

Webinaire du 15 décembre 2009

L'analyse multidimensionnelle

(P. Désesquelles)

Présentation du HLT d'ALICE (F. Lefèvre)

Evolution des moyens de calcul scientifique en France et leur utilisation pour les calculs sur réseau (J. Carbonell)

Les matrices géantes dans le cadre du modèle en couches (E. Caurier)

Autres sujets traités par Y. Aubert et F. Launay

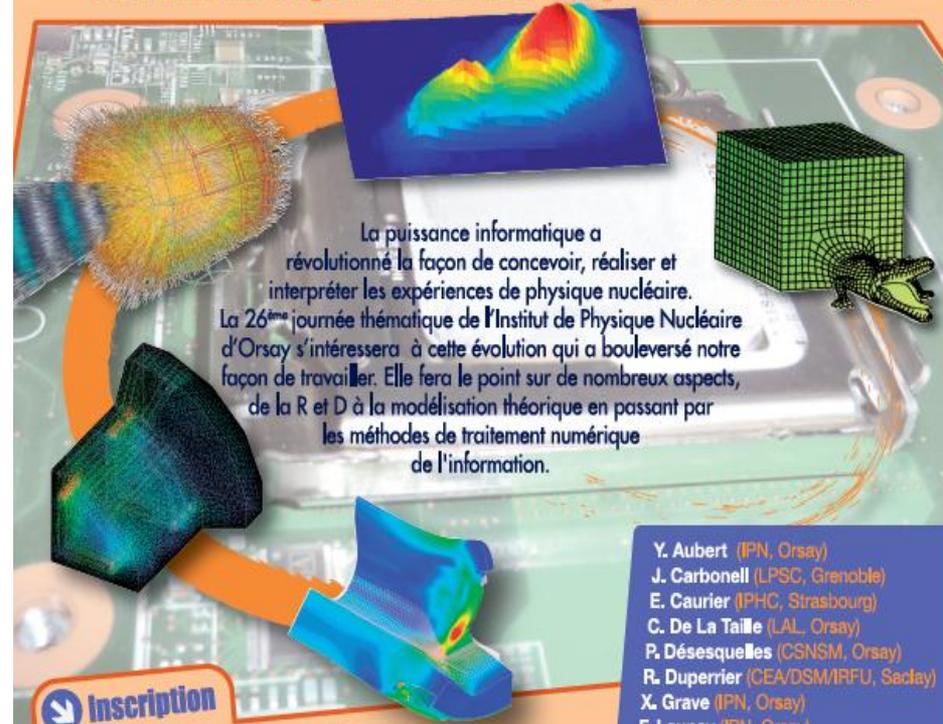
T. Hennino IPN Orsay

26^{ème}

Journée thématique de l'IPN
Vendredi 11 décembre 2009



L'IMPACT DES RÉVOLUTIONS INFORMATIQUES SUR LA PHYSIQUE ET LES TECHNIQUES NUCLÉAIRES



La puissance informatique a révolutionné la façon de concevoir, réaliser et interpréter les expériences de physique nucléaire. La 26^{ème} journée thématique de l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay s'intéressera à cette évolution qui a bouleversé notre façon de travailler. Elle fera le point sur de nombreux aspects, de la R et D à la modélisation théorique en passant par les méthodes de traitement numérique de l'information.

Inscription

www <http://ipnweb.in2p3.fr/jtipn>
Jocelyne Leterrier ✉ jtipn@ipno.in2p3.fr

Y. Aubert (IPN, Orsay)
J. Carbonell (LPSC, Grenoble)
E. Caurier (IPHC, Strasbourg)
C. De La Taille (LAL, Orsay)
P. Désesquelles (CSNSM, Orsay)
R. Duperrier (CEA/DSM/RFU, Saclay)
X. Grave (IPN, Orsay)
F. Launay (IPN, Orsay)
F. Lefèvre (Subatech, Nantes)
J. Peyré (IPN, Orsay)
O. Stézowski (IPN, Lyon)

R. Bimbot, B. Genoini, M. Grasso, X. Grave, T. Hennino, F. Launay,
B. Laune, B. Preclado, M.F. Rivet, J. Leterrier et D. Verney



