

Comment Tirer vers le Haut notre Système Educatif ? Les International Masterclasses en Physique subnucléaire et Radiation Therapy

« Des lycéens mettent les mains à la pâte de la physique du 21e siècle »

Jamal Mimouni

Département de physique, Université de Constantine1 & CERIST



Une expérience pédagogique unique pour notre région s'est déroulée durant ce présent semestre à Constantine et qui pour l'heure a inclus deux lycées, le prestigieux lycée de filles El-Houria et celui de Youghourta. Il s'agissait pour les élèves d'analyser des expériences réelles à la frontière des connaissances actuelles en physique des hautes énergies et en médecine nucléaire.

Ceci s'est fait dans le cadre des Masterclasses internationales du CERN à Genève et trois autres laboratoires aux Etats Unis et en Argentine. Cette série de programmes qui se sont étalés sur plusieurs mois a vu plusieurs dizaines d'étudiants du second cycle de lycée, après avoir ingurgité une bonne dose de physique moderne, analyser des données brutes et extraire les résultats expérimentaux, exactement comme le font les physiciens dans ces hauts lieux de la science. Ces résultats furent ensuite présentés devant des chercheurs de ces institutions au cours de séances live ou leurs résultats furent scrutés et discutés en détail.

L'Unité de Recherche en Médiation Scientifique du CERIST (RUSCM) à Constantine supervisait cette formation qui a transformé ces élèves en « spécialistes » en herbe capable de dissenter sur la physique que révèle les données de ces expériences ou sur les protocoles expérimentaux implémentés et leurs éventuels limites expérimentales, et même proposer comment améliorer lesdites expériences à l'avenir.

Qu'est-ce que les International Masterclasses

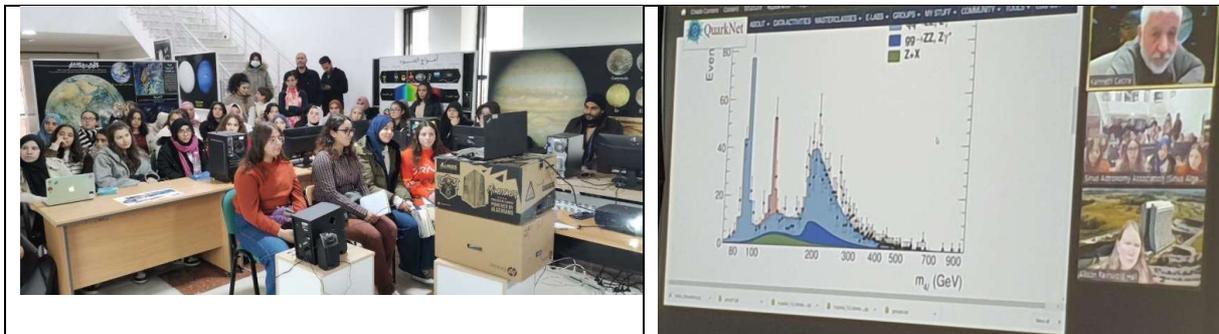
Ce sont des programmes d'excellence mis en place par des grandes institutions scientifiques, fondamentalement destinés à des lycéens mais souvent impliquant des étudiants de physique au stade universitaire au vu de leur haute valeur formative. Ces programmes, malgré le nom, n'ont rien à voir avec le Master mais tout à voir avec « Mastering », c'est-à-dire maîtriser et exceller dans un domaine de pointe, le plus souvent en physique. Elles impliquent la participation d'élèves motivés et une équipe d'encadreurs motivants et familiers avec les domaines

concernés! Une reconnaissance bien méritée est due au professeur de physique A.Khemakhmia pour le lycée d'El-Houria qui était le fer de lance du programme concernant le lycée El-Houria et aussi les trois chercheurs du CERIST de Constantine. Les élèves doivent-ils être particulièrement doués? Pas nécessairement, quoique cela aide sans nul doute, mais avant tout ils doivent être dotés d'une volonté d'airain d'apprendre voire de se surpasser, en plus d'une très bonne maîtrise de l'anglais. Ces formations haut de gamme leur donnent une vue de la pratique de la recherche qui leur permettront d'aller loin lors de la phase universitaire, quelle que soit la branche des sciences qu'ils choisiront.

