

Les informaticiens aussi simulent ...

Frédéric Suter

IN2P3 Computing Center
Avalon, Inria, ENS Lyon

Journées Informatiques
de l'IN2P3-IRFU
13 octobre 2014

Plan

- On simule quoi en informatique ?

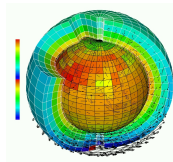
- Un chercheur au CC-IN2P3 ? Pourquoi et comment ?

C'est quoi la Science ?

Faire de la Science = Acquérir de la connaissance



$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_j} \right)$$



Science Expérimentale

- ▶ Il y a 2000 ans
- ▶ Basée sur l'observation
- ▶ Peut décrire ...
- ▶ ... mais pas prédire

Science Théorique

- ▶ Ces derniers siècles
- ▶ Basée sur les équations
- ▶ Peut comprendre
- ▶ Prédiction longue

Science Computationnelle

- ▶ Aujourd'hui
- ▶ Basée sur les calculs
- ▶ Peut **simuler**
- ▶ Prédiction plus simples

Prédire est très difficile, surtout le futur. – Niels Bohr

La Science est encore observationnelle

Télescope Spatial



Large Hadron Collider



Mars Explorer



Tsunamis



Tremblements de terre

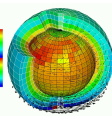
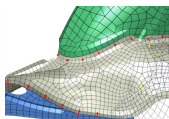
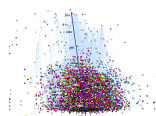
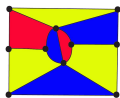
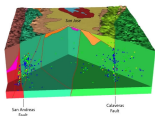
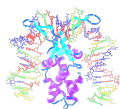


Climat vs. Ecosystèmes

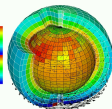
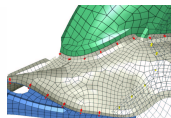
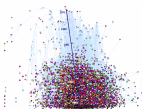
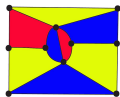
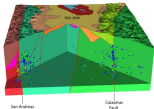
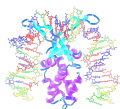


(Qui a dit que la science n'était pas fun ??)

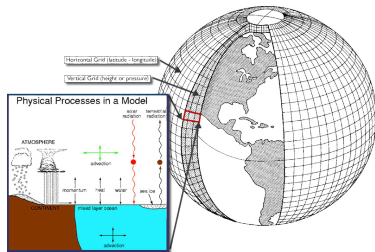
Science computationnelle = Modèles et Simulations



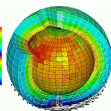
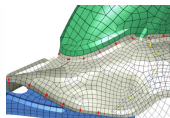
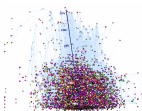
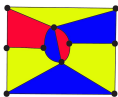
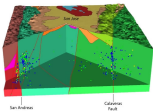
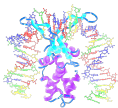
Science computationnelle = Modèles et Simulations



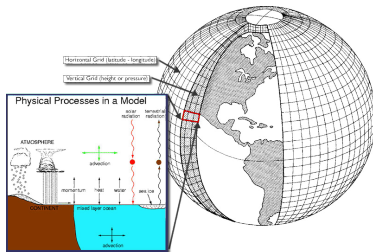
Comprendre le changement climatique



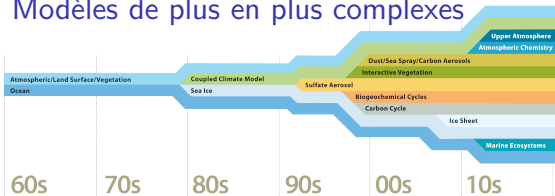
Science computationnelle = Modèles et Simulations



Comprendre le changement climatique



Modèles de plus en plus complexes



Nécessite de
GRANDS
Ordinateurs

Grands à quel point ?

Parallélisme massif

- ▶ Impossible de miniaturiser plus (limite atomique)
- ▶ Impossible d'augmenter la fréquence (énergie)
- ▶ **Solution** : Multiplier le nombre de cœurs !
- ▶ Tianhe-2, #1 du Top500 : 3 120 000 cœurs



Vers l'Exascale

- ▶ Systèmes développant 1 Exaflop par seconde en 2020
- ▶ 1 Exaflop = 10^{18} operations. Un million de millions de millions d'operations. . .
A vitesse humaine, cela demande 10 fois l'âge de l'Univers

Y'a pas que le HPC dans la vie

- ▶ **Google** dissipe 300MW en moyenne (150 000 maisons, $\frac{1}{3}$ de reacteur)
- ▶ **Botnets** : BredoLab contrôle environ 30 millions d'ordinateurs zombies
- ▶ **LHC** : ne pas oublier **LA Grille**
- ▶ Tous ces systèmes sont hétérogènes et dynamiques

Bon, mais comment on étudie ces bestiaux ?

