

Journée des Services Informatiques APC/LPNHE/LLR

Les activités HPC du LLR

3 octobre 2017

A. Beck & G. Grasseau

Journée des Services Informatiques APC/LPNHE/LLR

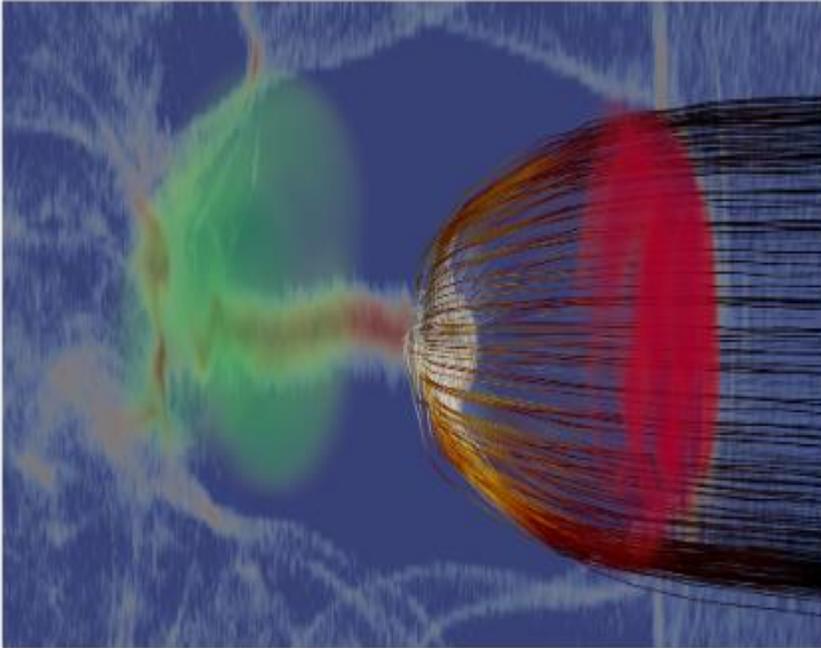
Les activités HPC du LLR

3 octobre 2017

A. Beck & G. Grasseau

- Galop et la simulation numérique
- Analyse par la Méthode des Eléments de Matrice (MEM)

Projet Galop



- Les simulations 3D sont LOURDES!
 $\approx 10^9$ cellules, 8 particules/cellule,
 $\approx 10^7$ itérations $\implies 10^{19}$ opérations
 \iff 30 000 années de calcul
- Soit 255 Mheures CPU.

Deuxième difficulté \implies la parallélisation massive est absolument nécessaire.
Il faut des super-ordinateurs.

Aujourd'hui GALOP obtient ≈ 5 Mh par an via GENCI, valorisé à 220 000 €. Les runs 3D pour simuler un injecteur tournent routinement sur 14 000 coeurs.

Le groupe GALOP

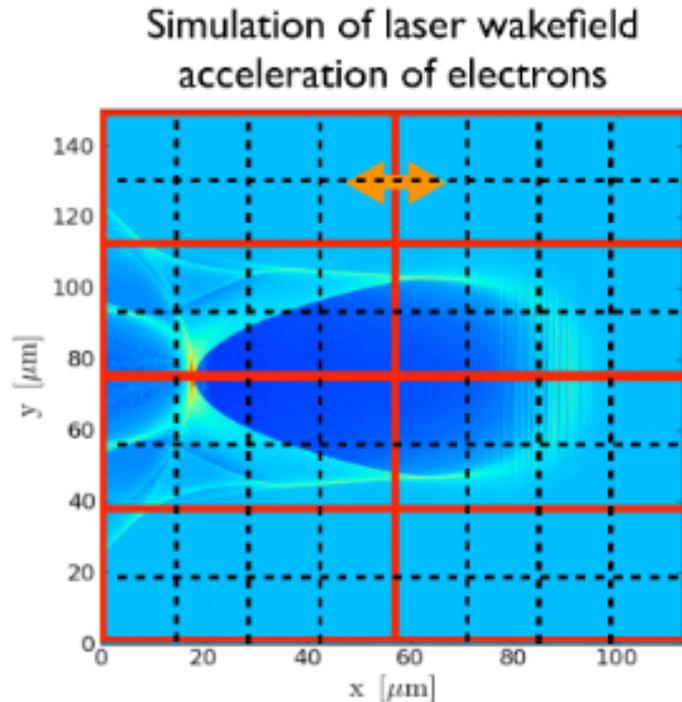
- activité internationale de R & D
- nouvelle génération d'accélérateur de particules
- concept d'accélération de particules chargées par une onde plasma

