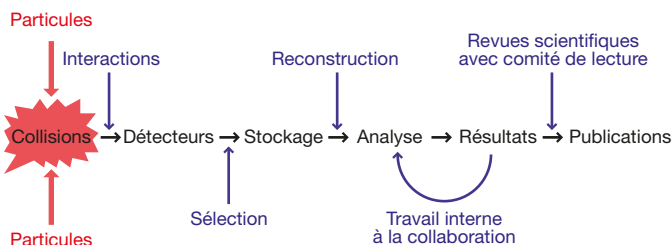


DU DÉTECTEUR À LA MESURE

L'analyse des données d'un détecteur de physique des particules nécessite une compréhension profonde des instruments de mesure, l'écriture de programmes informatiques complexes et la maîtrise d'outils mathématiques de pointe.



En physique subatomique, on essaie de mesurer au plus près les caractéristiques des particules comme leurs masses ou leurs manières de se désintégrer. Une mesure réussie se mijote comme un bon petit plat. Il faut

des ingrédients de qualité, les particules, fournies par le producteur-accelérateur. Les ustensiles, ou détecteurs, sont performants et connus dans leurs moindres détails.

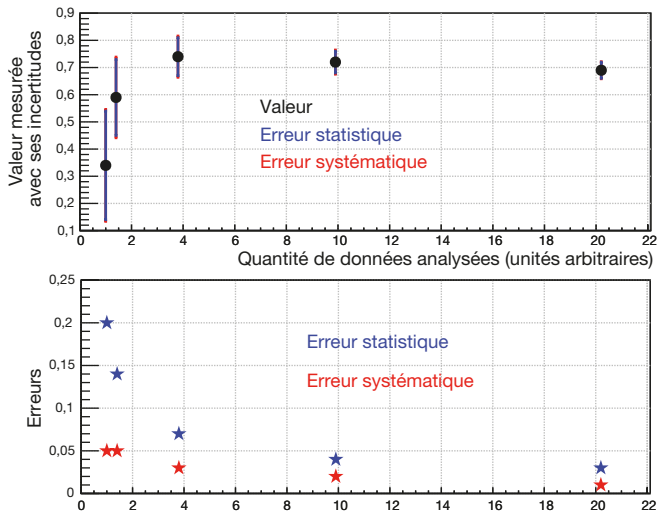
Différentes étapes d'une analyse de données

De nombreuses étapes séparent les collisions entre particules dans le détecteur de la publication des résultats de physique. Une fois sélectionnés, les événements intéressants sont stockés sur disque, interprétés (on parle de reconstruction) puis étudiés en détails.

Cette dernière étape peut durer longtemps : l'analyse doit faire ses preuves à l'intérieur de la collaboration avant que ses résultats ne soient rendus publics.

Quant aux recettes, elles évoluent sans cesse en fonction des demandes des scientifiques et des performances des instruments. Certaines améliorent des résultats obtenus ailleurs tandis que d'autres s'aventurent en terrain inconnu, guidées par des calculs théoriques. À peine rendue publique, une nouvelle étude subit les critiques de chercheurs du monde entier, désireux de la comprendre et d'évaluer sa qualité. Les mêmes exigences sont présentes en interne : tant qu'une collaboration (c'est-à-dire l'ensemble des personnes, parfois plusieurs milliers, travaillant sur une même expérience) n'est pas convaincue par un résultat, il ne sort pas de sa « cuisine » !

Si les analyses de physique sont complexes et variées, elles suivent les mêmes étapes. En amont, un accélérateur prépare de grandes quantités de particules qui s'entrechoquent au centre de détecteurs et produisent de nouvelles particules, finalement détectées. Les instruments de mesure ont une structure en poupées russes : de l'intérieur (point de collision) vers l'extérieur, plusieurs appareillages complémentaires se succèdent. Ils sont chargés de mesurer les caractéristiques



Amélioration d'une mesure au cours du temps

Évolution d'une vraie mesure expérimentale au cours du temps grâce à l'accumulation des données et aux progrès des techniques d'analyse. L'axe des abscisses (échelle arbitraire) donne la quantité de données utilisées pour obtenir le résultat. Entre le premier et le dernier point, séparés par 8 ans, le nombre d'événements analysés a été multiplié par plus de 20 ! Le graphique du haut montre les valeurs mesurées (en noir) avec les erreurs statistiques (en bleu) et systématiques (en rouge) associées. L'évolution des incertitudes avec le temps est détaillée en dessous. L'erreur statistique décroît à mesure que le nombre d'événements augmente : on passe de 20 % à 3 %. L'erreur systématique reste presque constante. Négligeable au départ, sa contribution est du même ordre que l'erreur statistique pour la dernière mesure.

(énergie, vitesse, masse) des particules qui les traversent ce qui permet de les identifier et de remonter aux processus physiques qui leur ont donné naissance.

Même si les détecteurs sont aujourd'hui gigantesques, ils sont toujours construits avec une seule finalité : comprendre les phénomènes qui se produisent en leur centre lors des collisions. Leurs données sont traitées par de puissants ordinateurs et stockées sur de gros disques durs, accessibles du monde entier *via* internet. L'informatique est omniprésente : chaque mesure demande une grande puissance de calcul, partagée par des centaines de machines en réseau. Il faut séparer les quelques événements cherchés (le signal) de tous les autres (le bruit de fond). Une mesure (par exemple la probabilité qu'une particule se désintègre en deux autres particules plus légères) est toujours accompagnée de son erreur, ou incertitude. Contrairement au langage courant, ce terme n'est pas employé pour indiquer que les scientifiques se sont peut-être trompés. Au contraire, il vise à prouver que ceux-ci sont conscients des limites de leur résultat et qu'ils sont capables d'estimer la taille de l'écart entre la vraie valeur – inconnue – et celle qu'ils ont calculée. Si une interaction entre particules obéit à des lois de probabilité précises, la Nature « pioche » au hasard lors de chaque collision parmi toutes les combinaisons possibles, un peu comme lors d'un tirage du loto. Ce caractère aléatoire se retrouve dans l'incertitude statistique qui vient du fait que l'analyse est basée sur un nombre limité d'événements. L'erreur systématique prend en compte la précision du détecteur et les caractéristiques de la méthode suivie pour obtenir le résultat.