

La grille, superordinateur mondial

Rencontre du Café des techniques du jeudi 18 novembre 2004
organisée par le musée des Arts et Métiers et l'AFAS, en collaboration avec l'Association des amis du musée des Arts et Métiers,
et avec le soutien de la délégation à la Recherche et à la Technologie d'Ile-de-France

avec la participation de

Michel Bidoit, directeur adjoint à la direction de la Recherche, ministère délégué à la Recherche

Philippe Bricard, directeur européen du Grid Computing, IBM

Fabrizio Gagliardi, directeur du projet EGEE (Enabling Grids for E-science), CERN

Thierry Priol, directeur de recherche à l'INRIA (Institut national de recherche en informatique et en automatique), directeur de l'Action concertée incitative Grid

Rencontre animée par **Anita Castiel**, journaliste scientifique

Pourquoi cette rencontre ?

Après la toile, voici la grille ou plutôt les grilles...

L'idée est simple : proposer un accès à la demande à un réservoir quasi illimité de ressources informatiques.

Plus qu'une simple communication entre machines, il s'agit d'une véritable mutualisation des ressources d'un parc d'ordinateurs hétérogènes et dispersés dans le monde.

Cette technologie du Grid computing (Globalisation des ressources informatiques et des données) offre alors une puissance de calcul et une capacité de stockage inégalées. C'est aussi la possibilité d'échanger de l'information au sein d'une organisation virtuelle liée par un intérêt commun.

Imagines pour répondre aux besoins des scientifiques confrontés à un volume sans cesse croissant de données à analyser, les grilles couvrent une large gamme d'applications.

Quels sont les obstacles au développement de cette technologie ?

A qui cela bénéficie-t-il ? Quelles sont les applications spécifiques du Grid computing ? Quels en sont les utilisateurs potentiels ?

Cela peut-il accroître la « fracture numérique » ?

Présentation

A. Castiel :

Ce Café des techniques est consacré ce soir au thème de la « grille », qui est présentée par certains comme le prochain défi de l'Internet, et que d'aucuns parent de toutes les utopies.

Pour essayer de comprendre ce qu'est la grille, ou les grilles, nous allons devoir appréhender tout un vocabulaire. Nous avons avec nous les plus grands spécialistes des grilles, à qui je vais demander de se présenter.

M. Bidoit :

Je suis directeur de recherche au CNRS. Je dirige le laboratoire d'informatique de l'Ecole normale supérieure de Cachan, et ma spécialité de recherche est la vérification des logiciels critiques. Ce n'est pas à ce titre que je suis présent ce soir à ce Café des techniques mais parce que je suis actuellement à la direction de la Recherche du ministère délégué à la Recherche, en charge des mathématiques, des sciences et technologies de l'information et de la communication, et plus particulièrement, pour le sujet qui nous occupe ce soir, du financement, au titre du FNS (Fonds national de la science), des programmes de recherche sur les grilles.

P. Bricard :

Je suis le directeur européen des activités autour de la grille pour IBM. J'habite à Montpellier, où l'on a lancé un centre de compétences, où l'on travaille, avec des clients de tous types d'industrie, à mettre en place des structures de grille pour traiter un certain nombre d'applications qui supportent leurs activités.

A. Castiel :

Il faut donc comprendre que c'est déjà un marché porteur.

P. Bricard :

C'est un marché dans lequel on n'a plus seulement des pionniers mais des gens qui, en production, déploient des infrastructures.

F. Gagliardi :

Je suis chercheur au CERN depuis 30 ans. Je m'occupe depuis quelques années de l'informatique distribuée, surtout sa nouvelle version, ce qu'on appelle «Grid», et je suis directeur du projet Grid EGEE, dont j'aurai, je pense, l'occasion de vous parler plus tard. C'est actuellement le plus important projet de ce genre en Europe et peut-être aussi dans le monde, dans le domaine scientifique.

T. Priol :

Je suis directeur de recherche à l'INRIA, et je dirige une équipe à Rennes sur les grilles, notamment sur les aspects logiciels. Je suis aussi le coordinateur scientifique d'un réseau d'excellence au plan européen, qui rassemble tous les grands spécialistes des grilles en Europe. Je suis également le directeur de l'Action concertée incitative Grid financée par le ministère de la Recherche.

Questions**A. Castiel :**

M. Priol va d'abord nous faire une présentation pour essayer de nous faire comprendre ce qu'est le concept de grille, ou de grilles.

T. Priol :

L'idée de départ des grilles est d'offrir l'accès à la puissance informatique comme on a accès à la puissance électrique.

Le concept de grille informatique consiste à construire une infrastructure qui va être fondée sur le réseau Internet. Celui-ci s'est largement déployé, notamment avec des réseaux à très grande capacité. Les grandes artères de communication dans les grilles ont des performances de l'ordre de 40 gigabits par seconde - par comparaison, les taux de transfert qu'on a sur l'ADSL sont de l'ordre de 512 kilobits -, et sont donc des artères énormes sur lesquelles on est capable de faire transiter un grand nombre d'informations. C'est grâce à ce déploiement du réseau qu'on a pu envisager une implémentation du concept de grille. L'intérêt est d'interconnecter des ressources sur ce réseau, de donner à l'utilisateur la possibilité de se connecter au réseau et d'utiliser ses ressources de façon complètement transparente. Donc, je branche ma machine et j'utilise une application quelque part dans le réseau, sans savoir où, mais cela me rend le service pour lequel je souhaite avoir l'accès.

La genèse des grilles se situe à la fin des années quatre-vingt-dix. L'ouvrage fondateur sur le concept de grille, comment on pouvait l'implémenter et quels étaient

les problèmes rencontrés, a été écrit par deux Américains, I. Foster et C. Kesselman. Leur définition de la grille est d'essayer d'avoir une sorte de partage de ressources, qui ne sont pas seulement de calcul. La grille n'est pas qu'un accès à la puissance de calcul, à des superordinateurs, mais aussi à des ressources qui peuvent être de stockage, c'est-à-dire une masse d'informations stockées quelque part sur l'Internet sans qu'on sache où elles se trouvent. Ces ressources peuvent aussi être des capteurs : c'est le cas, par exemple, des chercheurs qui souhaiteraient accéder à un télescope à distance et lancer des calculs sur des données issues de ce télescope. Tout cela nécessite un accès à très fort débit.

Je vais vous donner quelques exemples d'applications des grilles selon les différents domaines. Au départ, les grilles informatiques ont été conçues essentiellement pour des applications scientifiques, c'est-à-dire pour des gens qui souhaitaient avoir de la puissance informatique, soit du calcul, soit du stockage.

A. Castiel :

De quelle année date ce «départ» des grilles ?

T. Priol :

De la fin de l'ère des grosses machines parallèles des années quatre-vingt-dix. On est entré, à la fin de cette décennie, dans l'ère des machines distribuées, qui sont les grilles. Donc la répartition géographique est importante.

Les applications sont essentiellement scientifiques, mais aussi des applications d'ingénierie - par exemple pour la construction de systèmes complexes comme un avion, en essayant de combiner différents aspects de la simulation -, des applications d'e-business dans les banques ou les assurances...

Dans le PC de M. Tout-le-Monde, on a la mémoire, l'unité centrale et un ensemble de dispositifs d'entrée-sortie ; tout cela est relié par un bus, qu'on ne voit pas car il est dans la boîte du PC, et par un jeu d'instructions, qu'on ne voit pas non plus mais qui s'exécutent et qui réalisent certaines tâches. Dans les grilles, le bus est remplacé par l'Internet ; on n'est plus au sein d'une seule boîte, mais sur un ensemble de machines qui sont distribuées géographiquement. Vous avez donc des ordinateurs, du stockage, des logiciels, des capteurs, et également des individus qui sont vus comme des ressources. Quand un calcul est lancé, il faut aussi allouer la personne qui a lancé le calcul c'est-à-dire qu'il faut dire qu'à telle heure, vous aurez le résultat de votre calcul et vous pourrez travailler sur l'analyse de vos résultats.