Collaborations/Projets

- CILEX : Laser Apollon, dispositif acc. - en construction
- Eupraxia

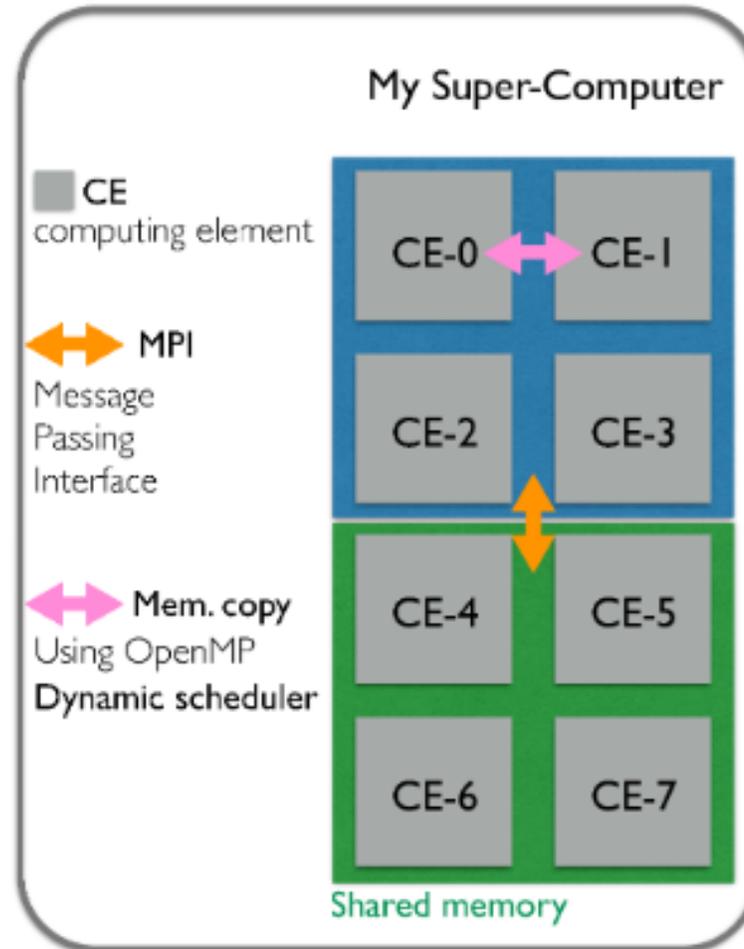
Simulations indispensables

GALOP : Algorithme PIC



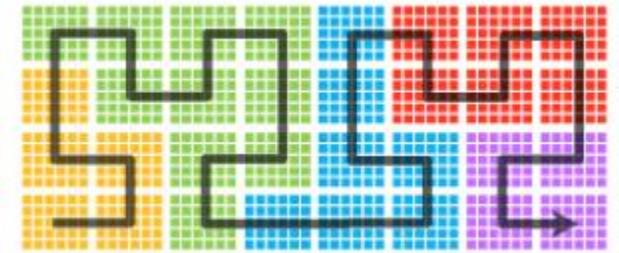
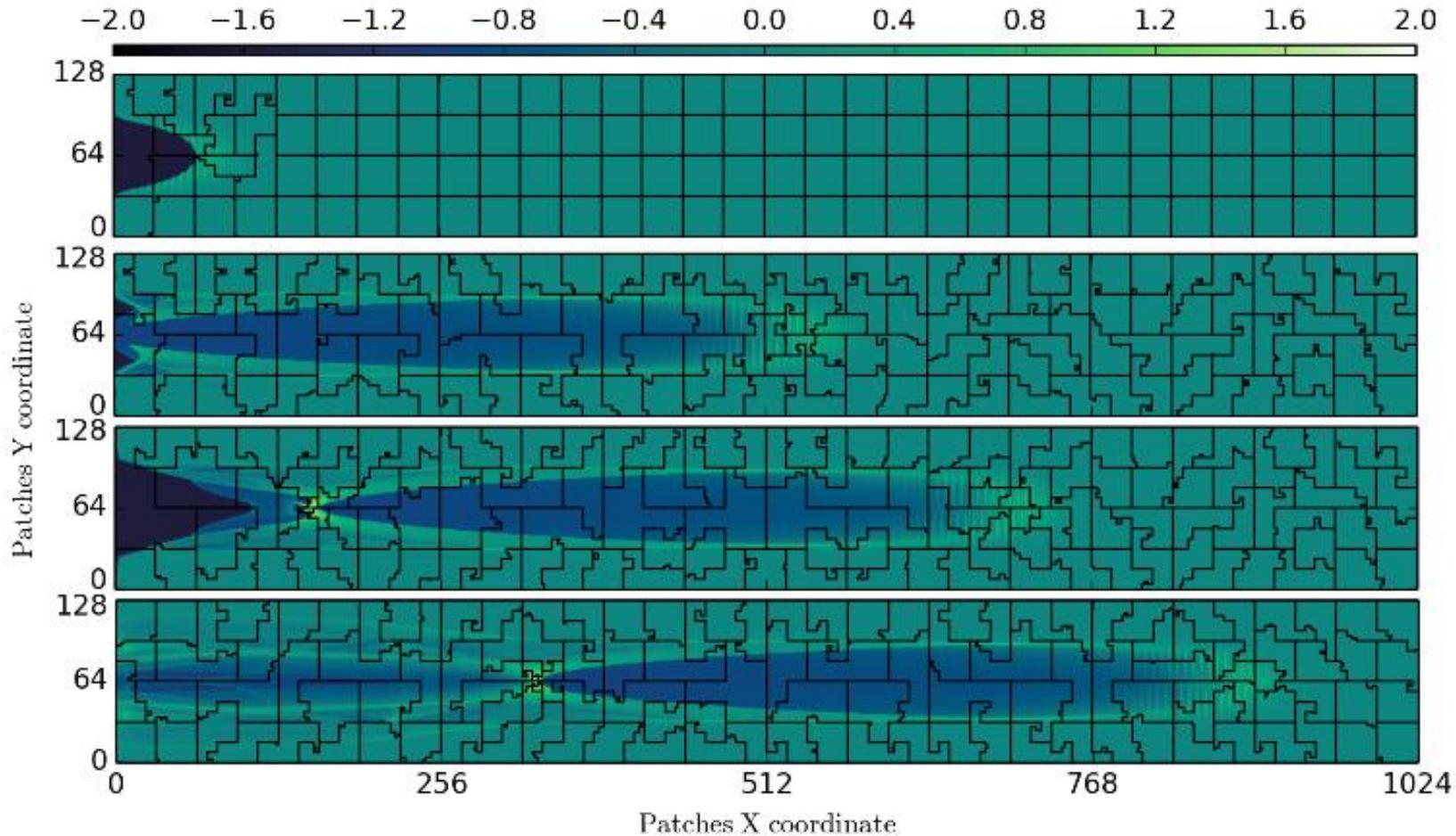
Domain decomp. is not enough!!!

- workload not optimally shared
- not adapted to new architectures!



PIC code are 'easily' parallelized using domain decomposition

Equilibrage de la charge



Linéarisation par courbes de Hilbert
optimise la localité des données
(//, vectorisation, ...)

