



ACI GRID ASP

Approche clients-serveurs pour la simulation sur la grille

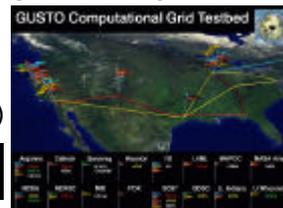
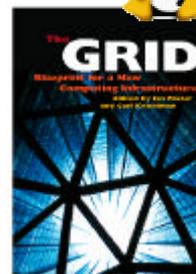
Frédéric Desprez
LIP ENS Lyon
Projet ReMaP



Séminaire CIMENT – 16/05/02

INTRODUCTION

- Le futur du calcul parallèle : **distribué** et **hétérogène**
- Metacomputing/Grid Computing = *Utiliser des ensembles distribués de plates-formes hétérogènes*
- Le *Network Computing* aujourd'hui !
 - Grappes de machines SMP avec des processeurs rapides, des réseaux rapides (et peu coûteux), des logiciels (pratiquement) matures
- De nombreux projets (trop?)
- **Cible:** plusieurs applications dans de nombreux domaines (pas uniquement que des applications numériques ou *embarrassingly parallel*)
- **Quelques problèmes importants:**
 - algorithmiques (distribution des données, équilibrage des charges, algorithmes tolérants à la latence, ...)
 - systèmes (administration, tolérance aux pannes, sécurité, localisation de ressources, ...)
 - logiciels (interopérabilité, réutilisation de code, ...)



→ [Grid forum](#)



Séminaire CIMENT – 16/05/02

INTRODUCTION, suite

Une idée à long terme pour le Metacomputing: louer de la puissance de calcul et de la capacité mémoire à travers l'Internet

☺ Très grand potentiel

- Nécessité d'avoir des PSEs (*Problem Solving Environments*) et des ASP (*Application Service Provider*)
- Les applications ont toujours besoin de plus de puissance de calcul et de capacité mémoire
- Certaines bibliothèques ou codes propriétaires doivent rester sur place
- Des données confidentielles ne doivent pas circuler sur le réseau
- Utilisation de serveurs de calculs accessibles à travers une interface simple

⊗ Toujours difficiles à utiliser pour les non-spécialistes

- ⊗ Pratiquement pas de transparence
- ⊗ Les problèmes de sécurité et d'accounting ne sont généralement pas traités

⊗ Souvent des PSEs dépendants d'une application

⊗ Pas de standards (CORBA, JAVA/JINI, sockets, ...) pour construire les serveurs de calcul

Séminaire CIMENT – 16/05/02

RPC et *grid-computing* : GridRPC

• Une idée simple

- Implémenter le modèle de programmation RPC sur la grille
- Utiliser des ressources de calcul à travers le réseau
- Applications nécessitant de grosses puissances de calcul et/ou de gros stockages de données
- Modèle de programmation à parallélisme de tâches (appels synchrones et asynchrones) + parallélisme de données sur les serveurs, parallélisme mixte

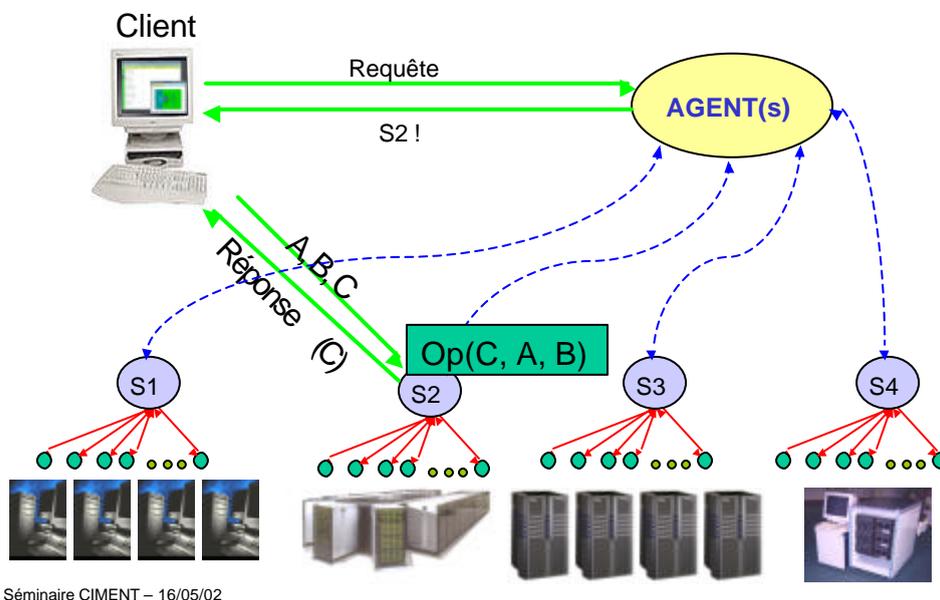
• Fonctionnalités nécessaires

- Équilibrage des charges (localisation de ressources et évaluation de performances, ordonnancement),
- IDL,
- distribution et migration de données,
- sécurité,
- tolérance aux pannes,
- interopérabilité avec d'autres systèmes, ...

Séminaire CIMENT – 16/05/02



Big picture



RPC et *grid-computing* : GridRPC, suite

Cinq composants fondamentaux :

- **Client**
Fournit plusieurs interfaces utilisateur et soumet les requêtes aux serveurs
- **Serveur**
Reçoit les requêtes des clients et exécute les modules logiciels pour eux
- **Base-de-données**
Contient des données statiques et dynamiques sur les ressources logicielles et matérielles
- **Ordonnanceur**
Intercepte les requêtes des clients et prend des décisions pour placer les tâches sur les serveurs en fonction des données stockées dans la base-de-données
- **Moniteur**
Observe dynamiquement le statut des ressources de calcul et stocke les informations récupérées dans la base-de-données

Séminaire CIMENT - 16/05/02

RPC et *grid-computing* : GridRPC, suite

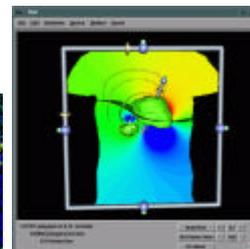
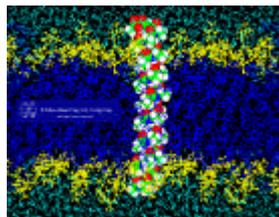
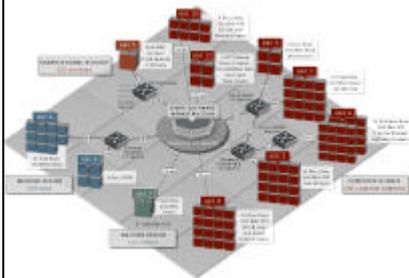
- Grain adaptable (de la minute à la semaine)
- API RPC simple
- Bibliothèques et applications intégrées dans des composants *grille*
- IDL pour l'interface client, informations minimales

```
double A[n][n],B[n][n],C[n][n];      /* Decl. des données */
dmmul(n,A,B,C);                    /* Appel fonction locale */
↓
GRPC_call("dmmul",n,A,B,C);        /* Appel fonction serveur */
```