Pour arriver à contrôler et combiner toutes ces ressources dans la grille, on va utiliser un nouveau jeu d'instructions qu'on appelle les *Web services*, c'est-à-dire en fait le Web. Google, que tout le monde connaît, en est un exemple : via un navigateur Internet, l'utilisateur pose des questions à Google, qui répond à la recherche grâce à des serveurs. Or, et vous ne le savez peut-être pas, on peut appeler Google directement d'un programme informati-

que sans passer par le navigateur, et c'est ce qu'on appelle un *Web service*. Un texte encodé en XML, qui est le langage d'Internet, va permettre de combiner l'ensemble de ces ressources. Par exemple, lorsque j'ai besoin d'un accès à une ressource de stockage, je vais appeler un *Web service* qui va gérer la ressource de stockage. Lorsque j'ai besoin d'un télescope, je vais appeler un *Web service* pour réserver un télescope. L'ensemble de ces ressources très variées qu'on a dans une grille est donc encapsulé dans des *Web services*. L'objectif est d'organiser et de coordonner l'utilisation de ces *Web services* pour une tâche particulière.

Autour des grilles, il y a beaucoup de mots-clés et l'on a parfois du mal à s'y retrouver. Il y a du «*peer to peer computing*», du «*desktop computing*», du «*on demand computing*», chez IBM par exemple, et l'on ne sait pas toujours ce qu'il y a derrière tous ces mots-clés.

On peut classer les grilles selon trois types en fonction des ressources :

- les **grilles d'information** : il faut savoir que le Web que vous utilisez tous les jours est en fait une grille. Lorsque vous accédez à un site, vous naviguez en utilisant des hyperliens et vous ne savez pas où se trouve le site qui va vous fournir l'information ;
- les **grilles de stockage** : pour être concret, c'est le système que vous utilisez assez régulièrement pour accéder à des fichiers sur le Web à travers tous ces systèmes *peer to peer*, qui sont une implémentation des grilles où chacun met à disposition de la communauté une partie de son disque dur. Lorsque vous allez charger un fichier, vous ne savez pas où se trouve ce fichier - c'est le système qui s'en occupe et qui va retrouver l'endroit où se trouve le fichier -, et vous ne savez pas qui est le donneur, ou du moins pas facilement.
- les **grilles de calcul**, qui permettent d'agréger la puissance de calcul, c'est-à-dire de construire un superordinateur qui vous offre des performances que vous n'avez pas localement. Il y a deux types de grilles de calculs : le **supercalculateur virtuel** et l'*Internet computing*.

Je suis journaliste et je m'occupe d'un blog qui traite de tous ces sujets d'informatique coopérative. Les Wiki sont l'un de mes sujets de préoccupation et je voudrais poser une question sur WikipediA, qui est une encyclopédie mondiale qui permet à des gens de contribuer par des articles. Pour vous est-ce un type de grille ?

T. Priol :

Oui, c'est une grille d'information car ce système repose sur une architecture distribuée. Si vous avez accès à l'information sans savoir où elle se trouve stockée ni qui l'a produite, c'est une implémentation du concept de grille d'information. Le point important des grilles est de cacher la localisation géographique. Si l'on demande à l'utilisateur de la spécifier, cela ne va pas marcher.

Pour en revenir à l'implémentation d'un supercalculateur virtuel, c'est-à-dire à l'échelle de l'Internet, on va essayer de coupler un grand nombre (10 à 100, voire 1 000 au maximum) de grands supercalculateurs localisés dans des centres de calculs et de les mutualiser. L'utilisateur, lorsqu'il va accéder à ce supercalculateur virtuel, ne verra pas la différence par rapport à un supercalculateur classique.

La seconde approche est l'*Internet computing* : c'est une application, comme SETI@home, qui permet d'utiliser des millions de PC dans le monde entier et où chacun donne une partie de ses ressources de calcul à un système global qui va faire une application particulière - pour SETI@home, c'est la recherche des signaux extraterrestres.

A. Castiel :

Cela signifie que n'importe quel particulier peut se connecter et participer à un projet SETI@home en téléchargeant un programme, qui ressemble, je crois, à un économiseur d'écran.

T. Priol :

Exactement. Vous chargez un économiseur d'écran que vous mettez dans votre machine. La plupart du temps votre machine est sous-utilisée - quand vous réfléchissez, votre machine ne travaille pas - et on pourrait l'utiliser à faire autre chose. Le concept d'*Internet computing* est d'utiliser ces cycles perdus pour faire un calcul utile. Cela suppose d'avoir des applications qui puissent se distribuer à très grande échelle, ce qui n'est pas le cas de toutes les applications.

Il y a SETI@home. Il y a eu, en France, le Décrypton pour essayer de faire du décodage du génome humain. Il y a également des applications plus folkloriques, par exemple le «cassage» de codes, qui se prête très bien à ce genre d'usage.

Vous parlez de l'Internet computing qui permet à des millions d'ordinateurs de partager de la puissance de calcul, mais d'un point de vue écologique, ne serait-il pas préférable d'avoir des ordinateurs moins puissants à la maison ou au bureau, qui fassent uniquement ce dont on a vraiment besoin, plutôt que de commercialiser des «bêtes de course», des Pentium «hyperboostés» dont on n'utilise finalement qu'une toute petite partie ?

F. Gagliardi :

La grille est un modèle qui peut être utilisé pour différentes applications. Pour des applications où l'on cherche à pousser au maximum la puissance des calculs, on va mettre ensemble non pas des PC mais des centres de calcul. Mais votre observation est très intéressante parce qu'il est exact que tous les deux ou trois ans, on a une nouvelle version du *software* Microsoft ou autre, qui prend davantage d'espace et qui prétend apporter des

performances plus importantes. Donc, si l'on veut vraiment bien travailler, on est obligé de changer d'ordinateur tous les deux ou trois ans. L'ordinateur dont on ne se sert plus reste généralement dans un coin pendant quelques années, et d'un point de vue écologique, il est certain que ce n'est pas la meilleure façon de gérer les ressources.

Si la grille devient beaucoup plus accessible au public, la puissance dont a vraiment besoin chez soi ou au bureau pourra rester très limitée, parce qu'en cas de besoin de gros calculs, c'est la grille qui s'en chargera - pour faire une recherche sur Google, vous n'avez pas besoin d'une grosse puissance de calcul car c'est le *Web service* qui est derrière, c'est-à-dire les milliers de gros ordinateurs de Google, qui vont s'en charger. Donc, quand la grille sera vraiment à la portée de tout le monde, on peut penser qu'on pourra utiliser des ordinateurs qui tiennent dans un téléphone, comme on commence à en voir sur le marché, ce qui serait une façon d'être un peu plus écologique.

L'utilisation de nos PC est quand même mal faite parce qu'avec les applications dont on dispose, on a besoin de beaucoup de puissance à un moment donné et ensuite on ne s'en sert plus. Ce dont on aura toujours besoin, c'est l'affichage, donc on a peut-être besoin d'un grand écran, d'un réseau puissant, mais on pourrait confier à une grille ou à des puissances de calcul disponibles à distance, la charge de faire tourner les applications dont on a besoin tous les jours.

On peut extrapoler sur ces utilisations grand public et se dire qu'aujourd'hui, on achète un matériel et du logiciel, mais que finalement, c'est un service qu'on consomme. Quand on stocke ses photos sur son disque dur et qu'on se compose son album de photos numériques, cet album pourrait très bien être géré, si les conditions de confidentialité sont respectées, par quelqu'un d'autre qui en assurerait les sauvegardes, les mises à jour et éventuellement les impressions. On a donc besoin d'un service. Ces services n'étant pas forcément très développés pour l'instant, la seule solution est effectivement d'acheter un ordinateur qu'on va sous-utiliser.

A. Castiel :

Mais si la grille devient une mutualisation à la fois des données et du *hard* et si donc tout le monde se met à avoir peu de puissance chez soi, la grille ne pourra plus exister.