Équilibrage dynamique
de la charge calcul

SMILEI



M. Grech, F. Pérez, T. Vinci, C. Riconda
Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses (LULI, Palaiseau) 



MAISON DE LA SIMULATION

J. Dérouillat, M. Lobet, H. Kallala
Maison de la Simulation (Saclay) 



A. Beck, F. Massimo, I. Zemzemi
Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR, Palaiseau) 



G. Bouchard, H. Vincenti
Laboratoire Interactions, Dynamique et Lasers (LIDyL, Saclay) 



N. Aunai, J. Dargent, P. Savoini
Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP, Palaiseau) 



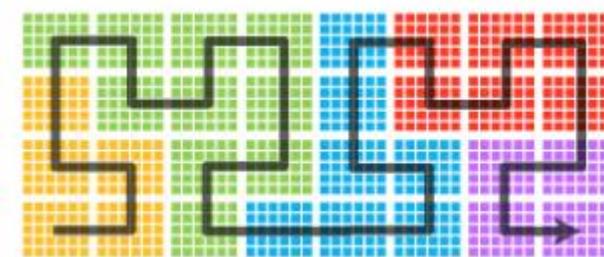
M. Fle
Institut du Développement et des Ressources en Informatique Scientifique (IDRIS, Orsay) 



A. Farjallah
Cellule de veille technologique de GENCI (Intel, Meudon) 



A collaborative, open-source, multi-purpose PIC code
for the next generation of super-computers



Journée des Services Informatiques APC/LPNHE/LLR

Les activités HPC du LLR

3 octobre 2017

A. Beck & G. Grasseau

- Galop et la simulation numérique
- Analyse par la Méthode des Eléments de Matrice (MEM)

MEM : la méthode

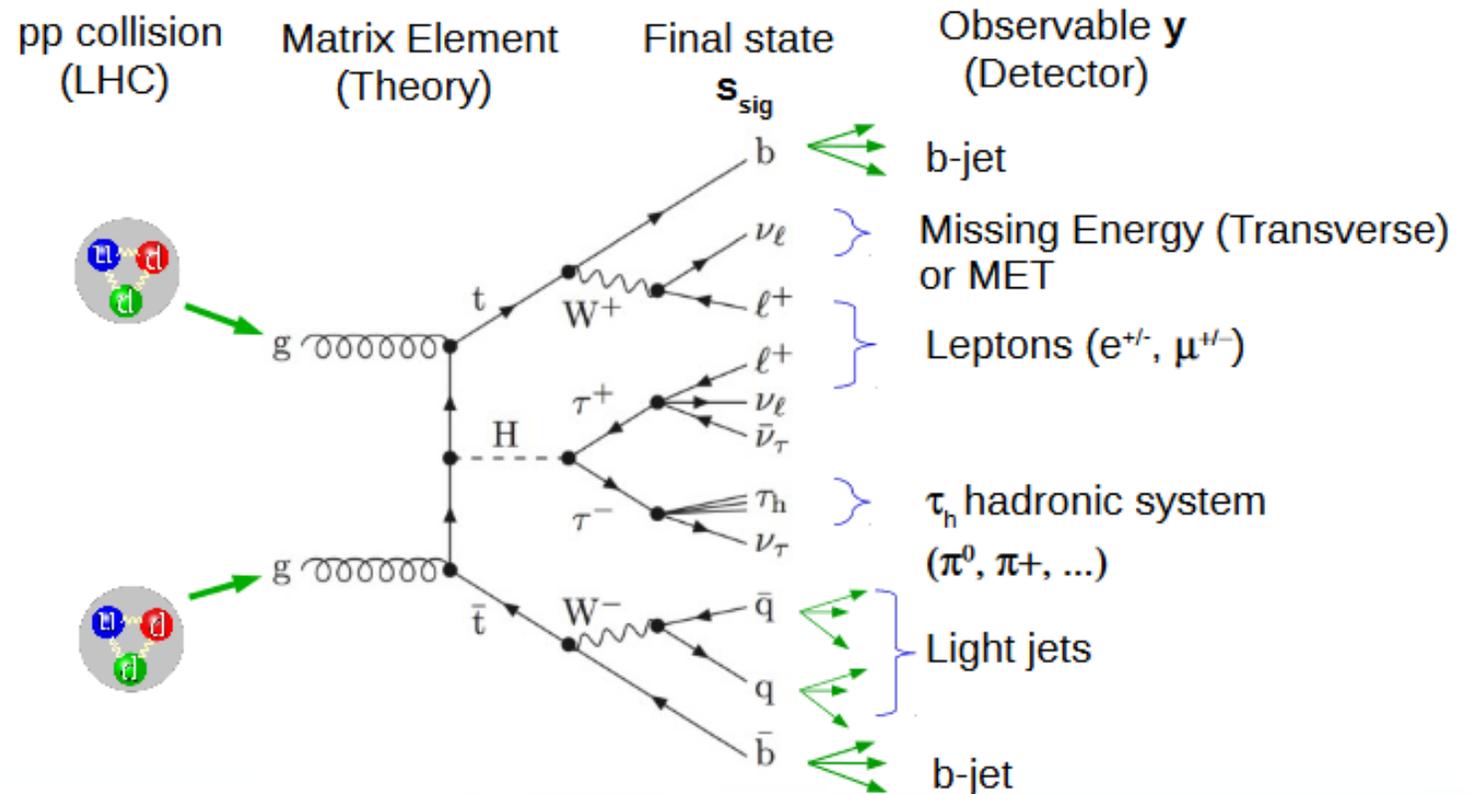
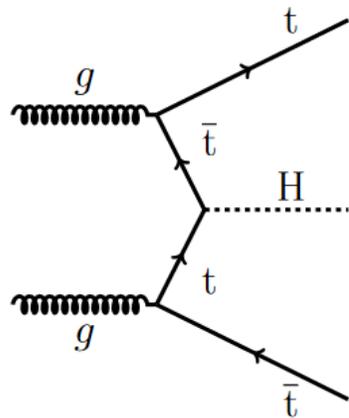
- CMS-MEM : outil d'analyse basé sur la Méthode des Éléments de Matrice (MEM).
- Combine l'information **théorique** décrivant des processus physiques avec l'information **expérimentale** décrivant la résolution d'un détecteur.
- La MEM permet de définir des discriminants pour la **classification** d'événements, **sans apprentissage**, en s'appuyant sur la physique pour calculer les probabilités d'observer les états finaux attendus.
- Cette nouvelle méthode plus précise est, néanmoins, extrêmement consommatrice de temps CPU.