Séminaire CIMENT – 16/05/02

RPC et *grid-computing* : GridRPC, suite

- Middleware entre les portails et les composants GRID
- Outils de base pour le déploiement d'environnements à plus grande échelle (portails Web, *Problem Solving Environments*, Grid Toolkits, ...)
- Succès sur plusieurs applications
- Discussion dans le Working Group APM (*Advanced Programming Models*) du Global Grid Forum



SCIRun torso
defibrillator application –
Chris Johnson, U. of Utah

Séminaire CIMENT – 16/05/02

RPC et *grid-computing* : GridRPC. Problèmes reliés

- **Sécurité**
 - Comptes et accès utilisateurs
 - Transferts de données
- **Tolérance aux pannes**
 - Serveurs ou agents
- **Intéropérabilité**
 - Description de problèmes
 - Redistributions de données entre les serveurs
- **Check-pointing**
 - E/S parallèles rapides
 - Garbage collection
- **Scalabilité**
 - Hiérarchie de serveurs/d'agents
- **Aide à la décision/PSE**
 - Choix automatique des méthodes
- **Localisation de ressource**
 - Matérielles et logicielles
- **Ordonancement**
 - Ordonancement on-line
 - d'ordonnements off-line
- **Partage de serveurs entre des utilisateurs**
 - Problèmes de sécurité
 - Lock/unlock, consistance de données, race conditions
- **Evaluation de performances**
 - Hétérogénéité
 - Systèmes batch
- **Visualisation de données**
 - Problèmes de scalabilité
- **Dynamicité de la plate-forme**
 - Localisation des ressources
 - Placement des agents/serveurs

Séminaire CIMENT – 16/05/02

RPC et *grid-computing* : GridRPC, suite

- **Quelques outils existants**
 - **NetSolve** (University of Tennessee, USA)
 - Calcul numérique
 - **Ninf** (Electrotechnical Lab, Umezono, Japon)
 - Calcul numérique
 - **DIET** (ReMaP, ARES, LIFC)
 - Basé sur CORBA, ASP
 - **NEOS, Meta-NEOS** (Argonne National Lab., USA)
 - Problèmes d'optimisation combinatoire
 - **RCS** (ETH Zürich)
 - Serveurs ScaLAPACK
 - **NIMROD, NIMROD-G** (Monash University, Australie)
 - Au dessus de Globus



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Partenaires

- **ReMaP – LIP ENS Lyon**
F. Desprez, E. Fleury, E. Caron, P. Combes, M. Quinson, F. Suter
- **Résédas – LORIA**
Y. Caniou, E. Jeannot
- **SDRP – LIFC**
J.-M. Nicod, L. Philippe, S. Contassot, F. Lombard
- **Physique Lyon 1, Physique ENS Lyon, MAPLI**
J.-L. Barrat, V. Volpert
- **LST – ENS Lyon**
G. Vidal
- **SRMSC Nancy**
G. Monard
- **IRCOM**
R. Quéré, R. Sommet

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Vue générale du projet

- Projet **pluridisciplinaire**
- Louer de la puissance de calcul et de la capacité mémoire à travers le réseau
- Quatre applications retenues avec des besoins et des comportements différents
- Développer une boîte à outils pour la mise en place de serveurs d'applications
- Etudier l'impact de ces applications sur notre environnement et l'adapter à ces nouvelles exigences
- Un réseau cible hautement hiérarchique et hétérogène (VTHD + réseaux des laboratoires impliqués)
- Une architecture logicielle développée dans le cadre d'un projet RNTL (GASP)

Séminaire CIMENT – 16/05/02

VTHD



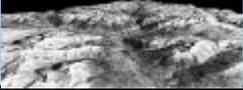
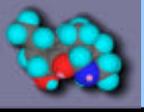
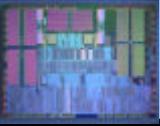
- **Réseau rapide** entre les URs INRIA (2.5 Gb/s) et plusieurs autres centres de recherche
- Connecter plusieurs grappes de PCs, SGI O2K, et des salles de réalité virtuelle
- Plate-forme de test pour nos développements
- Projet RNRT
- **Plusieurs projets de metacomputing**
 - objets CORBA parallèles,
 - environnements de metacomputing et couches de communication multi-protocoles,
 - serveurs de calculs,
 - Couplage de codes, réalité virtuelle, ...



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Les applications cibles

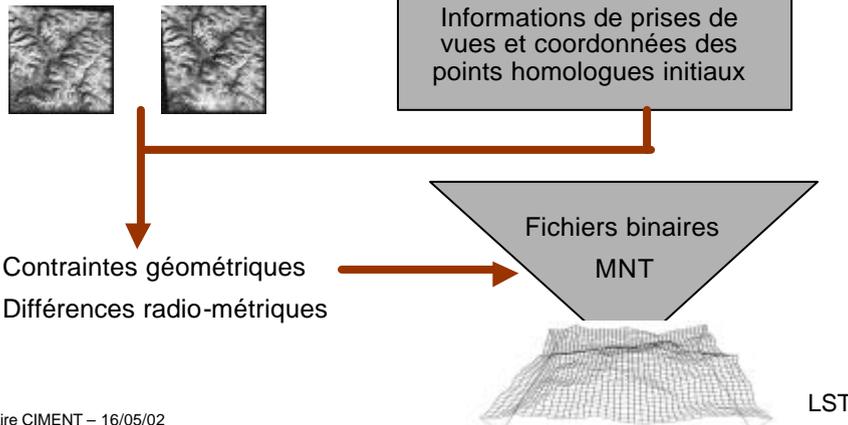
- Chercheurs de quatre disciplines différentes (chimie, physique, électronique, géologie)
- Quatre applications aux besoins et aux modes de fonctionnement différents

<p>Modèles Numériques de Terrain</p> 	<p>Dynamique Moléculaire</p> 
<p>HSEP</p> 	<p>Simulation de Circuits</p> 

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Modèles numériques de terrain

- Traitement stéréoscopique :
 - Correspondance maximum entre les points de deux images.
 - Calcul des altitudes.



