra être validé par rapport aux contraintes susnommées.

3.1.4 Définitions de nouveau scénarios pour le scheduling de ressources

Une autre approche peut être étudiée. Elle consiste à effectuer des scénarios propres de scheduling afin de gérer cette spécificité. L'allocation initiale pourra être faite en tenant compte de données de consommation au moment de la demande et de plusieurs scénarios de déploiement possibles.

Un ré-ordonnancement global en fonction de l'état de tout le cloud sera utilisé. Il pourrait s'agir de migrer des machines virtuelles des requêtes en cours afin d'optimiser la consommation et/ou la facturation voir même la géolocalisation.

3.1.5 Actions spécifiques sur l'infrastructure physique

La phase ultime de la gestion d'énergie serait de pouvoir intervenir sur l'infrastructure physique comme ultime moyen d'action. Il s'agirait ici de mettre hors tension des portions voire des équipements entiers afin d'optimiser la consommation. Ces choix seraient effectués en tenant compte des critères précités et en y ajoutant de critères extérieurs comme la facturation, les externalités du système et les surcoûts spécifiques à chaque matériel concernant l'arrêt et le redémarrage des équipements.



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne / Public
Date livraison	jj/mm/aaa	Version	1.0
Statut	Draft / Final		

4 Annexes

4.1 Green Cloud Computing

Au sein des organisations et des entreprises, de nombreuses initiatives visant la réduction de la consommation énergétique et la meilleure utilisation possible d'énergies renouvelables ont été prises ces dernières années. Greenpeace prédit que le secteur des technologies de l'information (IT) peut réduire de 15% ses émissions de CO₂ d'ici l'année 2020 [3]. Google fait de gros investissements dans la recherche et le développement de nouvelles sources d'énergie renouvelable [4]. L'organisation "Climate Savers Computing" promeut le développement, le déploiement et l'adoption de technologies qui réduisent l'énergie consommée lorsque les ordinateurs sont en veille. Elle favorise aussi des techniques alternatives pour les réseaux de distribution électrique censés alimenter les calculateurs [5].

Le présent rapport illustre les différents scénarios, approches et techniques utilisés pour réduire la consommation énergétique dans un environnement Cloud.

4.1.1 Les approches du Green Cloud

Tel que le montre l'illustration 5, les économies d'énergie dans le Cloud peuvent être réalisées à différents niveaux. Par exemple, dans la conception d'un data-center, on cherche à réduire les pertes lors de la conversion du courant alternatif en courant continu et à utiliser des systèmes de refroidissement et des serveurs du type "energy aware". Au niveau matériel, on cherche à améliorer le profil de consommation énergétique des composants en utilisant des techniques telles que le Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS)¹[6].

¹ DVFS consiste à varier le voltage et la fréquence auquel un composant matériel fonctionne afin de réguler sa consommation énergétique