Institut de Physique Nucléaire
Bâtiment 100

Centre scientifique d'Orsay - 91400 Orsay

Vingt-sixième Journée Thématique de l'IPN : 11 décembre 2009

L'impact des révolutions informatiques sur la physique et les techniques nucléaires

9h30 : Présentation de la journée

R. Bimbot (IPN), D. Hoffmann (CPPM Marseille) T. Hennino (IPN)

9h50 : "La montée en puissance de l'informatique, ses conséquences sur les méthodes de travail et sur la vie des laboratoires" Y. Aubert et X. Grave (IPN Orsay)

10h35 : "Modélisation et simulation pour les accélérateurs: quelques exemples"

F. Launay (IPN Orsay)

11h20 : *Pause*

11h50 : "L'analyse multidimensionnelle en Physique Nucléaire"

P. Désesquelles (CSNSM Orsay)

12h20 : "Présentation du HLT (High Level Trigger) d'ALICE"

F. Lefèvre (Subatech Nantes)

13h00 : *Repas*

14h30 : "La spectroscopie gamma : de EUROGAM à AGATA"

O. Stézowski (IPN Lyon)

15h00 : "Evolution des moyens de calcul scientifique en France et leur utilisation pour les calculs sur réseau" J. Carbonell (LPSC Grenoble)

15h35 : "Les matrices géantes dans le cadre du modèle en couches"

E. Caurier (IPHC Strasbourg)

16h00 : *Pause*

16h25 : "L'apport de l'informatique à la technologie des détecteurs.

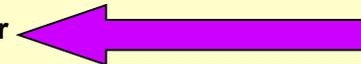
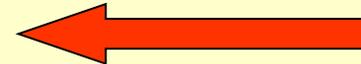
Exemple d'ALICE" J. Peyré (IPN Orsay)

17h00 : "Le calcul HPC (High Performance Computing) pour la modélisation des faisceaux d'accélérateurs de nouvelle génération"

R. Duperrier (DSM/IRFU /CEA Saclay)

17h35 : "Forces et faiblesses du filtrage numérique : exemple du calorimètre d'ATLAS" C. De La Taille (LAL Orsay)

18h00 Fin de la journée

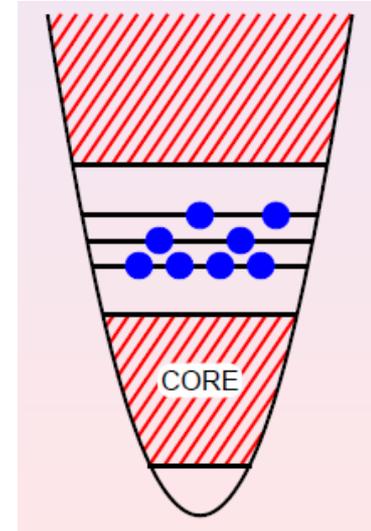


Matrices géantes et modèle en couche

- Idée de base: restreindre le calcul aux nucléons de valence (traitement en perturbation)
- Détermination des propriétés spectroscopiques (énergies, transitions E et M, décroissance β , $0\nu\beta\beta$, etc....)
- Méthode
 - Définir l'espace de valence
 - Dériver une interaction effective
 - Construire et diagonaliser la matrice hamiltonienne

▶ ${}^4\text{He} \rightarrow {}^{16}\text{O}$	p shell	$\text{Dim} \sim 10^2$
▶ ${}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{40}\text{Ca}$	sd shell	$\text{Dim} \sim 10^5$
▶ ${}^{40}\text{Ca} \rightarrow {}^{80}\text{Zr}$	pf shell	$\text{Dim} \sim 10^9$