F. Gagliardi :

Oui et non. Je pense qu'il faut faire une distinction entre le modèle auquel vous faites référence et le modèle *peer to peer* (pair-à-pair), où l'on partage des ressources que tout le monde a chez soi. En revanche, les grilles, surtout celles dont je m'occupe, mettent ensemble des gros centres de calcul. On peut donc émettre l'hypothèse que les gens vont continuer à acheter des petits ordinateurs, peut-être avec beaucoup de spécialisation

dans l'interface humaine (interactions tactiles ou vocales), mais que tous les calculs soient ensuite faits, non par d'autres ordinateurs domestiques identiques, mais par des serveurs spécialisés professionnels auxquels on accède avec la grille.

Qu'en est-il des problèmes de sécurité (virus) à partir du moment où l'on fait exécuter des programmes par un certain nombre de machines ?

M. Bidoit :

C'est une excellente question, pour laquelle il faut aussi faire une distinction entre les deux types de grilles. Quand vous faites du *virtual supercomputing*, c'est-à-dire quand vous associez des grands centres de calculs à travers le réseau, en fait vous construisez un superordinateur virtuel mais extrêmement protégé : les canaux de communication entre vos centres de calcul sont gérés et dédiés, et les problèmes de sécurité sont minorés dans la mesure où vous avez un bon niveau de confiance entre les différents utilisateurs de cette grille. En revanche, dans les applications *Internet computing*, *peer to peer*, etc., il y a énormément de problèmes de sécurité, et certains de ces logiciels de *peer to peer* sont même utilisés pour capter les informations qui sont sur vos ordinateurs. On ne peut donc que vous inciter à la plus grande vigilance dans l'utilisation de ce genre de logiciel.

T. Priol :

J'ai une petite anecdote sur l'*Internet computing* et les problèmes de sécurité. Pour l'application SETI@home, le code qui fait le calcul pour la recherche de signaux extra-terrestres avait, au départ, été diffusé sur le site de SETI@home. Un certain nombre de personnes mal intentionnées ont modifié ce code pour essayer, par exemple, d'envoyer une information au serveur central indiquant qu'un signal extra-terrestre avait été reçu. A l'époque, il n'y avait aucune possibilité de contrer ce type de comportement, qui est une façon de dévier l'usage de l'*Internet computing*. Il y a aussi d'autres personnes, cette fois bien intentionnées, qui se sont dit que les programmeurs de SETI@home n'étaient pas très bons et qu'on pouvait optimiser ce code à la main et essayer de l'améliorer pour avoir plus de puissance ; ce faisant, elles ont rajouté des *bugs* et les résultats fournis au serveur central étaient incorrects. La sécurité est donc un point important et peut-être la plus grande menace pour les grilles.

M. Bidoit :

Je veux juste souligner que c'est un programme de recherche en soi - sur lequel beaucoup d'équipes travaillent dans le monde et en France - que de savoir sécuriser du code mobile, c'est-à-dire, lorsqu'on transmet un code ou un programme d'une machine à une autre, comment garantir à la personne qui va utiliser ce code que celui-ci n'est pas malicieux et qu'il fait exactement ce

qu'il est censé faire. C'est un problème très difficile et qui fait l'objet de recherches actives.

A. Castiel :

Ce qui veut dire qu'il n'est pas résolu pour l'instant.

M. Bidoit :

Non, on ne sait pas encore résoudre ce problème. On a seulement des pistes, mais il ne faut pas que la vérification du fait que le code n'est pas malicieux consomme plus de temps calcul que ce que vous voulez faire avec le code lui-même.

Qui va utiliser concrètement ce type de grille hormis l'armée ? M. Tout-le-Monde pourra-t-il vraiment utiliser cette puissance de calcul ?

M. Bidoit :

C'est une question qui mérite une réponse un peu détaillée.

Il faut avoir conscience qu'aujourd'hui, la recherche scientifique (en astronomie, chimie, biologie, nanosciences, etc.) dépend de plus en plus des capacités de modélisation. Pour faire de la recherche de haut niveau, on construit des modèles des objets (molécules, protéines, gènes, nano-objets, etc.) qu'on veut étudier, modèles sur lesquels on essaye de faire des calculs, et, des résultats de ces calculs, on va tirer une meilleure compréhension. On estime aujourd'hui que sur un certain nombre de sujets extrêmement importants, pour lever des verrous et arriver à résoudre un certain nombre de problèmes scientifiques extrêmement durs, on a besoin de puissances de calcul de l'ordre de la dizaine ou de la centaine de petaflop (1 petaflop = 10^{15} flop, flop : *floating point*, opération par seconde).

P. Bricard :

Aujourd'hui, les plus gros ordinateurs au monde font un peu plus de 70 teraflop, comme l'un des modèles «*Blue Gene*» qu'IBM a développés pour traiter un certain nombre de problèmes des sciences de la vie, le décryptage du génome notamment.

M. Bidoit :

D'après la loi de Moore, tous les 18 mois, la puissance des processeurs double - c'est une loi empirique qui ne s'est pas encore démentie même si l'on sait bien qu'il y aura des limites physiques. On assemble ces processeurs individuels dans des ordinateurs parallèles de plus en plus puissants et performants, et on sait en assembler de plus en plus. Vous avez une deuxième courbe qui permet de «cumuler» la loi de Moore à l'intérieur de ces gros ordinateurs parallèles, et l'étape suivante consiste à les mettre en grille pour à nouveau cumuler leurs puissances de calcul et arriver à des puissances suffisantes pour casser certains problèmes scientifiques.

Il est vraiment important de garder en tête que la principale application des supergrilles de calcul est de résoudre des problèmes de sciences fondamentales qui se posent aujourd'hui et qu'on ne sait pas étudier autrement que par la modélisation et le calcul, et non pas nécessairement des applications militaires.

Pour finir de répondre à votre question, M. Tout-le-Monde ne va pas utiliser ce type de calculateur car il n'en a pas besoin. En revanche, les progrès dans la science qui seront réalisés grâce à ces supercalculateurs auront, à terme, un impact sur la vie de M. Tout-le-Monde.

A. Castiel :

Il y a un paradoxe qui tient peut-être au vocabulaire employé. Quand on utilise Google, on est derrière un schéma de grille, donc tout le monde a finalement accès à la grille.

M. Bidoit :

Il n'y a pas *la* grille, mais *des* grilles. C'est un peu comme pour les voitures : il y a la voiture de M. Tout-le-Monde et il y a la formule 1. Certes, mon analogie n'est pas très bonne parce que l'utilité de la formule 1 pour la science reste à démontrer !

Comme l'a expliqué Thierry Priol, à travers *Internet computing*, vous avez accès à des ressources dont vous ignorez la localisation exacte, et c'est plutôt cet aspect qui importe, c'est-à-dire le fait de ne pas savoir où se trouve exactement l'information et de laisser le réseau et le calculateur sur le réseau trouver l'information pour vous. On pourrait imaginer, comme on l'a évoqué, que même le traitement de texte soit exécuté ailleurs, mais cela pose des problèmes de sécurité et de confiance dans les personnes qui utilisent vos données.

En revanche, *la* grille au sens de supercalculateur virtuel, est essentiellement destinée aux applications scientifiques, aux applications militaires, et aussi aux banques et aux assurances, qui sont aujourd'hui de très grands consommateurs de ce genre de calculs.

P. Bricard :

Pour rester dans le domaine des applications scientifiques, il faut voir que le plus gros ordinateur dont on peut disposer est limité par sa propre puissance, et la plupart des programmes informatiques ont tendance à utiliser tout ce qui leur est rendu disponible. Plus de trente secondes ou plus d'une minute étant long pour le commun d'entre nous, on a tendance à vouloir utiliser toute la puissance disponible en permanence. Ce type de situation peut aboutir au fait que, si vous avez un programme de recherche sur les sciences du vivant qui est prioritaire, vous n'allez éventuellement pas traiter certaines maladies orphelines, qui sont moins prioritaires parce qu'elles touchent moins de gens. La possibilité de virtualiser ces infrastructures de calcul, c'est aussi la possibilité de rendre la puissance de calcul accessible simultanément à plus d'utilisations et plus d'usages. On en voit concrète-

ment des applications dans le cadre d'un des programmes financés récemment par la Communauté européenne qui s'appelle DEISA. Ce programme, mené par le CNRS, a pour but d'unir les grands centres de calcul nationaux et de les constituer en un de ces calculateurs virtuels de façon à pouvoir traiter plus de problèmes en même temps. L'axiome de base est qu'un cycle de calcul perdu est perdu pour toujours. Or, si l'on a pu optimiser cette utilisation, on a éventuellement pu donner accès à de la puissance à plus de monde.