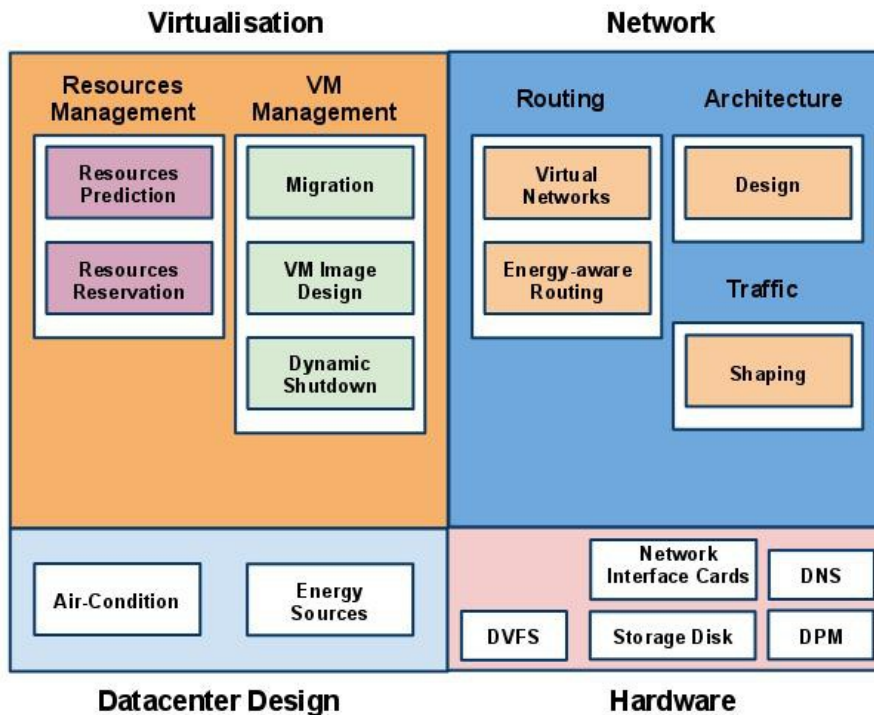


Illustration 5: Aspects du Cloud Computing concernés par les techniques de réduction de la consommation énergétique.

Au niveau du réseau, on conçoit des protocoles de routage, des architectures de réseaux et des politiques de gestion de trafic visant à réduire la consommation énergétique tout en garantissant la qualité de service requise par des données transmises. Au niveau des serveurs, on vise à regrouper les machines virtuelles sur une ou plusieurs machines physiques de façon à optimiser leur utilisation en termes de consommation énergétique.

Des métriques ont été introduites pour calculer la consommation d'énergie par bit "energy per bit" pour le transport et le traitement des données, ainsi que pour calculer la consommation en puissance par bit "power per bit" pour le stockage. L'énergie par bit et la puissance par bit sont deux mesures fondamentales de la consommation énergétique. Le rendement énergétique d'un Cloud peut alors être mesuré comme l'énergie consommée par bit de donnée traité à travers le Cloud. Par exemple, la consommation d'énergie par bit de donnée transféré sur Internet est aux alentours de 75 μ J (micro-Joule) pour des débits d'au plus quelques Mb/s pour décroître jusqu'à 2 à 4 μ J pour un débit de 100 Mb/s [7].

4.1.2 Les data-centers

Les CSPs doivent déployer des data-centers de grande envergure pour être capables de garantir la provision de services au plus grand nombre tout en restant économiquement viables. Ces data-centers impliquent le déploiement de nombreux serveurs de stockage. Des supports ainsi que des équipements de transmission et de routage/commutation sont également nécessaires pour relier les ressources de calcul et de stockage entre elles. L'ensemble des ressources matérielles que nous venons d'évoquer requièrent pour leur bon



Document FUI-10-COMPATIBLE ONE

Livrable L13.1

Date prévue 04/11/2011

Nature Interne /

Date livraison jj/mm/aaa

Public

Statut Draft / Final

Version 1.0

fonctionnement des systèmes de refroidissement et les UPS associés (Uninterruptible Power Supply). Par exemple, le data-center de Microsoft, situé à Chicago, Illinois, d'une surface de 65.000 m² héberge autour de 300.000 serveurs. Il est alimenté par 11 générateurs diesel de 2.8 MW (megawatts), 11 sous-stations électriques et 12 refroidisseurs à eau de 1.260 tonnes (water-cooled chiller) [8].

Les data-centers de Google peuvent être considérées comme des exemples de référence en la matière, comme cela est souligné dans [9]. Ils ne consomment que la moitié d'électricité d'un data-center typique pour les raisons suivantes:

- Ils utilisent de systèmes de refroidissement par évaporation qui sont en général moins chers que les systèmes de refroidissement traditionnels. En outre, l'utilisation d'eau recyclée et non pas d'eau « propre » permet une réduction de coût du refroidissement.
- Ils reposent sur le déploiement de serveurs ayant des profils énergétiques hautement efficaces grâce à l'utilisation de divers composants tels que des régulateurs de tension et des sources d'alimentation.
- Ils bénéficient de techniques d'exploitation des équipements électroniques exploitant au mieux leur réutilisation en cas de périodes d'inactivité.