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Dynamique moléculaire

- Simulation des trajectoires des atomes pour une interaction moléculaire donnée
 - Accès à l'hydrodynamique (champs de vitesse, température, etc.)
 - Accès aux propriétés mécaniques de solides à l'échelle micro. :
- Pour des interactions à courte portée :
 - Partitionnement en domaine. \Rightarrow Bonne parallélisation.
- Résolution d'équations différentielles :

$$\frac{d^2 x_k}{dt^2} = F_k \{ (x_j) \} \quad k = 1 \dots 10^6$$

- Traces disque (trajectoires) exploitées postmortem
- Codes publics et privés

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Physique Lyon 1, Physique ENS Lyon, MAPLI

Simulation de circuits électroniques

- Couplage direct entre les **équations physiques** décrivant le fonctionnement d'un Transistor Bipolaire à Hétérojonction et un **simulateur de circuit** pour la conception couplée circuit/composants micro-ondes
- Couplage entre
 - o Simulateur physique de TBH
 - o Simulateur de circuit
 - o Modèle "réduit" thermique obtenu par simulation 3D⇒ Réalisation d'un simulateur intégré
- Outil global d'analyse, prédictif et orienté "process"
(optimisation conjointe du circuit et du composant pour une application donnée : ampli, mélangeur ...)

Séminaire CIMENT – 16/05/02

IRCOM

Nécessités en terme de ressources de calcul

Simulateur physique de composant : pour **chaque instant** de simulation, résolution d'un système d'équations non linéaires d'environ **1000 équations** (pour 1 transistor)

Simulateur de circuit : rassemble l'ensemble des équations résultants des lois de Kirchoff pour les autres éléments du circuit (R, C ,L ...) + les équations provenant du simulateur physique pour chaque transistor du circuit et ceci pour **chaque échantillon** composant la période du signal à étudier (environ 32 échantillons)

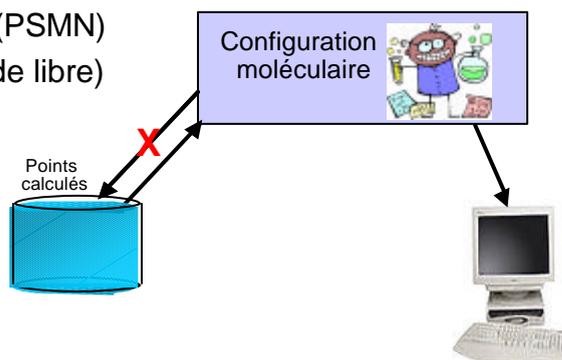
=> système creux de **32000** pour un circuit simple à un seul transistor et plusieurs itérations (non linéaire)

Séminaire CIMENT – 16/05/02

IRCOM

HSEP – SRSMC Nancy

- Calculs distribués de points d'une surface en Chimie Quantique
- HSEP : Hyper Surface d'énergie Potentielle
- Logiciels existants :
 - Gaussian (PSMN)
 - QC++ (code libre)



Séminaire CIMENT – 16/05/02

SRSMC

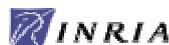
DIET (Distributed Interactive Engineering Toolbox)



- **Notre idée:** développer une boîte-à-outils pour le déploiement d'environnements de type ASP avec des applications de différentes natures
- Utiliser le plus possible des logiciels « standards » et du domaine public
- Obtenir un environnement **performant** et **scalable**
- Implémenter nos résultats plus théoriques dans cet environnement (ordonnancement, (re)distribution des données, évaluation de performance, algorithmique)
- Utilisation de CORBA, LDAP et de nos développements (SLiM et FAST)
- Applications diverses (calcul, compilation, ...)
- ReMaP, ARES, Résédas, LIFC, Sun Labs (RNTL GASP)

<http://www.ens-lyon.fr/~desprez/DIET/>

Séminaire CIMENT – 16/05/02



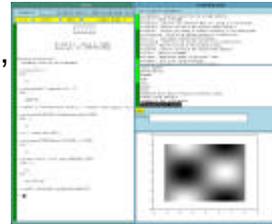
Historique



- **1998-2000: ARC INRIA OURAGAN**

Outils pour la résolution de problèmes numériques de grandes tailles

- Parallélisation du logiciel Scilab (PVM, MPI, PBLAS, BLACS, ScaLAPACK, Pastix, NetSolve)
- Utilisation de Scilab face à des serveurs de routines de calcul (séquentielle ou parallèle)
- Optimisation de Netsolve (persistance des données, développement d'un environnement de prédiction des temps de calcul et de communication)
- Découverte de problèmes (performances, scalabilité, interopérabilité des logiciels, manque de standardisation)
- ReMaP, Métalau, Résédas, LIFC, LaBRI



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Notre première vue des serveurs de calcul



- **Idées**

- Scilab comme une première application cible
- Pour simplifier l'utilisation de nouvelles bibliothèques (bibliothèques pour les problèmes manipulant des matrices creuses)
- Pour bénéficier des développements actuels autour du metacomputing
- Développer un toolkit pour les serveurs de calcul

- **Premier prototype développé à partir de logiciels existants**

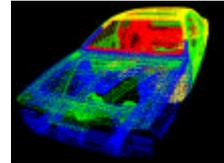
- NetSolve (Université du Tennessee)
- NWS (UCSD et UTK) pour l'évaluation dynamique de performances
- Nos développements sur les bibliothèques (routines de redistribution, solveurs creux, routines pour l'out-of-core)
- LDAP pour la base de donnée logicielle et CORBA pour la gestion des serveurs