Deux thèses équipe CMS du LLR :

- Canal Htautau (2015), version MPI (400 cœurs x 24 x 2) x 10, ~ 0,2 Mheures de CPU. Fin de thèse version GPUs
- Canal ttH (2017) propriétés du boson de Higgs, produit en association avec des quarks top, et se désintégrant en paires de leptons tau.

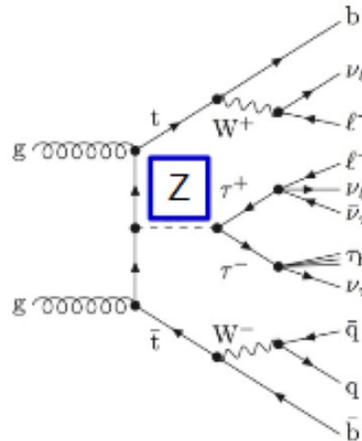
MEM : canal ttH

- Canal ttH : Couplage du Higgs au fermions
- État final, signal (H) / bruit (Z, jets)
- Permutations

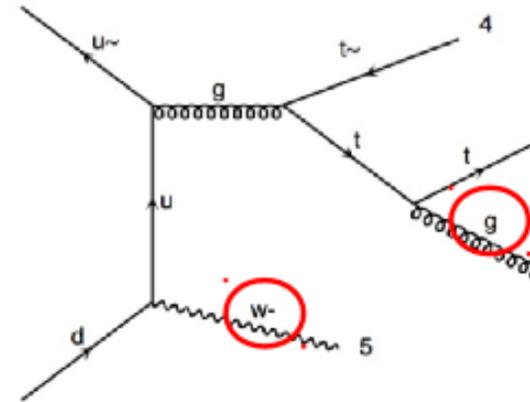


- Leptons $\ell^{+/-}$, hadronic system τ_h , are precisely reconstructed
- Jet energy reconstructed with a finite resolution
- ν 's are unobserved but their global (transverse) momentum can be inferred from the MET