Cette conception de data-center a permis à Google de réduire sa PUE² [10] (Power Usage Effectiveness) à 1.1 (la meilleure moyenne trimestrielle obtenue) [11]. Cela signifie que seulement 10% de la puissance consommée par le data-center est utilisée (par exemple par les systèmes de refroidissement et les UPS) pour alimenter et maintenir les équipements IT, les 90% restant étant recyclés.

Bien que la performance du data-center du point de vue de sa consommation énergétique soit un point important dans sa conception, l'origine de l'énergie consommée par ses divers composants est un point de la plus grande importance. Les plus grands CSPs tel que Google, Amazon et Microsoft ont pour l'heure fortement basé leur approvisionnement d'électricité sur les énergies fossiles telles que le charbon, cela en raison de leur bas coût [12]. Le principal défaut d'une telle approche réside dans l'empreinte carbone (ou "carbon footprint"³ [13]) des sources d'énergie fossiles, cette empreinte contribuant directement à l'effet de serre.

Un nouveau concept, dû à ViFib [14] propose une architecture Cloud distribuée dans laquelle les serveurs de calcul et de stockage sont logés chez des particuliers en échange d'un accès Internet gratuit. Cette architecture matérielle reste sous le contrôle et la responsabilité du CSP comme dans le cas d'un data-center typique, sauf en ce qui concerne la consommation énergétique qui elle, est à la charge des usagers hébergeant les serveurs.

4.1.3 Le Réseau

La consommation énergétique par le réseau de transport et les équipements associés peut représenter un pourcentage significatif de l'énergie totale consommée par le Cloud [15].

²Mesure pour évaluer l'efficacité d'un data-center. La PUE est le rapport entre la puissance totale consommée par une installation et la puissance consommée par les équipements IT. Par exemple, une PUE de 3 indique que pour un watt consommé par les équipements IT, deux watts sont consommés par les équipements qui les supportent tel que: générateurs, batteries, refroidisseurs, etc [12].

³Le "Carbon footprint" indique la quantité totale de CO₂ et des autres gaz à effet de serre émis par une organisation, événement, produit ou personne [15].



Document FUJ-10-COMPATIBLE ONE

Livrable L13.1

Date prévue 04/11/2011

Nature Interne /

Date livraison jj/mm/aaa

Public

Statut Draft / Final

Version 1.0

Dans [16], les auteurs ont identifié quatre possibilités pour réduire la consommation d'énergie: adaptive link rate, interface proxying, energy-aware infrastructure, et energy-aware applications. De plus, des économies supplémentaires peuvent être faites au niveau des protocoles de routage, de l'architecture de réseau [17] ainsi qu'au niveau des politiques de gestion de trafic.

Il est possible à un CSP d'offrir le transport réseau comme un service. Le Cloud privé virtuel offert par Amazon [18] en est un exemple. Cependant, il arrive souvent que l'architecture réseau demandée par les clients n'est pas l'architecture implémentée par le CSP. De plus, l'architecture déployée par le CSP peut être partagée par plusieurs clients en même temps. C'est la raison pour laquelle le CSP doit établir une abstraction de son réseau physique afin de satisfaire les besoins de ses clients. Dans ce contexte, la consommation énergétique des équipements réseau peut être amenée à varier. Une façon de réduire la consommation énergétique du réseau consiste alors à concevoir des protocoles de routage prenant en compte le profil énergétique des divers équipements utilisés dans le réseau [19]. Ces protocoles de routage peuvent ainsi regrouper dynamiquement la charge du trafic sur un nombre réduit de routes satisfaisant la qualité de service requise dans le but de pouvoir éteindre (ou de mettre en veille) certains nœuds intermédiaires non utilisés [20].