Computational Science of Computer Systems

Domaine de recherche : **Méthodologies d'expérimentation**

- ▶ Estimer la performance et la correction de **grand systèmes informatiques**
- ▶ Meta-recherche sur la **production de résultats scientifiques sensés**
- ▶ Contribution : **SimGrid, un simulateur de grands systèmes informatiques**

Intitulé alternatif

Simulating Applications for **Research** in
Simulation Applications for Research

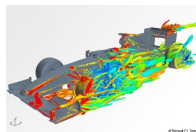
Point de vue épistémologique

- ▶ Considérer empiriquement les grands ordinateurs comme des **objets naturels**
- ▶ Ce sont des artifacts artificiels mais dont la complexité atteint des niveaux "naturels"
- ▶ D'autres sciences utilisent régulièrement des ordinateurs pour comprendre des systèmes complexes

Évaluer la performance d'applications distribuées

Étude de performance \rightsquigarrow Expérimentation

- ▶ **Maths** : Souvent insuffisant pour comprendre totalement ces systèmes

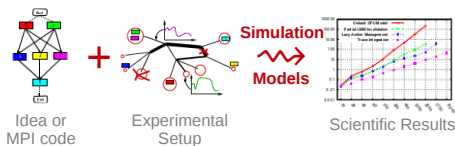


- ▶ **Expérimentation** : Vraies applications sur vraies machines *(in vivo)*
- ▶ **Émulation** : Vraies applications sur machines synthétiques *(in vitro)*
- ▶ **Simulation** : Prototypes d'applications sur modèles de machines *(in silico)*

Simuler des systèmes distribués

Simulation : plus court chemin de l'idée aux données

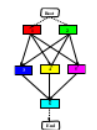
- ▶ Obtenir des résultats préliminaires avec une implémentation partielle
- ▶ Campagne expérimentale avec des milliers de runs en une semaine
- ▶ Testez votre idée, sans vous soucier des détails techniques (pour l'instant)



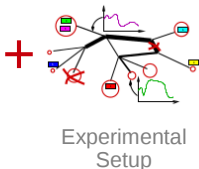
Simulation : plus court chemin pour l'étude de systèmes distribués

- ▶ Tout est vraiment centralisé : Triche sur certaines parties du protocole
- ▶ Pas de heisenbug : Le temps (simulé) ne change pas s'il y a plus de données
- ▶ Clairvoyance : On peut tout voir !
- ▶ Reproductibilité : Pas ou peu de variabilité
- ▶ *What-if?* : Peut-on supprimer/ajouter/upgrader un composant ?
- ▶ Écologique : Pas de gaspillage des ressources en production

Les défis de la simulation



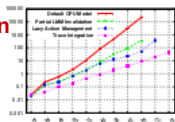
Idea or
MPI code



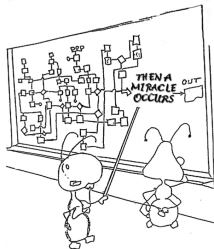
Experimental
Setup

Simulation

Models



Scientific Results



Pour les développeurs d'outils

- ▶ **Validité** : Obtenir des résultats réalistes (contrôle du biais expérimental)
- ▶ **Scalabilité** : *Fast enough* et *Big enough*
- ▶ **Reproductibilité** : runner, post-processing, cahiers de labo intégrés
- ▶ **Applicabilité** : Doit simuler ce qui importe à l'utilisateur

Composants principaux d'une simulation

- ▶ Une **observation** de l'application : une trace ou l'application même
- ▶ Des **modèles** de la machine : CPU, réseau, stockage ...
- ▶ Une **configuration** décrivant les paramètres de l'expérience

SimGrid : un simulateur versatile

Instrument scientifique

- ▶ **Versatile** : Grid, P2P, HPC, Cloud, Volunteer Computing et autres
- ▶ **Qualité** : Valide, scalable, utilisable, modulaire, portable
- ▶ **Communautaire** : 30 contributeurs, 5 outils contribués, LGPL