Dans le domaine des banques et des assurances, les calculs de risques prennent de plus en plus d'importance. Ce sont des calculs qui, à priori, ont besoin aussi de plus de puissance en permanence. On ne parle pas seulement de gros calculs. Si vous demandez à votre banque de vous donner une réponse instantanée sur une demande de crédit, il faut qu'elle puisse la faire passer en moins de trente secondes, parce que sinon, vous passez à la concurrence sur le Web. Ce ne sont pas forcément des calculs extrêmement performants que cette virtualisation des moyens permet d'adresser. Suite aux problèmes de blanchiment d'argent et aux scandales comme celui d'Enron en 2003 aux Etats-Unis, un certain nombre de règlements et lois poussent les établissements financiers à se doter de structures de calculs de risques plus performantes.

A. Castiel :

Certains parlent aussi du divertissement comme l'une des applications.

P. Bricard :

Tout à fait.

A. Castiel :

L'accès serait-il payant ?

P. Bricard :

Si un fournisseur de services a un bon prix, il aura des clients, mais si son prix et son service ne sont pas bons, il perdra ses clients. C'est une question d'offre et de demande. Un certain nombre de services gratuits peuvent devenir payants - on l'a vu avec l'Internet -, et les gens les utilisent néanmoins. On est dans un processus de transformation des offres et d'évolution des habitudes de consommation qui est assez complexe.

Une simple question de curiosité : dans l'introduction, vous avez parlé du Centre de compétences IBM à Montpellier, est-il pour le Monde ou juste pour la France ?

Une question plus importante relative au modèle économique que vous venez d'aborder : comment cela fonctionne-t-il ? les centres de recherche ont-ils un budget global pour emprunter de la puissance de calcul chez le voisin ? quel est l'état des réflexions sur les modèles économiques ?

P. Bricard :

Le centre de Montpellier a une vocation mondiale. J'ai eu la chance d'être à l'origine, avant nos collègues américains, du lancement de cette initiative *Grid computing* pour IBM, et les ressources tant matérielles qu'humaines dont on dispose sur le site de Montpellier en faisaient un endroit intéressant pour un centre mondial.

F. Gagliardi :

Vous avez demandé si les différents centres de recherche vont avoir un budget pour payer ces ressources. J'en discutais encore ce matin dans une réunion à la Haye : comment faire payer l'utilisation de la grille ? Dans un centre de calcul classique, vous avez un code d'accès, un mot de passe, et, à la fin du mois, vous êtes facturé pour votre utilisation du centre de calcul. En accédant à la grille, vous soumettez des calculs qui vont partir à travers le monde, et au final, il faut bien que quelqu'un maintienne ces centres de calcul. C'est ce qu'on appelle l'«AAA» (*Authentication, Authorization, Accounting*) :

- identification de l'utilisateur ;
- autorisation : un physicien peut rentrer dans la grille et avoir accès à des centres de calcul payés par exemple par le budget de la physique mais pas à des centres de calcul auxquels les physiciens n'apportent pas de contribution financière ;
- comptabilité de l'utilisation.

On en est encore au début et dans la plupart des projets de grilles expérimentales, il y a, pour le moment, beaucoup de bonne volonté, de travail de recherche. Par exemple, dans le domaine de la physique des particules, tous les centres de calcul qui participent aux grandes expériences mondiales de physique des particules partagent leurs puissances de calcul. Les différents pays payent, et chaque expérience utilise toutes les ressources sans identification vraiment précise des équipes. Pour parvenir à une grille de production qui fonctionne et qui dure dans le temps, il faudra arriver à définir toute une série de paramètres, mais pour l'instant, on reste dans le domaine de la recherche et ce n'est pas évident de pouvoir facturer entre un centre de calcul et un autre.

Je vous remercie pour la clarté de cette présentation.

Je voulais savoir si l'on a une estimation de l'utilisation à son maximum.

Par ailleurs, existe-t-il un arbitrage en cas de problèmes en cours d'utilisation ?

T. Priol :

Je ne suis pas sûr d'avoir compris votre question mais je vais essayer de répondre ! Par exemple, pour l'*Internet computing* dans l'expérience de SETI@home, en regroupant ces millions de PC, ils ont réussi à obtenir une puissance de l'ordre de la trentaine de teraflop, ce qui était, il y a quelque temps, la puissance du supercalculateur le plus

puissant au monde, l'*Earth Simulator* au Japon. Donc, simplement en connectant les PC sur l'Internet et en utilisant des liens de l'ADSL, donc une liaison classique, on a été capable d'agréger une énorme puissance de calcul.

A. Castiel :

J'ai un chiffre de 600 millénaires de calcul sur un PC avec SETI@home.

T. Priol :

Oui, c'est à peu près cela. Pour donner un ordre d'idée, un teraflop, c'est à peu près mille fois la puissance d'un PC. Le petaflop, c'est un million de fois. Votre PC standard de dernière génération est de l'ordre du gigaflop.

A. Castiel :

C'est une initiative qui est partie d'universitaires.

T. Priol :

Oui, l'université de Berkeley n'avait pas les capacités ni les ressources pour faire ces traitements. S'adresser à un centre de calcul nécessite d'avoir un budget pour utiliser des machines, or elle n'avait pas ce budget. Plutôt que de s'adresser à des organismes de financement pour allouer des heures de calcul sur les centres de supercalculateurs, ils ont eu cette idée d'utiliser des PC qui sont, la plupart du temps, inutilisés.

S'agissant des arbitrages, je n'ai pas la réponse mais je peux dire que cela se passe mal, notamment pour les problèmes de droit, de lois. Lorsqu'on utilise une grille, c'est une grille transnationale, c'est-à-dire qu'on va combiner des ressources qui sont dans différents pays, avec des lois différentes ; ce qui est autorisé dans un pays peut être interdit dans un autre. On n'a donc pas de réponse satisfaisante pour le moment.

F. Gagliardi :

Sur des grilles spécialisées, comme celle qu'on utilise en physique des particules, qui sont faites par des centres de calcul et non par des ordinateurs personnels, on arrive à définir des accords et même de vrais contrats sur un certain niveau de services que les centres de calcul doivent rendre (*Service Level Agreement*). Par exemple, on arrive à définir une organisation virtuelle, donc un ensemble d'utilisateurs qui ont certains droits, qui vont être identifiés comme utilisateurs d'une organisation virtuelle donnée et pouvoir accéder à certains centres de calcul, et seulement à ceux-là. On arrive donc à avoir une définition assez stricte de ce qu'on peut et de ce qu'on ne peut pas faire, ce qui évite les conflits.

En revanche, dans un cadre plus général, c'est encore complètement ouvert.

M. Bidoit :

Votre question fait un peu écho à la question précédente. Il faut, à nouveau, bien distinguer de quelle grille on parle. Si l'on parle de grilles du type SETI@home

avec des PC individuels, vous êtes dans une situation de «Far West», un peu comme pour le spam où vous savez très bien qu'on ne sait pas exactement d'où viennent ces courriers non sollicités que vous recevez chez vous et qu'on a beaucoup de mal à tracer. Vous êtes donc livré aux juridictions internationales, avec le peu d'efficacité qu'on imagine.