Dans [15], les auteurs montrent que la nature du Cloud⁴, public ou privé, impacte sur la consommation énergétique. Le Cloud public ou privé fait référence à deux types d'architectures désignées par «2-tiers» ou «3-tiers» respectivement. La consommation énergétique dépend du type d'architecture considéré. Dans le cas d'un Cloud privé, l'architecture matérielle du Cloud inclut les équipements du réseau d'accès. Dans le cas d'un Cloud public, le CSP n'a aucune maîtrise sur la consommation énergétique du réseau d'accès. Une autre approche visant à réduire la consommation énergétique des équipements réseaux consiste en l'application de politiques de mise en forme du trafic ("energy-aware traffic shaping") qui adaptent le taux de transmission des routeurs afin de mettre en veille temporairement certaines de leur interfaces [20]. Par exemple, le trafic peut être temporisé dans les routeurs puis envoyé en rafales ("bursts") pour permettre aux routeurs du réseau de cœur d'éteindre certaines interfaces. Le poids énergétique du réseau d'accès sur la consommation globale d'un Cloud privé n'est pour l'heure pas clairement spécifié. Le faible degré de mutualisation des équipements dans le réseau d'accès nous laisse à penser que ce poids est loin d'être négligeable. Il l'est d'autant moins si l'on fait allusion à des réseaux d'accès non pas filaires mais radio.

4.1.4 La virtualisation des systèmes d'exploitation

La virtualisation des systèmes d'exploitation est une technique qui consiste à faire tourner un ou plusieurs systèmes d'exploitation sur une seule machine physique. Les systèmes d'exploitation hébergés par la machine physique reçoivent le nom de "machines virtuelles". Les machines virtuelles partagent les mêmes ressources physiques, mais leur mode de fonctionnement en font l'équivalent d'ordinateurs distincts. La technique de virtualisation de calculateurs permet une réduction du nombre de serveurs à déployer dans un data-center à capacité de calcul identique. Cette réduction du nombre de serveurs permet de réduire la consommation énergétique globale des data-centers. Des techniques de gestion de ressources visant à une réduction de leur consommation énergétique globale sont en cours de développement.

⁴Cloud privé: Il ne sert qu'aux utilisateurs appartenant à une même organisation.

Cloud public: Il est accessible pour n'importe quel utilisateur via un accès Internet.



Document	FUI-10-COMPATIBLE ONE		
	Livrable L13.1		
Date prévue	04/11/2011	Nature	Interne /
Date livraison	jj/mm/aaa		Public
Statut	Draft / Final	Version	1.0

La prédiction de l'utilisation de ressources permet de démarrer ou d'éviter d'éteindre ("techniques ON/OFF") les machines physiques ou virtuelles à utiliser dans le futur. Des algorithmes de prédiction basés sur la valeur moyenne de l'inter-arrivée des demandes sont proposés dans [1]. Une autre approche présentée dans [21] consiste à prédire l'arrivée des demandes à partir de l'historique des demandes de ressources déjà satisfaites, cela en utilisant une approche inspirée des réseaux de neurones artificiels. A posteriori, il s'avère que de tels mécanismes de prédiction présentent des marges d'erreurs non négligeables. Afin de réduire ou d'éviter ces erreurs de prédiction, les auteurs proposent d'utiliser des mécanismes de contre-réaction ou « feedback » voir des mécanismes de sur-dimensionnement dans l'allocation des ressources.

La gestion de machines virtuelles (VM) est une autre technique pour réduire la consommation énergétique dans le Cloud. Dans [22], cette consommation est réduite en utilisant des techniques ON/OFF basées sur la migration de machines virtuelles. Cela permet de déplacer une machine virtuelle d'une machine physique à une autre afin d'éteindre les machines physiques n'hébergeant aucune machine virtuelle. Une dernière approche pour la réduction de la consommation énergétique vise à la modification du système d'exploitation installé sur les machines virtuelles [23]. Cette approche montre qu'en concevant de machines virtuelles plus légères en terme de composants, il est possible de réduire leur temps de démarrage, ce qui entraîne des économies d'énergie lors du déploiement à grande échelle.