Objet scientifique

- ▶ Comparaison de modèles réseaux sur applications non-triviales
- ▶ Simulation haute performance de workloads réalistes
- ▶ Model checker et émulateur en cours d'intégration

Projet pérenne

- ▶ **Impact** : 120 publications (110 auteurs distincts, 5 continents), 4 thèses
- ▶ Démarré en 1999 à UCSD, désormais une collaboration internationale
- ▶ 7 partenaires, 20+ chercheurs (CNRS, Univ., Inria)
- ▶ Financé ($\approx 3\text{M€}$ ANR/Inria)

Plan

- On simule quoi en informatique ?
- Un chercheur au CC-IN2P3 ? Pourquoi et comment ?

Pourquoi un chercheur en info au CC-IN2P3 ?

- ▶ (R)établir les liens avec les chercheurs en informatique
 - ▶ Un peu “distants” depuis le projet Data-Grid
 - ▶ Des objectifs et des problèmes communs, mais ...
 - ▶ Des intérêts, des attentes, et des façons de travailler différents
 - ▶ La recherche n'est pas la production et *vice-versa*
 - ▶ A l'échelle locale, nationale, et internationale

Pourquoi un chercheur en info au CC-IN2P3 ?

- ▶ (R)établir les liens avec les chercheurs en informatique
 - ▶ Un peu “distants” depuis le projet Data-Grid
 - ▶ Des objectifs et des problèmes communs, mais ...
 - ▶ Des intérêts, des attentes, et des façons de travailler différents
 - ▶ La recherche n'est pas la production et *vice-versa*
 - ▶ A l'échelle locale, nationale, et internationale
- ▶ Interagir avec les autres équipes du CC-IN2P3
- ▶ Amener un point de vue différent au CC-IN2P3
- ▶ Initier ou participer à des réponses à appels à projets (ANR, ...)
- ▶ Promouvoir les activités du CC dans la communauté recherche

Pourquoi un chercheur en info au CC-IN2P3 ?

- ▶ (R)établir les liens avec les chercheurs en informatique
 - ▶ Un peu “distants” depuis le projet Data-Grid
 - ▶ Des objectifs et des problèmes communs, mais ...
 - ▶ Des intérêts, des attentes, et des façons de travailler différents
 - ▶ La recherche n'est pas la production et *vice-versa*
 - ▶ A l'échelle locale, nationale, et internationale
- ▶ Interagir avec les autres équipes du CC-IN2P3
- ▶ Amener un point de vue différent au CC-IN2P3
- ▶ Initier ou participer à des réponses à appels à projets (ANR, ...)
- ▶ Promouvoir les activités du CC dans la communauté recherche
 - ▶ A titre personnel
 - ▶ Faire de la “bonne” recherche (subjectivité incluse)

Vie d'un chercheur en info au CC-IN2P3

- ▶ Une USR n'est pas une UMR
 - ▶ Des docteurs, mais un seul chercheur ...
 - ▶ Des impératifs de production, pas de publication

Vie d'un chercheur en info au CC-IN2P3

- ▶ Une USR n'est pas une UMR
 - ▶ Des docteurs, mais un seul chercheur ...
 - ▶ Des impératifs de production, pas de publication
 - ▶ On se sent parfois un peu seul ... et différent

Vie d'un chercheur en info au CC-IN2P3

- ▶ Une USR n'est pas une UMR
 - ▶ Des docteurs, mais un seul chercheur ...
 - ▶ Des impératifs de production, pas de publication
 - ▶ On se sent parfois un peu seul ... et différent
- ▶ Comment vaincre la solitude ?
 - ▶ Profiter de la liberté totale offerte en contrepartie
 - ▶ Travailler à distance avec ses anciens collègues
 - ▶ Avoir beaucoup de discussions de couloir stimulantes

Vie d'un chercheur en info au CC-IN2P3

- ▶ Une USR n'est pas une UMR
 - ▶ Des docteurs, mais un seul chercheur ...
 - ▶ Des impératifs de production, pas de publication
 - ▶ On se sent parfois un peu seul ... et différent
- ▶ Comment vaincre la solitude ?
 - ▶ Profiter de la liberté totale offerte en contrepartie
 - ▶ Travailler à distance avec ses anciens collègues
 - ▶ Avoir beaucoup de discussions de couloir stimulantes
 - ▶ Mais peu de suite, hélas !
 - ▶ Production, production, production \rightsquigarrow peu de temps dispo