En ce qui concerne les grilles de supercalculateurs, elles en sont encore à une époque de pionniers, c'est-à-dire que l'enjeu d'aujourd'hui est de savoir les faire fonctionner efficacement. C'est un problème très difficile et je suis sûr qu'on aura l'occasion d'en parler un peu. EGEE - si Fabrizio Gagliardi me le permet - est une grille très spécifique, donc le problème est relativement simplifié, néanmoins je pense qu'il y a encore beaucoup d'efforts à faire pour augmenter le taux d'efficacité. J'appelle *taux d'efficacité* le pourcentage de puissance effectivement utile par rapport à la puissance théorique disponible.

Dans le cas de grilles plus généralistes utilisées pour des problèmes scientifiques variés, c'est un vrai problème de recherche - c'est d'ailleurs en partie l'objet du programme de recherche ACI Grid. Pour l'instant, on n'en est pas encore au stade de se demander comment administrer les conflits, mais plutôt au stade de savoir comment coopérer tous ensemble pour les faire fonctionner de façon efficace.

Je rebondis sur la question précédente. Une fois qu'on aura avancé sur ces problèmes, on va gérer les grilles de calcul comme on gère aujourd'hui les supercalculateurs, qui sont administrés. Vous posiez la question sur les budgets : les supercalculateurs, pour la recherche publique en tout cas, sont considérés comme des grands instruments au service de la science. Evidemment, cela coûte de l'argent pour les construire, les acheter, les faire tourner et les entretenir. Chaque année, des comités scientifiques allouent le temps calcul sur la base de projets proposés par les scientifiques, et l'on fait un arbitrage sur la base de la pertinence des projets et des priorités scientifiques qu'on veut mettre en œuvre. C'est ainsi que cela fonctionne sur tous les centres de calcul, et l'on fera de même sur la grille.

P. Bricard :

Je voudrais juste rajouter un commentaire. Quand vous achetez de la téléphonie mobile, c'est relativement simple pour l'opérateur téléphonique de vous facturer en mesurant la durée de conversation, le débit qu'il vous délivre, le nombre de mégaoctets que vous avez envoyés. Dans une grille de calcul ou dans une grille d'information, quelle est la valeur des choses et que mesure-t-on ? On n'a pas créé l'unité qui va pouvoir comparer une seconde de travail du PC de M. Untel et une minute de calcul du superordinateur *Blue Gene* ou autre. Un certain nombre de défis nous sont posés à tous (recherche, industriels, utilisateurs), pour arriver à définir ces standards et ces moyens avant de se poser la question de savoir comment on partagera. Je rappelle que le partage est très facile si vous me donnez tout ce que vous avez !

A. Castiel :

On peut donc dire que la grille est pour le moment un chantier technologique.

P. Bricard :

Oui. On a beaucoup de travail, mais on travaille aussi dans l'optique de développer des standards qui vont permettre justement de pouvoir aborder ces questions. Tant qu'on n'a pas de standard et qu'on multiplie les développements de solutions propriétaires, on a du mal à progresser. Internet existait déjà depuis 15 ans quand les gens se sont mis à l'utiliser, parce qu'ils ont eu tout à coup une interface conviviale pour aller poser leurs questions et chercher les informations.

A. Castiel :

Cela signifie qu'au plan international, un groupe est chargé de travailler sur les standards, sur ce qu'on appelle des normes ouvertes. Nous reviendrons plus tard sur cette question des normes.

M. Bricard a dit très justement que le partage est simple quand on donne tout ce qu'on a, et c'est un peu ce qui se passe avec les internautes qui installent un petit programme sur leur machine pour faire des calculs scientifiques. En recherche médicale par exemple, il y a des projets pour faire du pliage de protéines ou de l'étude de gènes. Ma question concerne la propriété intellectuelle. Tous ces internautes qui, bénévolement, prêtent du temps de calcul et qui donc participent à la recherche scientifique mondiale vont permettre de faire des découvertes. Ces découvertes vont-elles rester dans le domaine public comme un acquis pour l'humanité ou y a-t-il un risque qu'elles soient captées par des intérêts privés ? C'est d'autant plus important qu'aujourd'hui, dans certains pays, on parle de «brevetabilité du vivant». Ne risque-t-on pas paradoxalement de prêter son ordinateur pour, in fine, servir les intérêts privés de grands laboratoires pharmaceutiques ?

F. Gagliardi :

C'est une question très délicate et difficile. Hier, à La Haye, se tenait la dernière journée de la Conférence annuelle de la Communauté européenne sur le programme IST, c'est-à-dire sur tout le programme scientifique. On a discuté aussi de ce point et je pense que c'est de la responsabilité des gouvernements, des différents instituts d'Etat, de définir des règles. Par exemple, on a proposé que les résultats de tout le développement qu'on fait sur la grille avec de l'argent public doivent rester dans le domaine public. Toutefois, si l'on veut que la grille fonctionne, qu'elle crée de l'emploi et soit utile à tout le monde, il faut, par exemple, que l'industrie utilise la grille pour augmenter sa compétitivité, surtout en Europe.

Il faut donc permettre les deux choses : au plan de la recherche fondamentale, y compris en informatique,

tout le savoir-faire qu'on va développer, pour la grille en général, avec des financements publics doit rester dans le public ; mais ensuite, il est bon que la petite industrie se forme et utilise les grilles pour développer un savoir-faire grâce auquel elle va gagner de l'argent et créer de l'emploi. Il faut trouver un moyen terme et créer des règles ; c'est le rôle des gouvernements et des différentes agences d'Etat ou internationales.

P. Bricard :

Je pense que c'est une très bonne question. En tant qu'utilisateur d'Internet, quand on participe à une expérience, on accepte des conditions, un contrat - qu'on ne lit pas toujours. Dans le cadre de l'utilisation pour soutenir la recherche scientifique et les sciences du vivant, on a annoncé cette semaine une initiative qui s'appelle *World Community Grid*, qui sélectionne des projets en fonction de leur importance dans les domaines des sciences du vivant et de l'environnement, sur la base d'un comité scientifique dans lequel un grand nombre d'institutions de recherche internationales et nationales sont représentées - sa composition n'est pas arrêtée et reste ouverte. Les résultats de ces calculs seront libres de droit car cela fait partie des critères de cette initiative. Le Décrypton fonctionnait sur ce mode.

La physique quantique enseigne que la substance primordiale de l'Univers est non substance, mais énergie. Comment faites-vous pour quantifier l'inquantifiable ?

A. Castiel :

Nous avons un physicien émérite parmi nous, Fabrizio Gagliardi.

F. Gagliardi :

Je passe : joker !

Si j'ai bien compris, on peut prêter son ordinateur pour savoir s'il y a des signaux extra-terrestres. Y a-t-il d'autres applications pour lesquelles on pourrait aujourd'hui prêter son ordinateur, cette dernière me paraissant d'un intérêt modéré ?

T. Priol :

J'ai mentionné le Décrypton et le craquage de codes (décrypter ce qui a été crypté). Il faut savoir que pour pouvoir utiliser des millions de PC, il faut avoir un calcul qui puisse se distribuer à très grande échelle. Lorsqu'on a un programme informatique, on peut essayer de déterminer ce qui peut fonctionner en parallèle. On peut faire des dizaines, des centaines ou des millions de calculs en parallèle. Typiquement, sur l'application SETI@home, c'était le cas : on est capable de prendre la masse d'informations qu'on récupère d'un radiotélescope, de la couper en petits morceaux et d'envoyer ceux-ci sur des millions

de PC. C'est ce qui conditionne les applications qui peuvent tirer parti de l'approche qu'on appelle *Internet Computing*. Malheureusement, ce n'est pas le cas de toutes les applications et c'est là le facteur limitant. Je n'ai pas d'autre exemple pour l'instant, mais on pourrait réaliser ainsi des dessins animés en trois dimensions. On fabrique une image et on l'envoie sur un PC ; un film d'animation durant deux heures, à trente images par seconde, cela fait beaucoup d'images qu'on pourrait distribuer sur les différents PC pour réaliser ce dessin animé. Ce n'est qu'un exemple. L'important est de voir si l'application est capable d'exploiter des millions de PC.