Séminaire CIMENT – 16/05/02

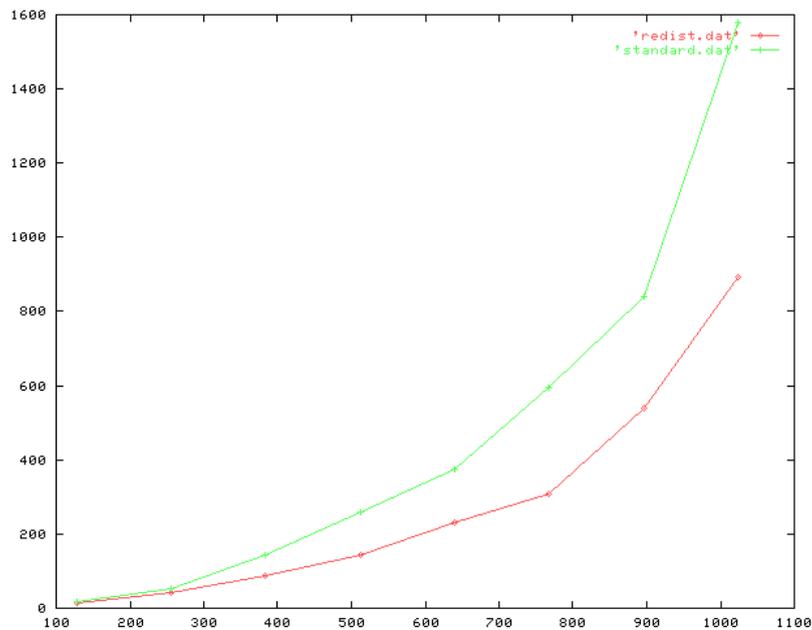
Nos premiers buts



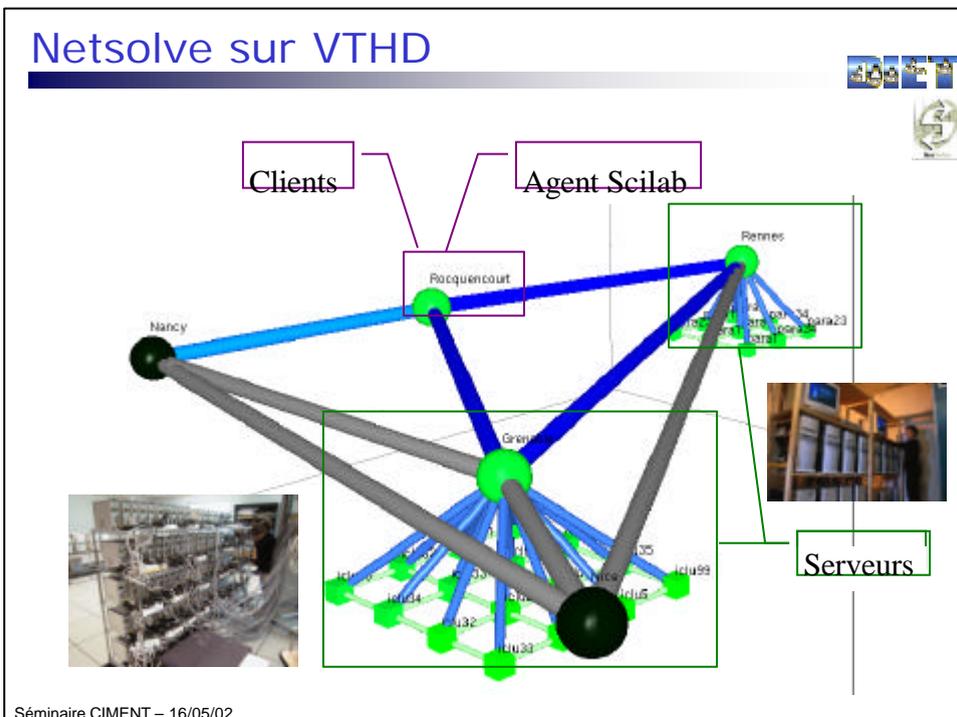
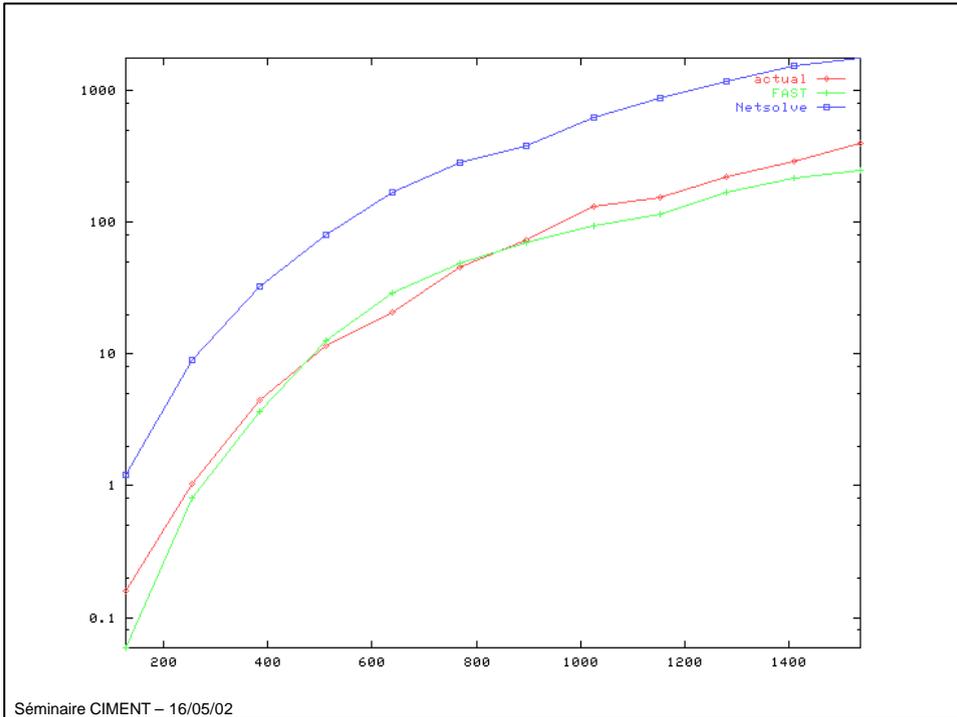
- Ajouter des fonctionnalités à Netsolve pour notre application
 - Persistance des données sur les serveurs
 - Redistribution et parallélisme entre les serveurs
 - Meilleure évaluation des paires [routine, machine] pour les calculs à grain fin
 - Amélioration de l'ordonnanceur (tester des heuristiques d'ordonnancement on-line)
 - Base de donnée portable des bibliothèques disponibles (LDAP)
- Avoir une plate-forme d'expérimentation pour nos développements
 - Approche à parallélisme mixte (parallélisme de données et parallélisme de tâches)
 - Heuristiques d'ordonnancement pour les tâches data-parallèles
 - Algorithmes parallèles sur des plates-formes hétérogènes
 - Evaluation de performances
 - Gestion des serveurs avec CORBA
 - Visualisation interactive de données distribuées