Vie d'un chercheur en info au CC-IN2P3

- ▶ Une USR n'est pas une UMR
 - ▶ Des docteurs, mais un seul chercheur ...
 - ▶ Des impératifs de production, pas de publication
 - ▶ On se sent parfois un peu seul ... et différent
- ▶ Comment vaincre la solitude ?
 - ▶ Profiter de la liberté totale offerte en contrepartie
 - ▶ Travailler à distance avec ses anciens collègues
 - ▶ Avoir beaucoup de discussions de couloir stimulantes
 - ▶ Mais peu de suite, hélas !
 - ▶ Production, production, production \leadsto peu de temps dispo
 - ▶ Rejoindre une équipe de recherche
 - ▶ Membre de l'équipe Inria Avalon depuis janvier 2012
 - ▶ Processus très compliqué ... pour les tutelles
 - ▶ Pour beaucoup, j'étais devenu phycisien

Petit bilan après six ans

- ▶ (R)établir les liens avec les chercheurs en informatique
 - ▶ Quelques succès locaux
 - ▶ Avalon
 - ▶ Sysfera \rightsquigarrow IRTBioaster
 - ▶ Creatis \rightsquigarrow ANR realsim
 - ▶ et nationaux
 - ▶ via France Grilles et Grid'5000
 - ▶ Contacts entre CC-IN2P3 et Genci
- ▶ Interagir avec les autres équipes du CC-IN2P3
 - ▶ Principalement des pointeurs vers travaux, personnes, outils, conférences, ...
 - ▶ Quelques tentatives de collaborations originales
 - ▶ Ingénieur bi-localisé : Recherche/Stockage
- ▶ Promouvoir les activités du CC-IN2P3
 - ▶ Participation active au stand du CC-IN2P3 à SuperComputing

Bilan à titre personnel

Réponse à des appels à projets

Type	Nom	Période	Financement	Postes
ANR	USS SimGrid	2009-2012	76.5 k€	7.75 p.m (IE+Post-doc)
ANR	SPADES	2009-2012	26.5 k€	-
PICS	DimSim	2009-2012	19 k€	-
IdG/Aladdin	SimGlite	2011	5 k€	-
ANR	MapReduce	2010-2014	(*)	36 p.m (Ph.D.)
ANR	SONGS	2012-2015	239.5 k€	34 p.m (IE+Post-doc ^(*))
ANR	MOEBUS	2013-2015	(*) k€	12 p.m (Post-doc ^(*))

(*) Dans l'équipe Avalon de l'ENS Lyon

- ▶ Autonomie financière totale depuis 6 ans

Recherche personnelle

- ▶ 5 journaux, 1 chapitre, 13 conférences internationales
- ▶ 1 thèse soutenue
- ▶ HDR le 10 décembre prochain
- ▶ PES since 2011

Comment faire plus ou mieux ?

- ▶ Tout n'est pas parfait après 6 ans
 - ▶ Beaucoup de choses peuvent être améliorées

Comment faire plus ou mieux ?

- ▶ Tout n'est pas parfait après 6 ans
 - ▶ Beaucoup de choses peuvent être améliorées
- ▶ Nouvelle approche : Arriver à mieux concilier
 - ▶ Mes intérêts de recherche
 - ▶ Simulation de systèmes et d'applications distribués
 - ▶ Ordonnancement
 - ▶ HPC
 - ▶ Intérêts de l'IN2P3
 - ▶ Du CC-IN2P3 si possible (mais c'est compliqué ...)
 - ▶ De certains de ces utilisateurs

Comment faire plus ou mieux ?

- ▶ Tout n'est pas parfait après 6 ans
 - ▶ Beaucoup de choses peuvent être améliorées
- ▶ Nouvelle approche : Arriver à mieux concilier
 - ▶ Mes intérêts de recherche
 - ▶ Simulation de systèmes et d'applications distribués
 - ▶ Ordonnancement
 - ▶ HPC
 - ▶ Intérêts de l'IN2P3
 - ▶ Du CC-IN2P3 si possible (mais c'est compliqué ...)
 - ▶ De certains de ces utilisateurs
- ▶ Aider à préparer l'arrivée des futures applications d'astro
 - ▶ Vers plus de HPC

Comment faire plus ou mieux ?