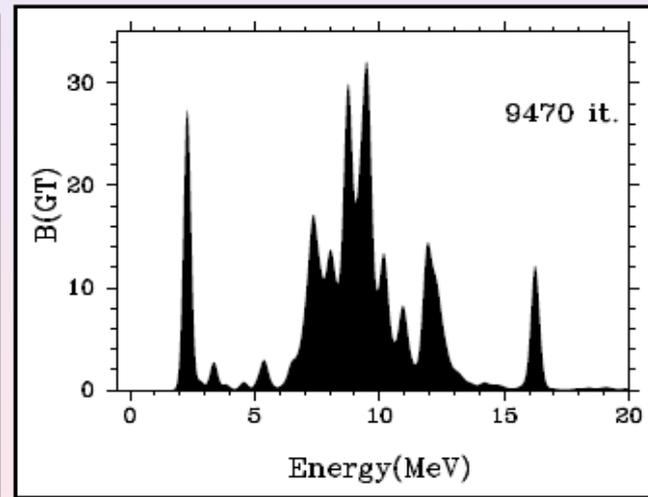
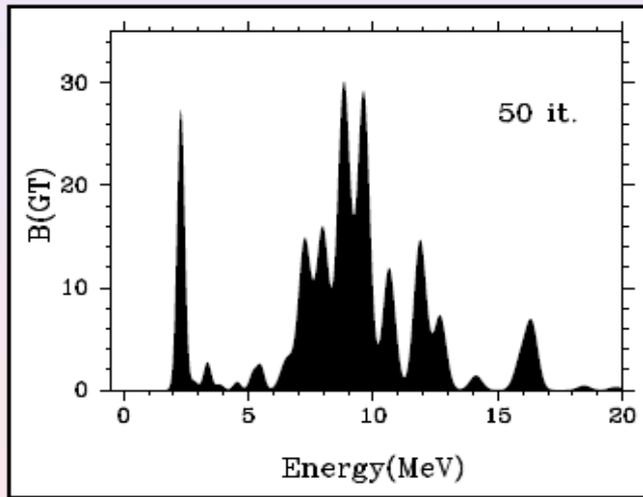
- Avec la déformation!!
 - $> {}^{56}\text{Ni} \ 0g_{9/2} \rightarrow \text{dim} = 10^{10}$
 - $\text{N}=\text{Z}=40 \ 1d_{5/2} \rightarrow \text{dim} = 10^{14}$
- On peut néanmoins aller plus haut dans certains cas, limités



Un exemple

- Diagonalisation \rightarrow méthode de Lanczos (CPU time $\ll N^3$)
- Problèmes:
 - Stocker le vecteur de Lanczos
 - Instabilités numériques

Excitations de spin-isospin dans le ^{48}Sc



Aspects calculatoires

Exponential increase of the dimension with :

- ▶ N : number of individual states in the valence space.
- ▶ n : number of active particles (hole)

Number of $H_{IJ} \neq 0$ is not quadratic but \sim LINEAR with the dimensions of the matrices.

However we must deal with:

GIANT MATRICES

Number of $H_{IJ} \neq 0$ too large to be precalculated AND STORED

.

They must be recalculated in the diagonalization process (Lanczos).

Conclusions calculs modèle en couches

Progress in **Computers** and in **Codes** have allowed a strong increase of the domain of applicability of Shell Model .

Nuclei $0\nu\beta\beta$ emitters :

^{48}Ca , ^{76}Ge , ^{82}Se , ^{96}Zr , ^{100}Mo , ^{116}Cd , ^{130}Te , ^{136}Xe , ^{150}Nd

10 years ago, only ^{48}Ca could be studied with SM.
Now all of them except ^{150}Nd have been calculated .

 Future goal :

- ▶ Not to reach dimensions $10^{11,12}$ but reduce the CPU time with **Massive Parallelization** .
Calculation of ^{112}Xe : 15 hours (minutes !!) instead of 15 days .
- ▶ **3-body forces**