P. Bricard :

Aujourd'hui, on peut télécharger un de ces économiseurs d'écran depuis le site *World Community Grid*, et il y a un programme ayant trait aux sciences du vivant qui est en cours.

A. Castiel :

Concrètement, comment le particulier qui veut se connecter à un projet d'envergure de ce type, peut-il le faire ?

P. Bricard :

Il va télécharger un programme sur un site.

A. Castiel :

Que doit-il taper sur Google ?

P. Bricard :

Je n'ai pas l'adresse en tête. Tapez WCG ou *World Community Grid* sur Google et vous le trouverez tout de suite.

Donc vous téléchargez un économiseur d'écran, qui va se mettre en route au moment où vous n'utilisez pas votre machine. Ces programmes ont une deuxième caractéristique : au moment où vous voulez réutiliser votre machine, il faut qu'ils puissent s'arrêter dans un état stable de façon à ce que le calcul ne génère pas de résultats faux, donc il faut qu'une méthode de sécurité soit incluse dans l'économiseur d'écran.

T. Priol :

Typiquement, pour essayer d'éviter ces problèmes de résultats faux qui pourraient être envoyés, on dispose de ce qu'on appelle les techniques de réplique de calculs, c'est-à-dire qu'en fait, on va lancer le même calcul plusieurs fois dans l'Internet ; on va prendre une dizaine de PC, ce faisant on va diminuer la puissance puisqu'on utilise un certain nombre de PC pour faire le même calcul. L'intérêt est qu'on va pouvoir contrôler que la réponse est identique pour les dix machines ; si les réponses ne sont pas identiques, on sait que quelqu'un est en train d'avoir un comportement déviant dans le système. C'est typiquement ce genre de techniques qui peuvent être mises en œuvre pour gérer des problèmes de sécurité. Je précise aussi qu'il faut faire attention quand vous téléchargez un

économiseur d'écran car vous pouvez être piraté. Un logiciel que vous chargez du Web pour le mettre sur votre PC a accès à l'intégralité des ressources de votre PC, pas seulement à la puissance de calcul, au processeur, mais aussi à votre disque dur, c'est-à-dire à toutes les informations confidentielles qu'il contient. Il faut donc vous prémunir contre un usage illégal de vos ressources, et il faut bien vérifier qu'il ne s'agit pas d'un piège.

A. Castiel :

Comment vérifier ?

T. Priol :

Il n'y a pas de méthode exacte. Il faut d'abord s'assurer qu'on est sur le bon site et qu'on n'a pas été renvoyé sur un site qui copie l'original (*phishing*). Il faut se renseigner sur le degré de visibilité de l'initiative - SETI@home, par exemple, tout le monde connaît - c'est-à-dire que si le site est très peu référencé, il faut se méfier.

On peut envisager dans le futur d'avoir des systèmes de certificats.

M. Bidoit :

Je voudrais bien insister : pour des raisons de salubrité publique, surtout ne téléchargez pas n'importe quoi ! Participer à des initiatives qui ont une grande visibilité mondiale et qui donnent un minimum de garanties, c'est raisonnable. Autrement, c'est extrêmement dangereux. La CNIL a mis en garde sur un certain nombre de problèmes comme les *spyware*. Avec le *phishing*, on a aujourd'hui énormément de sites qui commencent à imiter le site de votre banque préférée, de votre serveur de carte bleue, de façon à capter des informations sensibles pour les utiliser ensuite à votre insu. Je dévie un peu vers un sujet qui s'éloigne des grilles, mais il est très important de bien mettre en garde les gens, qui sous-estiment la malice des pirates. Télécharger n'importe quoi sur son ordinateur, c'est vraiment chercher les ennuis.

A. Castiel :

Merci pour ces recommandations.

Une question de doute car, lorsque vous avez parlé de Grid Computing en disant que le futur consisterait à garder de la puissance de calcul uniquement pour l'affichage sur un PC standard et d'exporter le calcul sur d'autres PC, donc Grid Computing, cela m'a tout de suite fait penser à mes études où j'ai fait cela. A l'époque, on avait des mini frame, avec des pupitres qui avaient peu de puissance de calcul, et l'on exportait l'essentiel des calculs sur un main frame. Depuis mes études, je n'ai jamais retouché à un main frame, et ce genre d'informatique, pour moi, est mort. Ma question est : est-ce que ce n'était pas cela le Grid Computing et n'est-ce pas déjà mort ?

T. Priol :

Je crois que, dans le passé, il y a eu des exemples de ce qu'on appelle le «*thin client*», le client très léger, qui ne fait pas grand chose. Les grilles s'appuient sur des réseaux, et il faut effectivement avoir des machines qui ont des capacités d'affichage graphique assez puissantes, mais il faut aussi pouvoir alimenter ces machines, et l'alimentation, c'est une question de réseau. Si vous n'avez pas un réseau performant pour connecter votre machine à la grille, les applications qu'on va pouvoir déporter sur la grille vont être très limitées. C'est un problème de taille de tuyaux.

P. Bricard :

J'ai employé l'image d'une direction qui va être une alternative technique quand les réseaux seront capables de supporter cette charge. Maintenant, quand on a commencé à parler du *thin client*, c'était la mort du PC. Vous dites que le *main frame* est mort ; il a une interface utilisateur un peu plus conviviale, mais commercialement, il ne s'est jamais porté aussi bien, pas pour faire du traitement d'images mais pour exécuter des transactions dans des banques, des supermarchés ou ce genre d'environnement. Je n'ai pas fait de déclaration choc ou prospective en disant que cela va se passer ; c'était une hypothèse pour répondre à la question environnementale du PC. Il y a de plus en plus d'alternatives avec l'ADSL assez rapide, qui nous amène maintenant la télévision sur notre écran de PC. On s'approche de la possibilité technique de ces solutions.

J'avoue que cette présentation d'un projet tellement ambitieux, ou de projets qui sont parfois assez avancés, me laisse perplexe.

Sur votre transparent, je lis : «Une association de plusieurs supercalculateurs géographiquement répartis». On peut compter sur les doigts d'une main dans le monde les puissances ou les constructeurs capables de faire des supercalculateurs. Par ailleurs, il est dit «Offrir une vision d'un supercalculateur virtuel», donc le but à atteindre est d'avoir un supercalculateur mondial. A partir du moment où ces éléments concrets que sont les calculateurs qui vont servir à faire cette fédération sont à la disposition d'Etats ou de fabricants, quelles sont la sécurité d'emploi, la pérennité qu'on peut avoir pour des lancements de recherches extrêmement ambitieuses et coûteuses ?

Je fais une analogie avec le GPS qui, initialement, a été conçu par les Etats-Unis pour une application militaire. Puis un jour, les Etats-Unis, dans leur grande magnanimité, ont décidé de le mettre à la disposition du monde, mais ils se sont arrangés pour que, pendant longtemps, la capacité de désignation des positions géographiques précises soient réservée aux militaires, et les civils, en particulier l'aéronautique civile, avait des informations défaillantes. Voilà l'exemple d'un pays qui détenait le pouvoir de laisser les gens utiliser un produit plus ou

moins dégradé. Y a-t-il des risques sur l'utilisation, sur la pérennité ? L'aura-t-on à un moment donné et puis nous sera-t-il retiré ? Comment peut-on réellement bâtir des choses très importantes à partir de ces éléments que je viens de rappeler ?

T. Priol :

Je pense ne pas avoir assez de doigts pour vous citer l'ensemble des constructeurs de machines qu'on peut cataloguer comme supercalculateurs.

Il faut regarder les évolutions de l'informatique : il y a 20 ans, les supercalculateurs étaient ce qu'on appelait les machines vectorielles et il y avait effectivement très peu de constructeurs, qui étaient essentiellement américains. Finalement, les Japonais ont fait évoluer la technologie et ont été pendant quelques années les leaders dans le domaine des machines vectorielles.