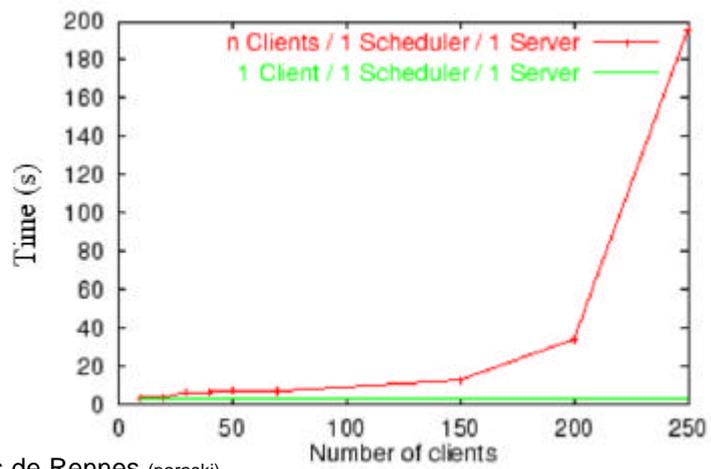
Séminaire CIMENT – 16/05/02



Séminaire CIMENT – 16/05/02



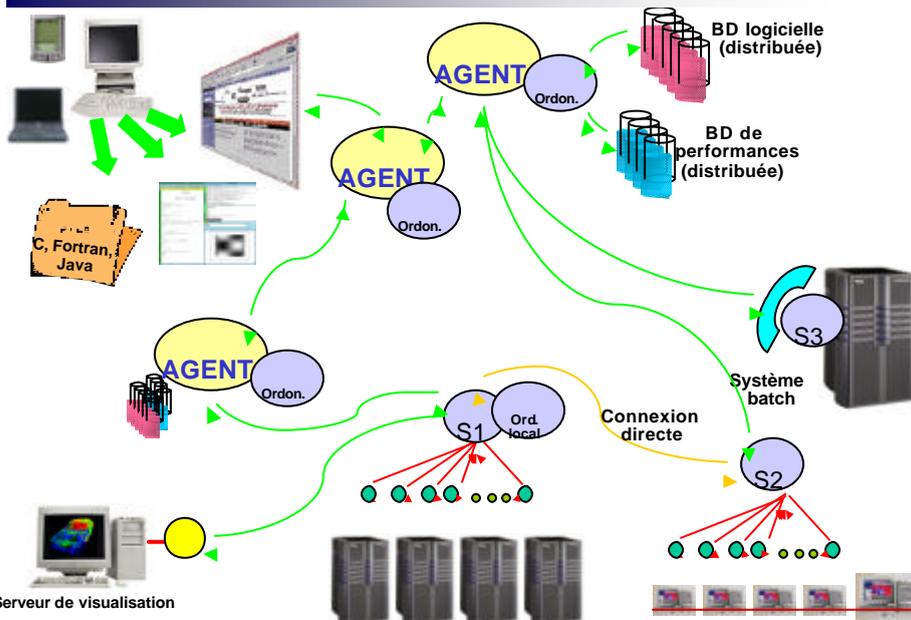
Comportement de NetSolve



- Réseau : VTHD
- Clients : Grappes de Rennes (paraski)
- Scheduler : Agent NetSolve (Rocquencourt)
- Serveur : paraski26 (paraski)

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Big picture II (Distributed Interactive Engineering Toolbox)

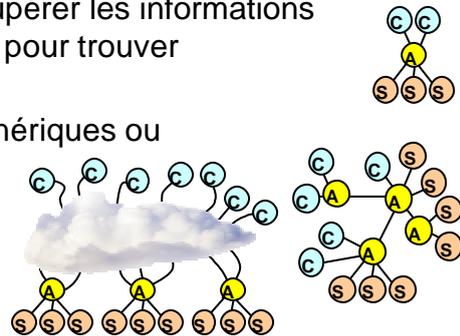


Séminaire CIMENT – 16/05/02

AGENT(s) DIET

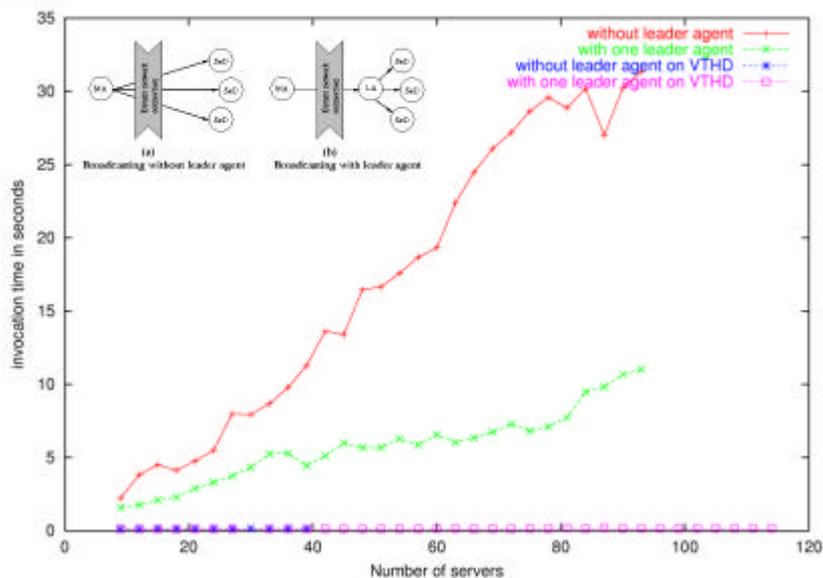


- Ensemble distribué d'agents pour une meilleure scalabilité
- Etude de plusieurs connexions entre les agents (hiérarchique, distribuée, agents dupliqués, ...) et du placement des agents
- Parcours d'arbres avec informations réparties dans les nœuds pour l'approche hiérarchique
- Connexion à FAST pour récupérer les informations sur les ressources et à SLIM pour trouver les applications utiles
- Différents ordonnanceurs génériques ou dépendants des applications
- Corba, JXTA



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Evaluation de l'invocation du serveur DIET



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Evaluation de performance

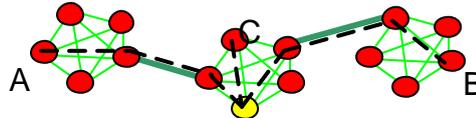
- Evaluation de performances de la plate-forme GRID-RPC
- Trouver un (ou plusieurs) serveur(s) efficace(s) (coûts de calcul de la fonction demandée, charge du serveur, coûts de communication entre le client et le serveur, capacité mémoire, etc.)
 - base de données de performances pour l'ordonnanceur
- Difficile de modéliser/comprendre des réseaux comme Internet ou VTHD
- Temps de réaction court essentiel
- Etre capable de modéliser les applications (pbs des applications qui dépendent des données en entrée)
- Accounting