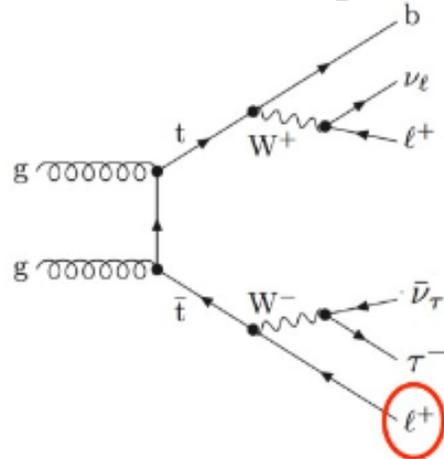
MEM : Signal et Bruits



ttZ: Z production (decays in $\tau\tau_h$)
irreducible background



ttW: g misidentified as τ_h
 with $W \rightarrow$ lepton ...
 and others possibilities ...



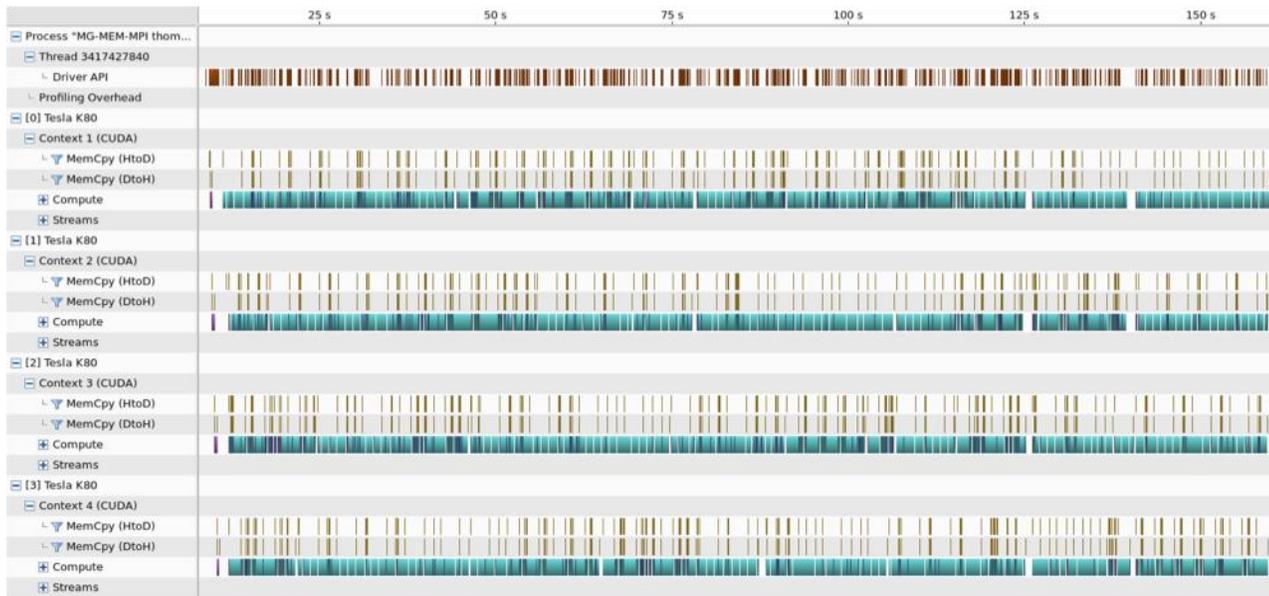
tt+jets: others jets (gluons) can be
 present in the event (Initial
 State Radiation)

The definition of the final state drives
 the S/B

MEM : R&D riche d'enseignement sur les GPUs

- Multi nœuds / multi-GPUs : pb des **asynchronismes** (hiérarchie)
- Standards de programmation : OpenCL/CUDA
- C++ -> C (PDF, ROOT : algèbre de Lorentz/vectorielle, ...)
- Intégration MC par VEGAS
- Génération automatique de noyaux pour les *kernels* : extension MadGraph (complexes)
- *Kernels* de 10-20 x 1000 lignes – robustesse des compilateurs
Différences numériques avec les cartes GPUs
- Pas d'OpenCL sur la plate-forme CVT Genci – Passerelle OpenCL/CUDA

MEM : performance



Exécution sur 1 nœuds (4 GPUs)