A côté de ces machines, vous avez maintenant, dans les centres de calcul, des supercalculateurs qui sont constitués de grappes de PC. C'est donc à la portée de tout le monde, et tous les pays sont capables de construire des supercalculateurs en rassemblant des PC, qui ne sont pas ceux que vous avez chez vous car ils sont beaucoup plus compacts : ils se présentent sous forme de «boîtes de pizza» qu'on empile en très grand nombre. Il existe un certain nombre de sites en France qui sont équipés de machines avec plusieurs centaines ou milliers de processeurs assemblés dans ce type de supercalculateurs. L'aspect «indépendance nationale» sur le supercalcul est *de facto* assuré par la démocratisation de ces machines. Il n'y a pas un pays qui maîtrise la puissance de calcul par rapport à un autre. Bien évidemment, les choses risquent d'évoluer - on parlait tout à l'heure de petascale : l'enjeu de ces machines sera d'offrir le petaflop et il y aura à nouveau une bataille entre les Etats-Unis et le Japon. Mais nous sommes quand même capables de construire des machines assez puissantes.

F. Gagliardi :

La question est intéressante et si l'on regarde la situation du calcul à haute performance en Europe ces quinze ou vingt dernières années, tous les gros centres de calcul européens achetaient du matériel surtout américain. Ensuite il y a eu cette évolution, le vectoriel est passé un peu plus au Japon. Nous sommes dans une situation où l'Europe est encore très majoritairement dépendante des Etats-Unis pour la technologie de calcul à haute performance, et dans une moindre mesure du Japon.

En ce qui concerne la grille, c'est différent, pour plusieurs raisons. D'une part, du fait que l'Europe se situe toujours assez bien pour la matière grise (le *brainware*, par rapport au *hardware*), on parvient encore à former des chercheurs de tout premier plan en informatique, en ingénierie électronique, qui, malheureusement, vont souvent ensuite faire de la recherche, et leur carrière, aux Etats-Unis ; d'autre part, pour une fois, au plan gouvernemental des différents pays, dont la France, et aussi l'Angleterre,

qui a investi, ces quatre dernières années, 250 millions de livres sterling dans l'e-Science y compris la grille. On a également beaucoup d'investissements de la Communauté européenne. Avec ces investissements et le fait que nous sommes assez pointus dans la recherche sur les logiciels, dans la grille, nous avons maintenant l'avantage par rapport au reste du monde. Comme je vous le disais, je sors d'une conférence où nos collègues américains et nos collègues japonais estiment que nous avons entre douze et dix-huit mois d'avance. La grille va permettre, d'une part, une certaine démocratisation du calcul à haute performance, et représente, d'autre part, une grande chance pour l'Europe. Evidemment, on voit déjà, comme souvent quand l'Europe a une chance, qu'on commence à se bagarrer entre les différents pays pour savoir qui va faire la meilleure grille en Europe, si ce sera au nord, au sud, au centre, à droite, à gauche !

Peut-on fixer un cadre juridique pour que cela puisse se construire en fonction d'un protocole d'accord ?

J'ai une question qui n'est peut-être pas exactement dans le sujet. J'ai entendu dire, il y a quelque temps, qu'un expert finlandais avait prédit la fin de l'Internet dans sa structure actuelle d'ici à deux ou cinq ans, du fait des virus, des spams, etc. Je voulais savoir si la grille était éventuellement une solution ? si la grille est, comme je l'ai compris, une mutualisation de ressources qui peut demain être privatisée, puisqu'on peut mettre autant de restrictions d'accès qu'on veut. Qu'en est-il de l'utilisateur Internet basique qui n'a pas besoin de supercalculateurs, qui sont surtout réservés aux chercheurs et aux projets de taille importante ?

F. Gagliardi :

C'est une question très intéressante, à laquelle plusieurs d'entre nous pourront répondre. Vous touchez à plusieurs points et, à nouveau, je pense qu'il faut reprendre la clarification faite par mes collègues. Il n'y a pas *une* grille mais plusieurs grilles, et la réponse dépend des grilles. Dans les grilles très spécialisées pour certains domaines scientifiques, il y a des problèmes de sécurité, mais nous avons le grand avantage, par rapport au Web et à l'Internet, d'avoir démarré en sachant qu'il y avait déjà eu tous ces problèmes de sécurité ailleurs, dans l'Internet et le Web.

A. Castiel :

Est-ce que ce sont des lignes spécifiques ou êtes-vous sur le Net ?

F. Gagliardi :

Nous sommes partis du principe que nous devons faire un système qui soit sûr, parce que s'il n'était pas sûr, il ne servirait pas à grand-chose. Nous avons donc ce gros avantage de la sécurité dans l'architecture d'une grille spécialisée. Bien sûr, le cas des grilles *peer to peer*

(Kazaa, SETI@home, etc.) est différent car on utilise vraiment l'Internet tel qu'il est, et l'on est exposé à la sécurité telle qu'elle est sur l'Internet. Je ne peux pas prévoir le futur mais je suis très inquiet. Je peux vous donner un chiffre très simple : au CERN, 75 % de tout le courrier électronique que nous recevons est du spam ou du courrier malicieux. Donc on utilise trois quarts de la puissance de transmission, c'est-à-dire de la bande passante qu'on a sur l'Internet, pour rien.

Il est clair que les solutions sont d'ordre technique. Il y a de plus en plus de logiciels intelligents, qui, par exemple, quand ils reçoivent du software, un courrier électronique avec un programme, etc., peuvent faire toute une série de contrôles et de modifications. On est en train d'introduire des systèmes de certificats électroniques qui permettront de savoir qui a envoyé quelque chose à quelqu'un d'autre. Votre système pourra reconnaître certains certificats, mais pas les autres. Les humains traversent les frontières avec des passeports. Ce système n'est pas parfait, mais fonctionne en général : la plupart des gens qui passent et montrent leur passeport sont vraiment ce qu'ils prétendent être. On peut envisager une évolution des software dans ce sens, mais il faudra des règles et des certificats qui seront l'équivalent d'un passeport. Il y aura donc des autorités - il y en a déjà - qui émettront des certificats, et qui se reconnaîtront entre elles, tout comme les pays se reconnaissent entre eux pour identifier les passeports des autres. La technologie peut faire des choses, mais il y a beaucoup de règles à mettre en place, et c'est le rôle des gouvernements et des différentes institutions compétentes. C'est un domaine assez complexe qui dépend un peu de ce qu'on fait.

Donc, pour les grilles spécialisées, la situation n'est pas trop mauvaise, mais pour les autres, il y a encore beaucoup à faire.

T. Priol :

Je voudrais répondre à votre question sur la fin de l'Internet. Ce n'est peut-être pas la fin de l'Internet, mais la fin de l'Internet ouvert pour un certain nombre d'applications. Les grilles vont vous permettre de créer des communautés virtuelles d'organisation, avec des règles de sécurité, et l'on va donc avoir des mondes qui vont se créer sur l'Internet, qui seront peut-être fermés et qui vont en fait être associés à des communautés d'utilisateurs. Par exemple, on pourrait avoir la communauté des physiciens, dans une structure qui puisse s'échanger des mails en toute confiance sans recevoir de spams. On peut envisager ce genre d'application.

A. Castiel :

Donc ce serait une réponse à la saturation d'Internet, et aux risques d'Internet ?

Pour rebondir sur la remarque de monsieur, je voulais simplement signaler que j'ai lu que la grille pouvait être

une solution contre le spam et les virus. Une société américaine commercialise en effet un produit qu'on installe sur son ordinateur et qui permet, à chaque fois qu'on reçoit un spam, de l'identifier comme tel - il est «tagué» en quelque sorte - et cette information est ensuite communiquée à tous les autres membres de la grille et, dès qu'ils reçoivent le même message, ce message est mis directement à la poubelle. Donc en fait, c'est l'intelligence collective qui permet aussi de lutter contre le spam et les virus.

T. Priol :

C'est un bon exemple !

A. Castiel :

On est dans un schéma de grille aussi, puisqu'il y a une communauté d'intérêts.

T. Priol :

Absolument, il y a une communauté d'intérêts qui va s'échanger de l'information pour essayer de faire un certain nombre d'opérations, par exemple de filtrage de courriers.