Situation du High Performance Computing

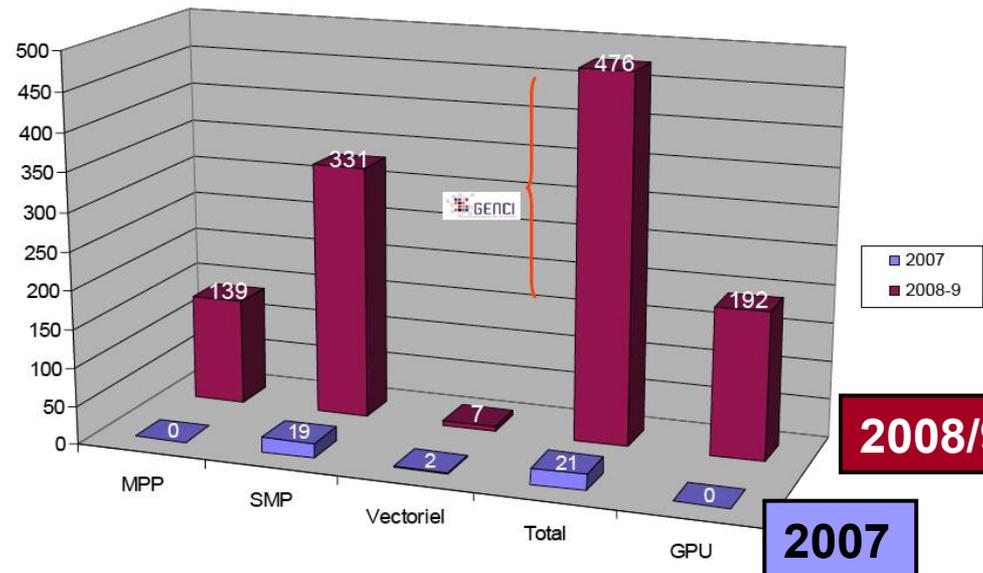
- Des moyens considérables en HPC ont été apportés par:
 - CNRS IDRIS Orsay
 - Université CINES Montpellier
 - CEA CCRT B. Le Châtel
- superstructure – **GENCI** (Grand Equipement National Calcul Intensif) - créée
- - fédératrice au niveau national (une demande unique)
- - représentative au niveau européen pour **PRACE**

PRACE: Partnership for Advanced Computing in Europe



Moyens de calcul nationaux

Évolution de la capacité de calcul disponible pour la communauté scientifique française



2008/9

2007

La première est à Jülich depuis juillet 2009: JUGENE
1Pf/s , 300.000 cpu

Deuxième machine européenne PRACE en France (2011) > 1 Pf/s

QCD sur réseau

Le but est de résoudre sur un « réseau » une version discrétisée de la QCD (ChromoDynamique Quantique) ou de toute autre théorie quantique des champs

Sur chaque site: $(48)_x \times (48)_y \times (48)_z \times (96)_t = 10\,600\,000$

- 4 matrices de $SU(3)$ (gluons)
- $3 \times 4 \times N_s$ « champs » complexes (quarks)

2 paramètres; m_q (masse de quark) et $\beta('a')$

1. Générer une ensemble statistique de “configurations de jauge”

On a besoin de $N \sim 1000$ “confs” x “a” x “m”

2. “Propager” les quarks dans ce “fond”