Séminaire CIMENT – 16/05/02

FAST: *Fast Agent's System Timer*

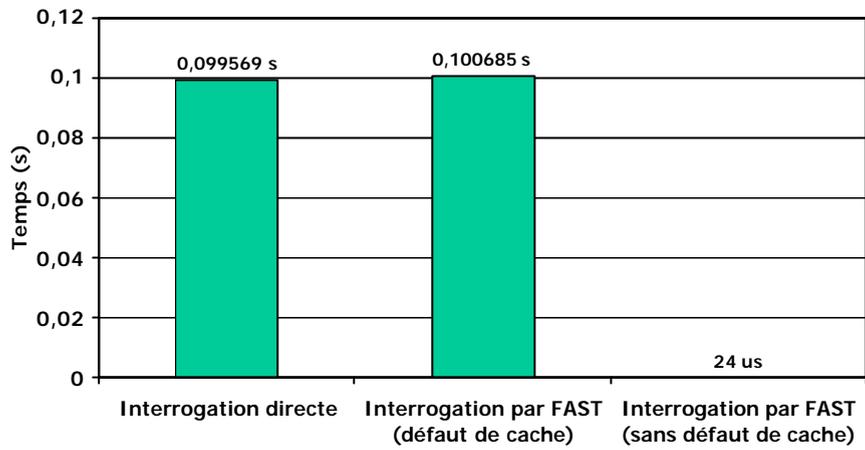


- Basé sur NWS (*Network Weather Service*)
- **Performances de calcul**
 - charge, capacité mémoire et performances des queues de batch (dynamique)
 - Tests exhaustifs des bibliothèques disponibles (statique)
- **Performances de communication**
 - Etre capable de trouver le coût des redistributions de données entre deux serveurs en fonction de l'architecture réseau et des informations dynamiques
 - Bande-passante et latence (hiérarchique)
- **Ensemble hiérarchique d'agents**
 - Problèmes de scalabilité



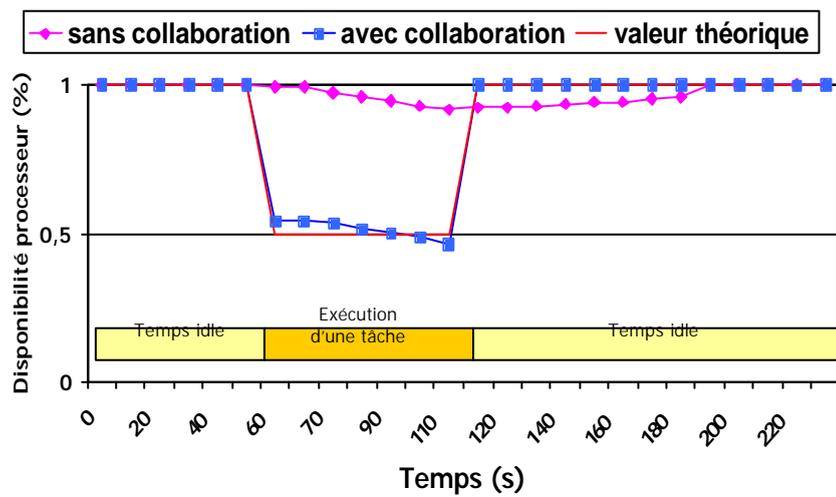
Séminaire CIMENT – 16/05/02

Améliorations de NWS - temps de réponse



Séminaire CIMENT – 16/05/02

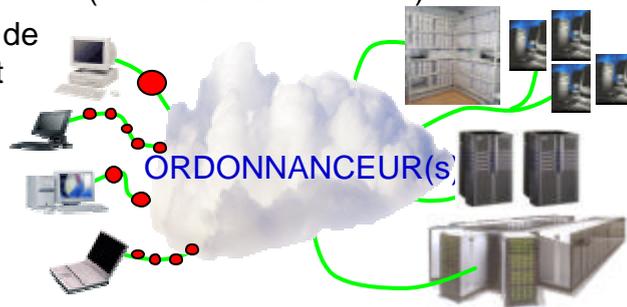
Améliorations de NWS - collaboration avec l'ordonnanceur



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Ordonnancement

- *Shortest Execution Time First*
- Autres algorithmes possibles (modèle économique, dead-line scheduling, pb classique de l'ordonnancement *on-line*)
- *Request sequencing*
- Mono-agent pour Ninf et Netsolve
- Multi-agents pour DIET (ordonnancement local)
- Modéliser le coût de l'ordonnancement lui-même



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Sécurité

- **Indispensable !**
 - Sécurité des communications,
 - authentification des clients pour les serveurs
 - Authentification des serveurs pour les clients
 - Partage de serveurs entre plusieurs clients (couplage d'applications)
 - Délégation d'autorité
- **Netsolve**
 - Utilisation de Kerberos V5
 - Uniquement génération de listes de contrôles d'accès
- **Ninf, DIET**
 - Authentification basée sur SSL (style GSI)
 - **NAA** (NES Authentication Authorization module)

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Travaux à court terme

- **Sécurité**
 - Comptes et accès utilisateurs
 - Transferts de données
- **Tolérance aux pannes**
 - Serveurs ou agents
- **Intéropérabilité**
 - Description de problèmes
 - Redistributions de données entre les serveurs
- **Check-pointing**
 - E/S parallèles rapides
 - Garbage collection
- **Scalabilité**
 - Hiérarchie de serveurs/d'agents
- **Aide à la décision/PSE**
 - Choix automatique des méthodes
- **Localisation de ressources**
 - Matérielles et logicielles
- **Ordonnancement**
 - Ordonnancement on-line
 - Ordonnancements off-line
- **Partage de serveurs entre des utilisateurs**
 - Problèmes de sécurité
 - Lock/unlock, consistance de données, race conditions
- **Evaluation de performances**
 - Hétérogénéité
 - Systèmes batch
- **Visualisation de données**
 - Problèmes de scalabilité
- **Dynamisme de la plate-forme**
 - Localisation des ressources
 - Placement des agents/serveurs

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Applications en mode ASP

- ▶ • Examiner le protocole d'utilisation des applications cibles
- ▶ • Valider les versions parallèles des codes sur les serveurs
- ▶ • Développer les « glues » client et serveurs et/ou adapter DIET
- ▶ • Valider avec les chercheurs non-spécialistes
- ▶ • Avoir un retour sur DIET



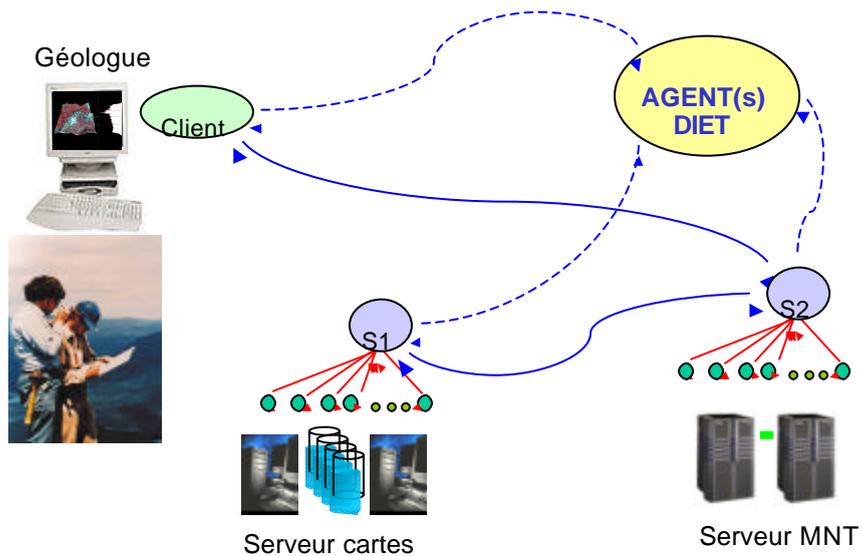
Séminaire CIMENT – 16/05/02

Modèles numériques de terrain

- Besoins spécifiques à l'application :
 - Consommation mémoire importante
 - Volume de données important (36Mo / images)
 - Visualisation.
- Approche ASP :
 - Puissance de calcul :
 - Traitement d'images de très hautes résolutions
Ex : Images Satellite SPOT < 5m
 - Réduction du temps de traitement des images
Ex : Séisme.