- ▶ Tout n'est pas parfait après 6 ans
 - ▶ Beaucoup de choses peuvent être améliorées
- ▶ Nouvelle approche : Arriver à mieux concilier
 - ▶ Mes intérêts de recherche
 - ▶ Simulation de systèmes et d'applications distribués
 - ▶ Ordonnancement
 - ▶ HPC
 - ▶ Intérêts de l'IN2P3
 - ▶ Du CC-IN2P3 si possible (mais c'est compliqué ...)
 - ▶ De certains de ces utilisateurs
- ▶ Aider à préparer l'arrivée des futures applications d'astro
 - ▶ Vers plus de HPC

Choisir les thématiques et recruter

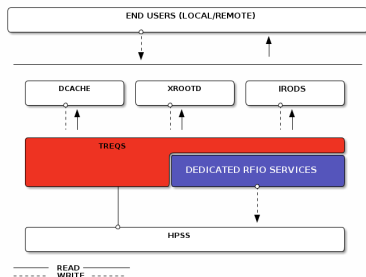
Exemple 1 : Simulation du stockage

Étape 0

- ▶ Définition, design et implémentation d'une API SimGrid pour le stockage
- ▶ Caractérisation et modélisation de différents types de disques

Roadmap

1. HPSS / RFIO
 - ▶ Clients ↔ Disques ↔ Bandes
2. DCache/XrootD/IRods ↔ HPSS / RFIO
3. TReqs ↔ HPSS / RFIO
4. Users ↔ DCache/XrootD ↔ TReqs ↔ HPSS / RFIO
 - ▶ Black box vs. Modèle hiérarchique



Recrutement d'un ingénieur sur ANR (puis stage PFE ingé?)

Exemple 2 : Orchestration pour SNFactory

Historique

- ▶ Contact initié par le LBNL via une équipe Inria à Berkeley
- ▶ Retour vers Avalon
- ▶ Continué par une collaboration locale CC-IN2P3/IPNL/LIP

Objectifs et méthode

- ▶ Optimiser l'exécution et améliorer la tolérance aux fautes
- ▶ Methode
 - ▶ Déconstruire les *plans* en opérations élémentaires
 - ▶ Exprimer le workflow dans un format standard (format DAX)
 - ▶ Exécuter avec un moteur de workflow (Pegasus)
 - ▶ Etudier des stratégies d'ordonnancement
 - ▶ Validation par simulation et expériences réelles

Ingénieur au LIP puis stage M2R (puis projet formel ?)

Conclusion

Faut-il développer la recherche au CC-IN2P3?

Conclusion

Faut-il développer la recherche au CC-IN2P3?

- ▶ Pour l'instant c'est gratuit!
 - ▶ Contribue même un peu au budget global et aux embauches

Conclusion

Faut-il développer la recherche au CC-IN2P3?

- ▶ Pour l'instant c'est gratuit !
 - ▶ Contribue même un peu au budget global et aux embauches
- ▶ Le financement par projet de recherche est un bon moyen
 - ▶ D'avoir plus de manpower
 - ▶ D'augmenter la visibilité du CC-IN2P3
 - ▶ De développer des collaborations
 - ▶ Avec la recherche et l'industrie
 - ▶ **Condition** : Être cohérent avec (ou recouvrir) les activités régulières
 - ▶ **Condition** : Savoir dégager du temps pour cela
- ▶ Stagiaires et post-docs sont aussi des ressources utiles
 - ▶ **Condition** : Sur des projets ciblés et en cohérence

Conclusion

Faut-il développer la recherche au CC-IN2P3?

- ▶ Pour l'instant c'est gratuit !
 - ▶ Contribue même un peu au budget global et aux embauches
- ▶ Le financement par projet de recherche est un bon moyen
 - ▶ D'avoir plus de manpower
 - ▶ D'augmenter la visibilité du CC-IN2P3
 - ▶ De développer des collaborations
 - ▶ Avec la recherche et l'industrie
 - ▶ **Condition** : Être cohérent avec (ou recouvrir) les activités régulières
 - ▶ **Condition** : Savoir dégager du temps pour cela
- ▶ Stagiaires et post-docs sont aussi des ressources utiles
 - ▶ **Condition** : Sur des projets ciblés et en cohérence
- ▶ Être proactif face aux défis à venir
 - ▶ Mener et non suivre !
 - ▶ Demande d'étudier des technologies en amont avant le passage en production