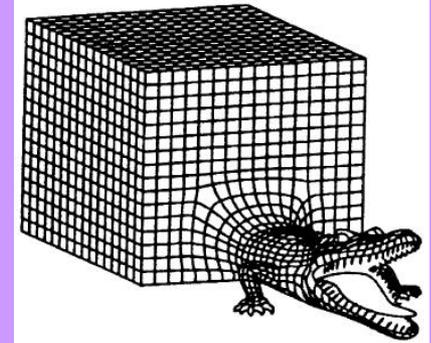
$L=32$ $\dim(D)=50$ millions de réels*8

3. Calculer les observables (masse, FF, PDF, GPD, decays,..)

Calculs pas très longs

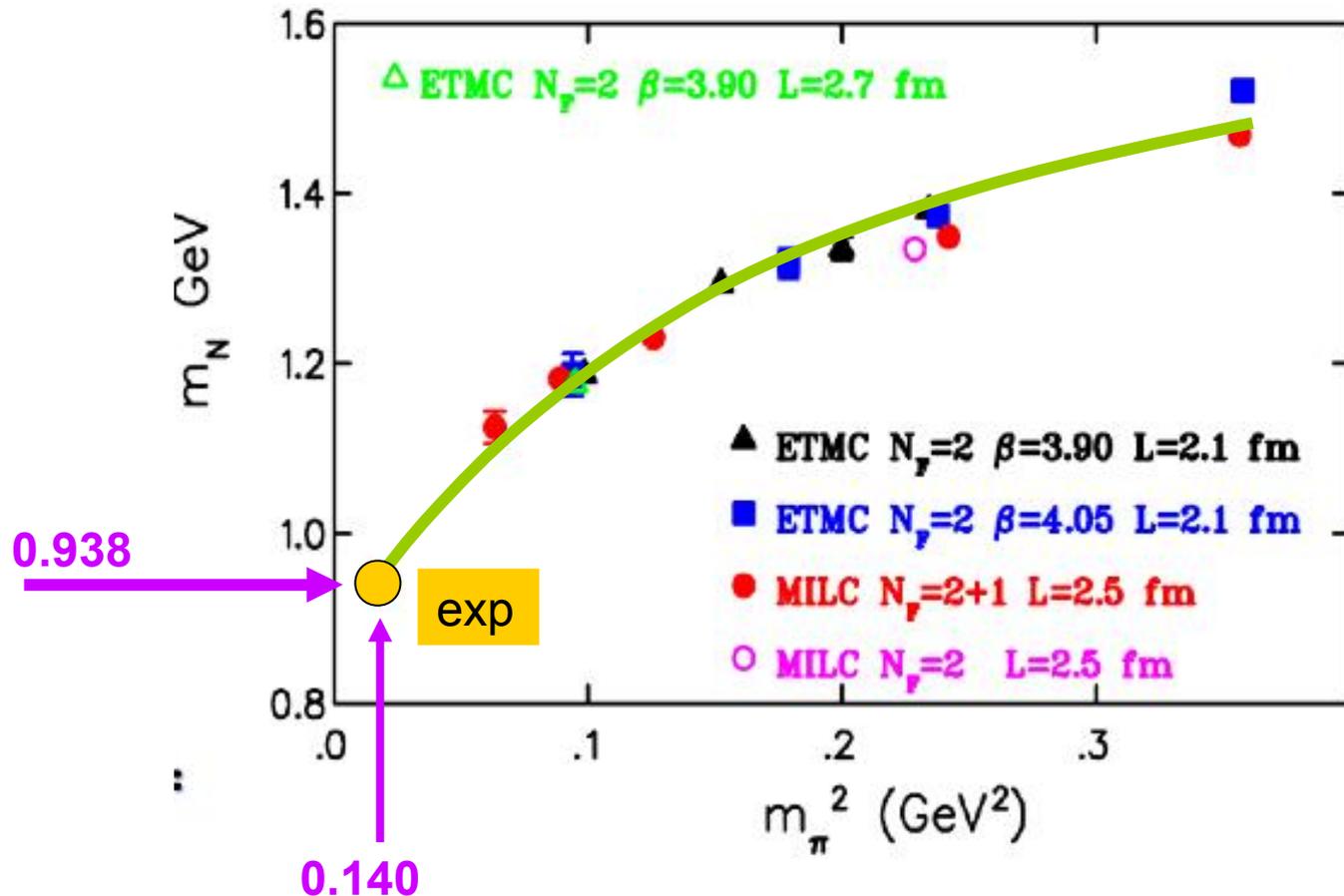
Sa difficulté vient de la taille ($L=32^3 \times 64$ et quarks $u+d+s \rightarrow 15$ Go)
et de ce qu'il faut moyenner sur les configurations