A. Castiel :

Nous n'avons pas encore parlé de technique, d'architecture de grille et d'un logiciel très particulier qu'on appelle l'intergiciel et qui est très spécifique à la grille. Qui veut en dire un mot ?

T. Priol :

Intergiciel est le nom français pour *middleware* - dans la communauté scientifique on utilise beaucoup les termes anglo-saxons !

Les PC de M. Tout-le-Monde s'appuient sur un système d'exploitation, qui a pour fonction de gérer les ressources locales du PC, c'est-à-dire le disque dur, le clavier, l'écran.

Au sein des grilles, on est dans un monde qui est assez hétérogène : il n'y a pas que des PC, il y a aussi des Mac ; il y a des processeurs différents, etc. La seule possibilité de pouvoir gérer globalement l'ensemble de ces ressources, qui sont très variées, est d'avoir une couche qui se situe au-dessus des systèmes d'exploitation. Il s'agit d'une couche qui va être entre les systèmes d'exploitation (Windows™, Mac OS X™, Linux™) et les applications. C'est ce qu'on appelle l'intergiciel.

A. Castiel :

Est-ce un nouveau concept ?

T. Priol :

Non, c'est quelque chose qui existe déjà depuis de nombreuses années. Ce sont les gens qui se sont intéressés aux systèmes distribués qui ont inventé ce concept de *middleware*. Là, il s'agit simplement d'essayer de gérer des ressources, mais sans avoir à rentrer dans le PC de

M. Tout-le-Monde, sans avoir à modifier le système d'exploitation. Je ne peux pas modifier Windows™ car ce n'est pas moi qui l'ai fait. Je peux modifier Linux™, mais si je modifie un système, il est possible qu'il marche moins bien. On essaye en fait de faire des choses au-dessus des systèmes de façon que ce soit portable.

Par exemple, pour le *Virtual Supercomputing*, il y a un intergiciel connu qui est Globus. C'est un projet américain qui a été initié par Argonne, une université en Californie, et qui vise à gérer globalement les ressources. Cela se présente sous forme de services, dans un *middleware*, qui sont installés sur l'ensemble des machines qui vont participer à la grille. Vous avez donc un système qui coordonne l'ensemble de ces services de façon globale.

Il y a d'autres exemples en Europe tel Unicore, qui est à peu près équivalent à Globus sur certains de ses aspects, et qui vise aussi à implémenter ce concept de *Virtual Supercomputer*. C'est donc quelque chose qui est au-dessus des systèmes d'exploitation.

Je pensais à PVM.

T. Priol :

Là, on rentre dans les détails pour spécialistes ! PVM est un exemple d'intergiciel mais qui date d'il y a déjà longtemps et qui est de moins en moins utilisé. Il s'agissait de construire une sorte de calculateur parallèle à partir de machines dispersées, surtout sur un site - pas à l'échelle de l'Internet mais au sein, par exemple, d'un institut de recherche.

Je souhaiterais poursuivre sur cette question de protection de son ordinateur. Aujourd'hui, si l'on télécharge quelque chose sur les systèmes d'exploitation, ceux-ci ne savent pas se protéger. Mais ayant été un peu de la partie, il me semble que ce n'est un problème très difficile d'avoir un mode d'envoi de logiciel dans une machine : elle aura le processeur quand on le lui donne, la mémoire qu'on lui donne et le bout de fichier qu'on lui donne. Est-ce qu'il y a des efforts, par exemple sur Linux™, pour qu'on ait enfin la possibilité de charger quelque chose qui traite notre machine et qui ne puisse pas nous faire de mal ?

T. Priol :

Il y a de nombreuses activités de recherche autour de ce domaine. Je vais encore utiliser un terme anglo-saxon et je m'en excuse par avance, c'est ce qu'on appelle les techniques de *sandbox*, donc d'isolation. On va essayer d'avoir un mécanisme dans la machine qui isole les ressources. On sera donc capable d'exécuter quelque chose, mais ce quelque chose qui sera exécuté ne pourra pas accéder aux disques, à la mémoire, qui seront complètement protégés. On commence à savoir le faire. Un exemple typique sont les *applets* Java. Lorsque vous utilisez

un navigateur Internet et que vous chargez un petit programme Java, ce programme est isolé de vos ressources locales. C'est-à-dire que l'*applet*, normalement, ne peut pas accéder à votre disque dur ni à toute autre ressource, si ce n'est l'écran et le clavier.

A. Castiel :

Fabrizio Gagliardi, vous vous êtes donné une date butoir pour votre supergrille au CERN : 2007 ?

F. Gagliardi :

2007 est plutôt la date limite à laquelle il faudra que toute l'informatique soit en place parce que nous allons être inondés de données venant du nouvel accélérateur qui est en train d'être installé.

A. Castiel :

Ce sera le plus grand instrument scientifique au monde, du moins c'est ce qu'on dit.

F. Gagliardi :

En termes de volume, de dimensions géométriques, de données produites, je pense que oui - évidemment, je ne connais pas tous les instruments scientifiques du monde. Nous allons mener quatre expériences à partir de 2007, et chaque expérience va produire en moyenne un minimum d'un petabyte - 10^{15} bytes - par an. Pour visualiser, avec des CD normaux, cela équivaut à une pile d'une vingtaine de kilomètres de haut ! Il faut bien voir que chaque expérience, dans la phase d'analyse des données, va simuler le même montant de données avec des modèles mathématiques, ce qui multiplie chaque expérience par deux ; avec quatre expériences, cela fait huit. Je pense que cela représente plusieurs fois le contenu d'informations de la bibliothèque du Congrès des Etats-Unis ! Il faut que tout soit en place et c'est la raison pour laquelle nous avons déjà une grille très avancée parce qu'on a besoin de tout le calcul et surtout toute la gestion des données, qu'on pourra utiliser un peu partout dans le monde.

Pour vous situer ce qu'on veut faire dans ce projet : à la base, il y a toujours les réseaux et nous avons maintenant un réseau de la recherche, financé par tous les pays européens et la Communauté européenne, qui nous donne une interconnexion à très haut débit et qui connecte tous les instituts de recherche un peu partout dans le monde et surtout en Europe. Là-dessus, ce qu'on est en train de construire, c'est cette infrastructure du Grid qui va permettre ensuite de créer ces collaborations virtuelles, dans notre cas surtout des physiciens.

Le projet EGEE est en train de déployer une grille particulière pour la physique des particules pour faire face à cette avalanche de données dont j'ai parlé, qui s'appelle LCG - *L* pour l'initiale du nom de la nouvelle machine, LHC ; *C* pour computing ; *G* pour Grid. Nous avons commencé le 1^{er} avril 2004 et nous avons déjà plus de quarante sites dans le monde. Il y a à peu près toute l'Europe, mais aussi le Japon, Taiwan et d'autres pays. Nous en sommes presque à 10 000 différentes unités de calcul, pour la plupart des machines LinuxTM et vous voyez déjà le volume de données que nous avons en ligne. Ces chiffres sont intéressants car je pense qu'on commence à parler de grille de supercalcul lorsqu'on a des chiffres de cet ordre. Si vous pouvez faire tous vos calculs avec un *cluster* LinuxTM, c'est-à-dire une grappe d'ordinateurs que vous pouvez installer dans la cave de votre centre scientifique, finalement, tous ces intergiciels qui sont compliqués à développer, à installer et à maintenir, vous pouvez vous en passer.

Google, par exemple, tourne avec des grappes d'ordinateurs à un niveau de 100 000 unités¹, chez eux. Notre idée est d'arriver, à la fin de l'année prochaine, à 20 000, et là, on en arrive à des chiffres et des dimensions tels qu'on ne peut pas s'en sortir sans la grille. Voilà où nous en sommes mais nous devons aller encore plus loin.

A. Castiel :

Nous allons nous arrêter là. Nous avons compris que nous sommes actuellement devant l'un des plus grands défis depuis l'Internet - puisque cela risque de remplacer à terme l'Internet. Merci à tous.

¹ Source : <http://blog.topix.net/archives/000016.html>.