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Big picture



Séminaire CIMENT – 16/05/02

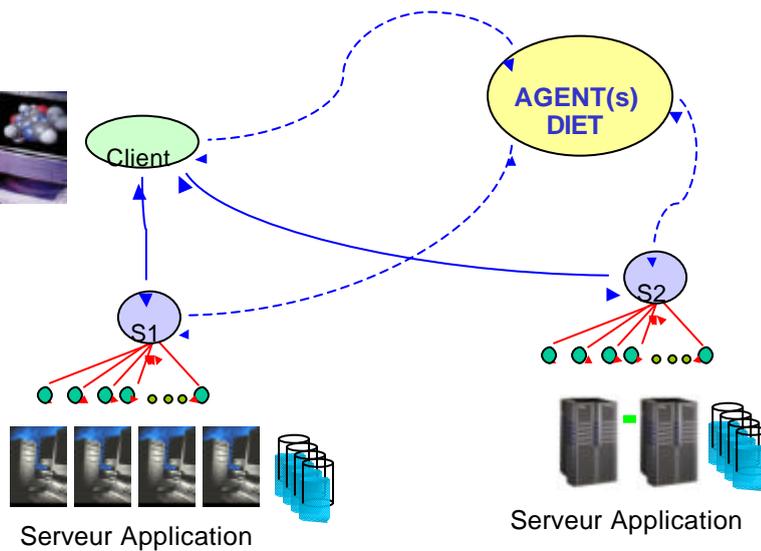
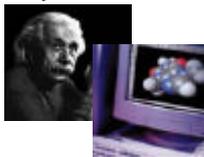
Dynamique moléculaire

- Besoins spécifiques à l'application :
 - Plus grande précision
 - Domaine de partitionnement plus important
 - Traces disques
- Approche ASP :
 - Puissance de calcul
 - Mécanisme de checkpointing sur la grille.

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Big picture

Physicien



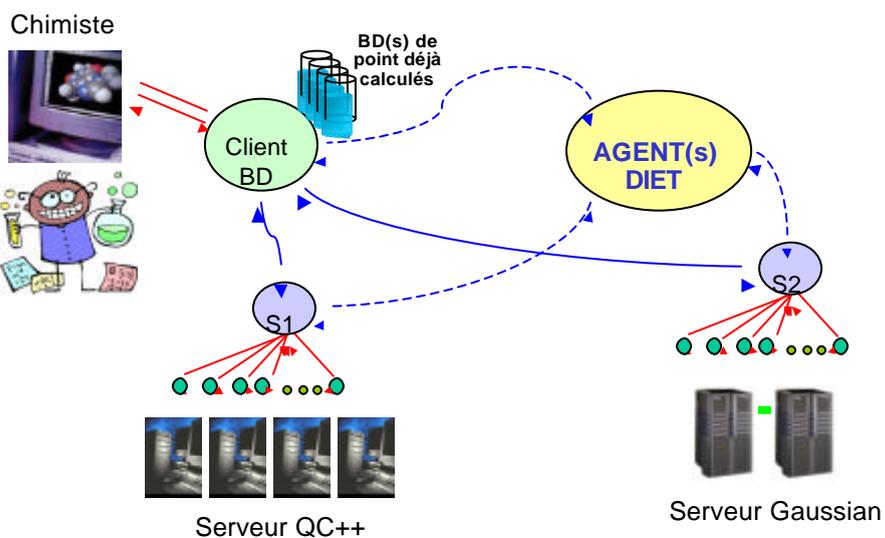
Séminaire CIMENT – 16/05/02

HSEP

- Besoins spécifiques à l'application :
 - Utilisation d'une BDR (MySQL) stockant l'ensemble des calculs à faire ou déjà effectués
 - Interface Web (http+PHP) faisant la liaison entre la BDR et DIET et/ou le client
 - Filtrage des résultats par des scripts Python
 - $O(N^4)$
- Approche ASP :
 - Client DIET BD
 - Sécurité
 - Parallélisme à "gros grain"

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Big picture



Séminaire CIMENT – 16/05/02

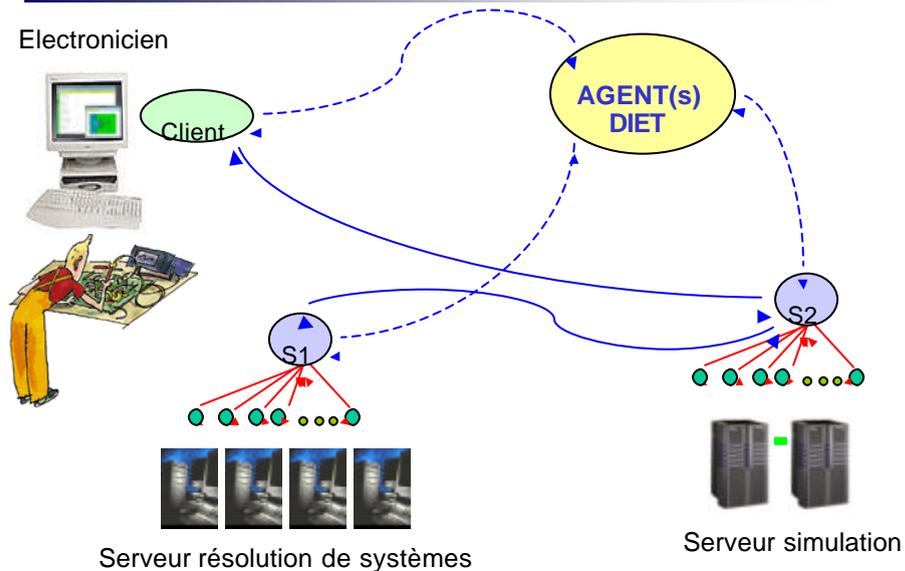
Simulation de circuits électroniques

- Dimensions importantes des systèmes à résoudre
 - ⇒ client à la recherche d'un « solveur creux » rapide et efficace
- Sources des simulateurs « confidentiels »
 - ⇒ serveur dédié simulation physique accessible grâce à DIET qui renvoie la partie de la matrice jacobienne permettant la construction du grand système à résoudre