Maillage de
l'espace temps



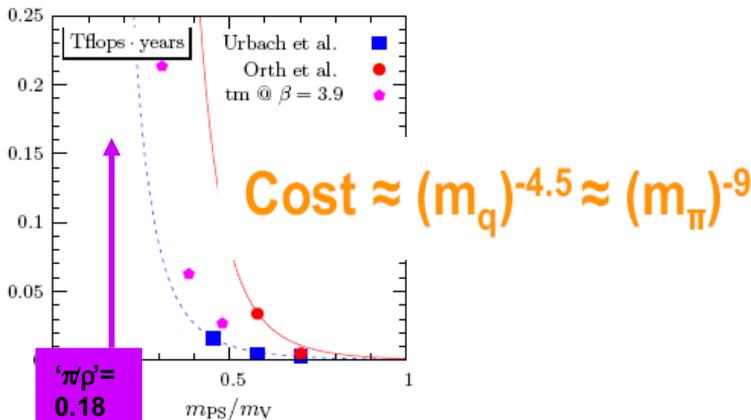
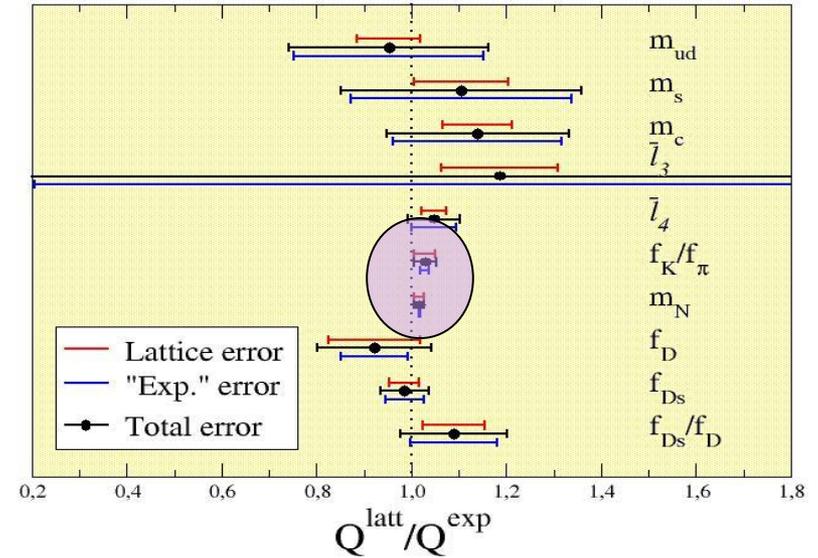
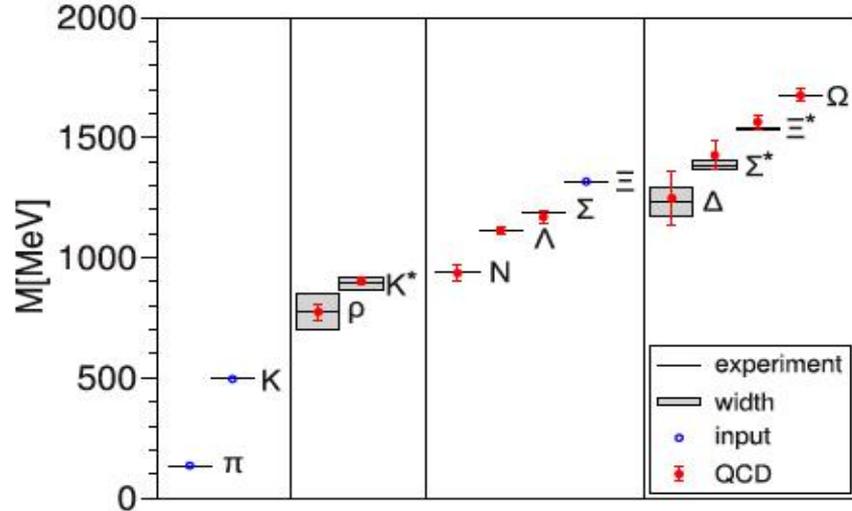
Un exemple concret: la masse

- Calculer $M(\text{hadron})$ pour différents m_π
- Extrapoler M à la valeur m_π physique (0.140 GeV)



Resultats et outlook

- Actuellement, seul deux groupes au monde arrivent à faire des simulations QCD sur réseau avec
- **Nf=2+1** saveurs dans la « mer » - u,d,s - et les masses physiques des quarks (quelques MeV):
- **PACS-CS**: Japon
- **BMW**: Budapest-Marseille-Wuppertal