4.1.5 Conclusion

Le Green Cloud Computing concerne tous les éléments qui participent dans le Cloud tel que les data-centers, les serveurs et les équipements réseau. Il fait appel à différentes techniques qui peuvent être implémentées afin de réduire la consommation énergétique telles que les algorithmes de routage du type "energy-aware", les techniques ON/OFF, la gestion de ressources, les politiques de mise en forme du trafic et l'architecture de réseau. Ces techniques ont été discutées brièvement dans ce document.



Document FUJ-10-COMPATIBLE ONE

Livable L13.1

Date prévue 04/11/2011

Nature Interne /

Date livraison jj/mm/aaa

Public

Statut Draft / Final

Version 1.0

5 Références

- [1] L. Lefèvre, and A-C. Orgerie, "Designing and Evaluating an Energy Efficient Cloud", Springer Science+Business Media, 12 March 2010.
- [2] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. H. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. A. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, and M. Zaharia, "Above the Clouds: A Berkeley view of Cloud computing", University of California at Berkeley, Research Report, Feb. 2010.
- [3] <http://www.smart2020.org/publications/>
- [4] <http://www.google.com/about/datacenters/energy.html>
- [5] <http://www.climatesaverscomputing.org/about/>
- [6] D. Kliazovich, P. Bouvry, Y. Audzevich, and S. Ullah, "GreenCloud: A Packet-level Simulator of Energy-aware Cloud Computing Data Centers", IEEE Globecom, 2010.
- [7] J. Baliga, R. Ayre, K. Hinton, W. V. Sorin, "Energy Consumption in Optical IP Networks", IEEE Journal of Lightwave and Technology, Vol. 27, No. 13, 2009.
- [8] <http://www.data-centerknowledge.com/inside-microsofts-chicago-data-center/microsoft-chicago-infrastructure/>
- [9] <http://www.google.com/corporate/green/operations.html>
- [10] The Green Grid, "The Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics: PUE and DCiE," Technical Committee White Paper, 2007.
- [11] <http://www.google.com/corporate/data-center/efficiency-measurements.html>
- [12] Greenpeace International, "Make IT Green, Cloud Computing and its Contributions to Climate Change", March 2010.
- [13] http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf
- [14] <http://www.vifib.org/vifib.aboutus>
- [15] J. Baliga, R. W. A. Ayre, K. Hinton, and R. S. Tucker, "Green Cloud Computing: Balancing Energy in Processing, Storage, and Transport", Proceedings of the IEEE, Vol.99, No.1, pp. 149 - 167, January 2011.
- [16] A. P. Bianzino, C. Chaudet, D. Rossi, J-L. Rougier, "A Survey of Green Networking Research", Institut TELECOM, 2010.
- [17] Y. Zhang, P. Chowdhury, M. Tornatore, B. Mukherjee, "Energy Efficiency in Telecom Optical Networks", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 12, No. 4, pp. 441 - 458, Fourth Quarter 2010.
- [18] <http://aws.amazon.com/vpc/>
- [19] R-S. Chang, and C-M. Wu, "Green Virtual Networks for Cloud Computing", Dept. of Computer Science and Information Engineering, Hualien, Taiwan.
- [20] http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Fwww.netlab.nec.de%2FProjects%2FEnergy-efficient.htm&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNE2s_W_yZc2sJKa7YdLn1KF86nvghhttp://www.netlab.nec.de/Projects/Energy-efficient.htm
- [21] T-V. Duy, Y. Sato, and Y. Inoguchi, "Performance Evaluation of a green Scheduling Algorithm for Energy Savings in Cloud Computing", IEEE, 2010.
- [22] A-C. Orgerie, L. Lefèvre, and J-P. Gelas, "Demystifying Energy Consumption in Grids and Clouds", IEEE, 2010.
- [23] A-J. Younge, G. von Laszewski, L. Wang, S. Lopez-Alarcon, W. Carithers, "Efficient Resource Management for Cloud Computing Environments", IEEE IGCC, 2010.