- Référence : analyse de 3000 événements
- Le temps CPU : ~15 heures sur une plate-forme MPI du CC-IN2P3 100 cœurs
- exécutions de production sur 2, 4, puis 6 nœuds
- 6 nœuds totalisant 24 GPUs, l'application a requis **1767** secondes.
- équivalente à une plate-forme MPI de 3000 cœurs
- Gain d'un facteur 1/5 de la facture électrique

Avantage stratégique pour l'équipe CMS du LLR

Conclusion

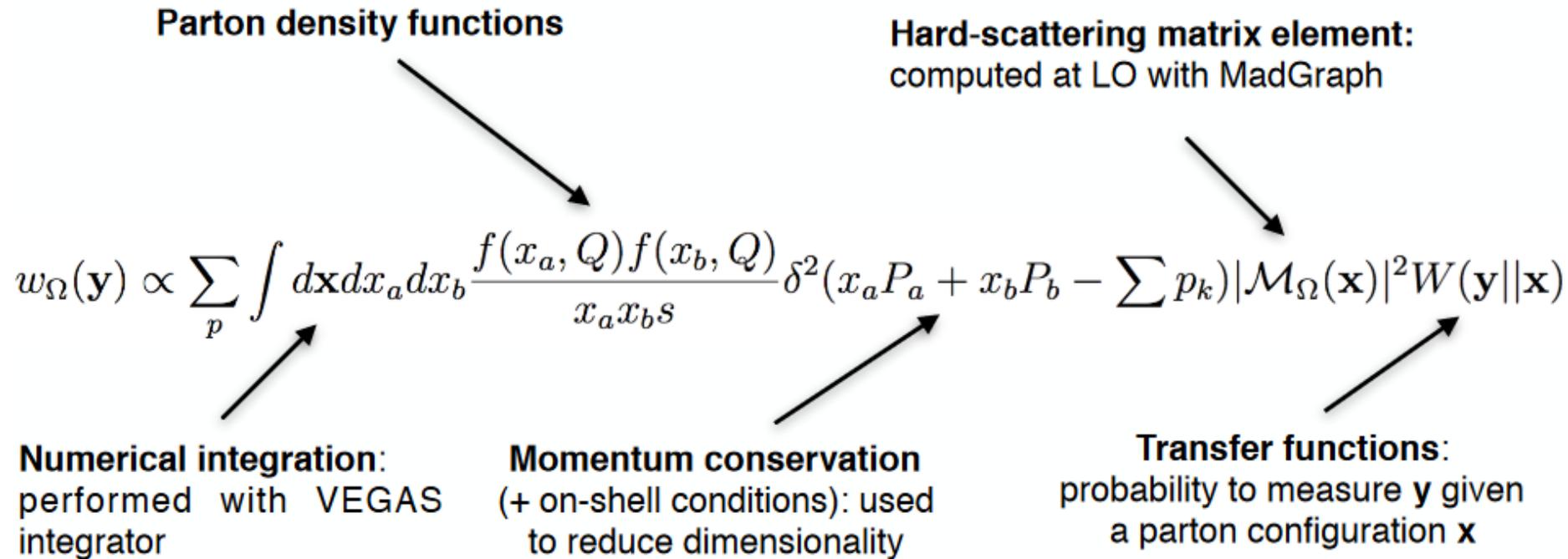
Perspectives

- GALOP : SIMLEI + thèses + post-docs + projets internationaux
- //, GPU et *many-core* :
 - Master Project Decalog
 - ComputeOps (CV) : Andrea, Julien et Pascale (15-20 % ETP)
 - **Métamorphe** (DC) : Gilles, ... (20 % ETP)
 - **Imprecis** : (VL) (0 %)
 - Labex P2IO : GridCL -> ACP (LLR PI)
 - Plateforme pour tester les technologies GPU, // avec les containers
 - *Deep learning* (IAS)
 - CMS-MEM, CMS-HGCAL, ... développements plus malléables, plus génériques

La technologie HPC donne un substantiel avantage aux équipes de recherche

Backup

MEM : la méthode



- The **final discriminant** used is in principle $\mathcal{L}(\mathbf{y}) = \frac{w_S(\mathbf{y})}{w_S(\mathbf{y}) + w_B(\mathbf{y})}$