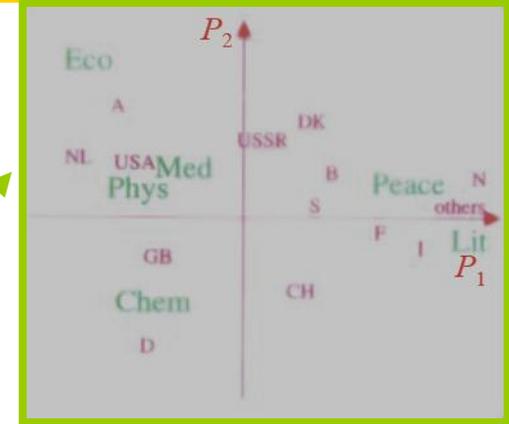
la LQCD vit une période de fort développement. En France, grâce aux efforts de **O. Pène**, **P. Roudeau** (LAL 2004) plusieurs groupes (LPT Orsay, SPhN Saclay, CPT Marseille, LPM Tours, LPSC Grenoble) réalisent des travaux de premier plan, au sein des collaborations les plus réputées (ETMC, BMW).

Analyse multidimensionnelle

- Aspects historiques et exemples variés
 - Analyse de points de données multivariables et extraction des informations les plus pertinentes
- Analyse en Composantes Principales
 - Analyse de données multivariables éventuellement corrélées
 - Trouver des variables centrées, réduites et non-corrélées

Analyse multidimensionnelle

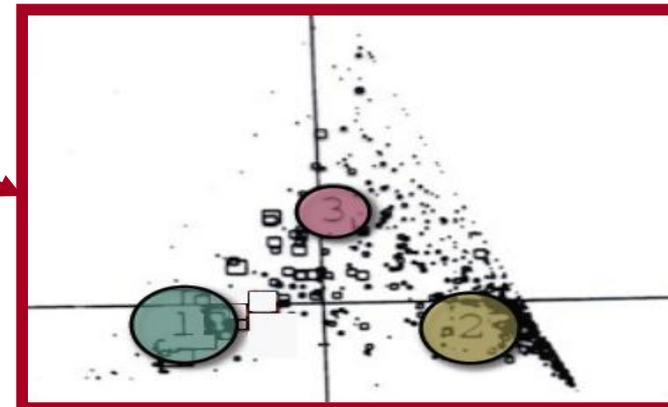
- Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)
 - Déterminer et hiérarchiser les dépendances entre les variables
 - Représenter l'inertie d'un nuage (axes d'inertie)