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Big picture

Electronicien



Séminaire CIMENT – 16/05/02

Relations avec d'autres projets

- **RNTL GASP**
 - Projet labellisé en 2001
 - Développement de l'architecture logicielle de DIET
 - Collaboration avec Sun Labs
- **RNRT VTHD et VTHD++**
 - Portage de Scilab// puis de DIET sur le réseau VTHD
 - Etude des problèmes réseaux liés à ce déploiement (QoS, sécurité, performances de la hiérarchie)
- **NSF-INRIA** avec Résédas et l'ICL Lab. de J. Dongarra
 - Optimisation de Netsolve
 - Développement de bibliothèques « grid-aware »
 - Développement des futures bibliothèques de logiciels

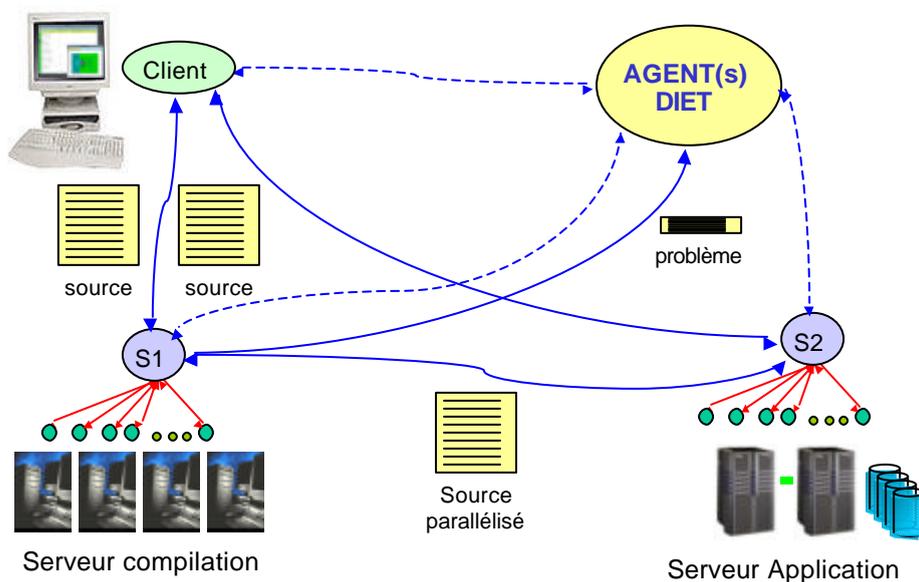
Séminaire CIMENT – 16/05/02

Relations avec d'autres ACI Grid, ...

- **GRID2**
Participation aux groupes de travail, aux écoles, ...
- **Metacompil**
Serveurs de compilation
Utilisation de DIET possible
- **RMI**
Approche orientée objets
Utilisation possible comme couche basse de DIET
- **GP2P**
Calcul pair-à-pair
Nombreux recouvrements (ordonnancement, outils pour les serveurs, les clients, applications), connexion à DIET, intégration
- **ARGE** (partenaire)
Animation, mise en commun de ressources de calcul, Validation de DIET sur une large échelle
- Autres ACI GRID existantes ou proposées ?
- **Autres projets** (RNTL CASPER, ASPECT, CASP) ?

Séminaire CIMENT – 16/05/02

Relations avec Metacompil



Conclusions

- Approche valable pour de nombreuses applications
- Bonnes performances et très grande flexibilité
- Possibilité de la coupler avec d'autres systèmes pour une plus grande couverture (cf XtremWeb et ASP dans CASPER)
- Nécessité d'utiliser des standards et de ne pas réinventer la roue (factorisation des développements et des recherches) !
- Nombreux problèmes de recherche (ordonnancement, gestion des données, sécurité, découverte de ressources, déploiement, description de problèmes, tolérance aux pannes, aide à la décision, etc.)
- Liaisons évidentes avec les Web Services (mais attention aux performances)
- Clients légers et wireless ?



Séminaire CIMENT - 16/05/02

Conclusions et travaux futurs sur DIET



- Développement d'un ensemble d'outils portables pour bâtir des environnements de type ASP
- Multi-applications, multi plates-formes et multi-interfaces
- Réutiliser les développements effectués dans d'autres projets (NetSolve, Ninf, Paris, CGP2P ?)
- Focalisation sur des problèmes tels que la localisation de ressources, l'ordonnancement, le déploiement d'agents, l'algorithmique, l'analyse de performances
- Intégration de CORBA et Java
- Validations sur diverses « vraies » applications
- Portabilité
- Open-source
- RNTL GASP, ACI GRID ASP, RNRT VTHD++

Séminaire CIMENT – 16/05/02

<http://www.ens-lyon.fr/~desprez/DIET/>

Conclusions et perspectives, suite

- ACI Grid ASP est la validation de notre approche ASP développée dans le cadre du RNTL
- Découverte de problèmes inhérents aux applications choisies
- Essayer d'avoir des solutions génériques ... et performantes !
- Ouvrir la plate-forme à la communauté et en particulier au Pôle Scientifique de Modélisation Numérique
- Trouver de nouvelles applications ... pas forcément numériques
- Participer activement à GRID2 et suivre de près le Grid Forum
- Valider l'approche sur une ou plusieurs applications « industrielles »

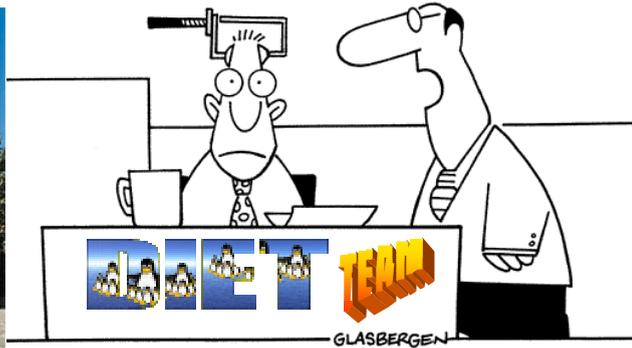
Séminaire CIMENT – 16/05/02

On embauche !



- Stages DESS, DEA, Ecoles d'ingénieurs
- Thèses
- Postdocs ou ingénieurs experts sur les projets RNTL GASP, ACI Grid GridASP ou RNRT VTHD++

© 2000 Randy Glasbergen. www.glasbergen.com



**"Stop whining — most people
do their best work under pressure!"**

Séminaire CIMENT – 16/05/02

DES QUESTIONS ?

Séminaire CIMENT – 16/05/02