- Exemples de corrélation entre nationalité de Prix Nobel

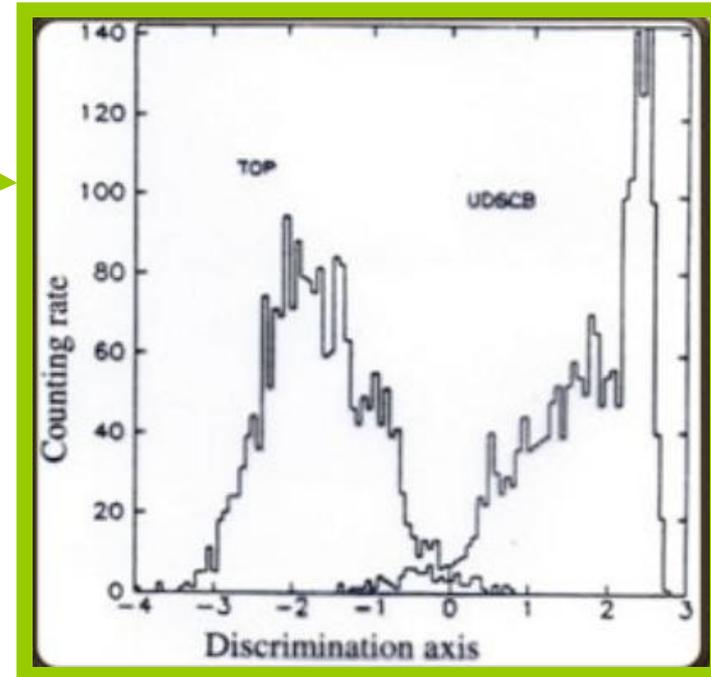
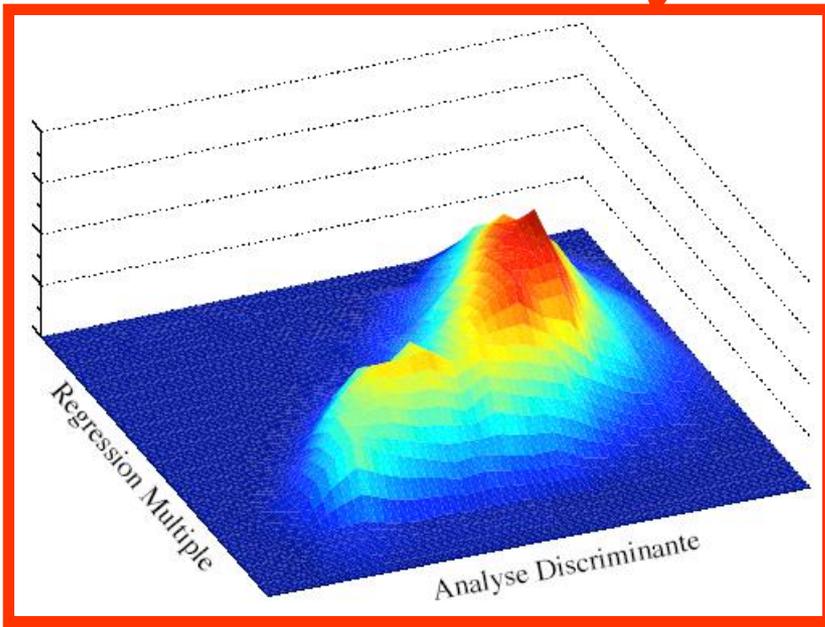
		modèles →		
		①	②	③
		Gemini	Berlin	percolation
627 partitions ↓	20×1			
	$19 \times 1 + 1 \times 1$			
	$18 \times 1 + 2 \times 1$			
	...			

- Validation de modèle de dynamique nucléaire (multifragmentation d'un noyau $Z=20$)



Analyse multidimensionnelle

- Analyse Factorielle Discriminante (AFD)
- Discriminer entre 2 modèles par le meilleur choix d'une variable
 - Top quark
 - multifragmentation



$$D = -0.91 A_{pl} + 7.19 H_2/H_0 + 5.24 H_3/H_0 - 0.64 H_4/H_0$$

Déclencheur Haut Niveau ALICE

Collision	Event rate	Data rate (approx.)
p-p	1 kHz	2.25 GB/s
Min. bias Pb-Pb	1 kHz	22 GB/s
Central Pb-Pb	200 Hz	15 GB/s

Table 2.3: Expected ALICE event and data rates for the different LHC runs

3 niveaux de trigger hardware utilisant 10 des 18 détecteurs

DAQ à 1.25 GB/s

Nécessité trigger de 4^{ième} niveau

Réduire le taux d'événement

Réduire la taille des événements → 1/10

Recherche de clusters de hits (groupe de hits éventuellement corrélés) → 'track follower' (transformation conforme)

Ajustement sur les clusters et déconvolution

Reconstruction de traces (détermination de p, θ, ϕ)

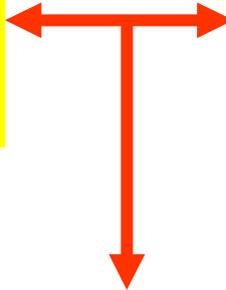
Caractéristiques du HLT

Front end

968 cœurs de CPU
1.935 Tb de RAM
472 DDL en réception

Fermes de calcul

968 cœurs de CPU
1.104 Tb de RAM
GPU à terme



On-line reconstruction

- Tracker interne (ITS) à 400 Hz (cluster)
- TRD: 500 Hz en cluster et 300 Hz en tracker
- PHOS: clusterisation complète (information énergie et temps)
- TPC: cluster à 550 Hz et 300 Hz en tracker (FPGA et H-RORC)
- Bras di-muon: reconstruction des hits

A venir: matching avec TPC et TPC-ITS

Contrôle en ligne