Redécouvrir la particule de Higgs

Le Higgs est cette particule fondamentale dont la quête a duré quelque 50 ans et qui fut découverte au grand accélérateur de particules du LHC au laboratoire du CERN en 2012. Cette particule fut avec malice surnommée le « God's particle » car générant la masse de toutes les autres particules fondamentales, et donc la clé de voute de notre compréhension actuelle du monde subatomique.

Cette Masterclass qui utilisa les données du détecteur CMS du LHC a impliqué les 36 meilleurs élèves du lycée el-Houria à Constantine. Elle fut organisée en coordination avec l'équipe des Masterclasses du Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory) dans l'Illinois aux États-Unis, qui est l'un des principaux groupes de recherche du détecteur CMS. Le Higgs fut redécouvert par nos élèves en ré-analysant les données réelles fournies par le CERN et en utilisant des programmes dédiés, identiques dans les grandes lignes à ceux utilisés par les physiciens travaillant dans le domaine, mais largement simplifiés et conçus « user friendly ».





Néanmoins ceci est une performance remarquable quand on pense à tous les concepts physiques et les propriétés du monde microscopique qu'ils ont dû maîtriser pour effectuer l'analyse.

Passons maintenant en revue en rapide succession les trois autres Masterclasses qui ont été complétées avec succès dans les deux lycées.

Découvrir les propriétés des particules « fantômes »

Cette Masterclass effectuée avec les données recueillies auprès de la gigantesque expérience MINERvA (ν est en fait la pour la lettre grecque Nu pour neutrinos) pour étudier les neutrinos. Rappelons que les neutrinos sont ces particules extrêmement fugaces et (d'où le qualificatif de particules fantômes dont on les affuble souvent), et déroutante car capable de muter en d'autres espèces, ce qui est une propriété unique dans le monde des particules élémentaires. Ces particules sont produites dans les processus radioactifs notamment et leurs propriétés font l'objet d'intenses recherches ces dernières décennies. Après une période d'analyse des données par les élèves et la déduction statistique de certaines de leurs caractéristiques lors de leur diffusion avec la matière, s'est

ensuivie comme pour les autres Masterclasses une vidéoconférence à bâtons rompus avec l'équipe de scientifiques de Minerva à Fermilab sur la signification des données qu'ils ont traitées (qualité, biais, extrapolation...) et leur portée physique.

Utiliser les accélérateurs de particules en thérapie médicale

Cette belle manipulation en physique médicale démontre l'impact direct de la recherche fondamentale sur la médecine. Ce projet Masterclass permet aux participants de se familiariser avec la technique d'opération réelle utilisée pour le traitement du cancer en utilisant des rayons X, des protons ou des ions carbone comme un couteau physique guidé à l'aide de logiciels. Ces particules sont produites au détecteur à ions lourds du l'accélérateur LHC.

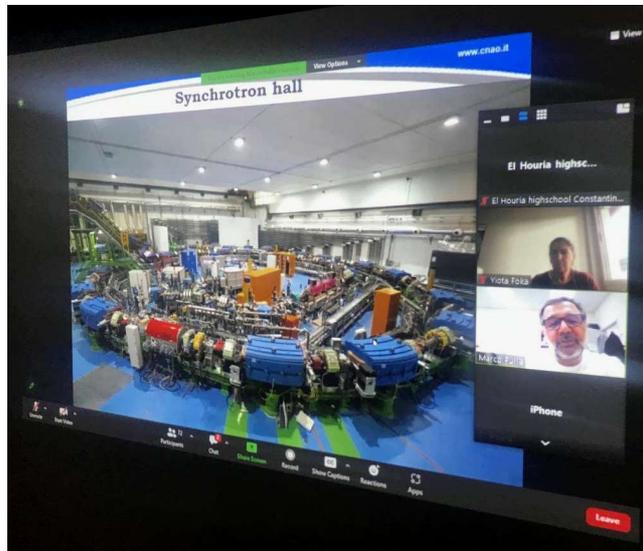
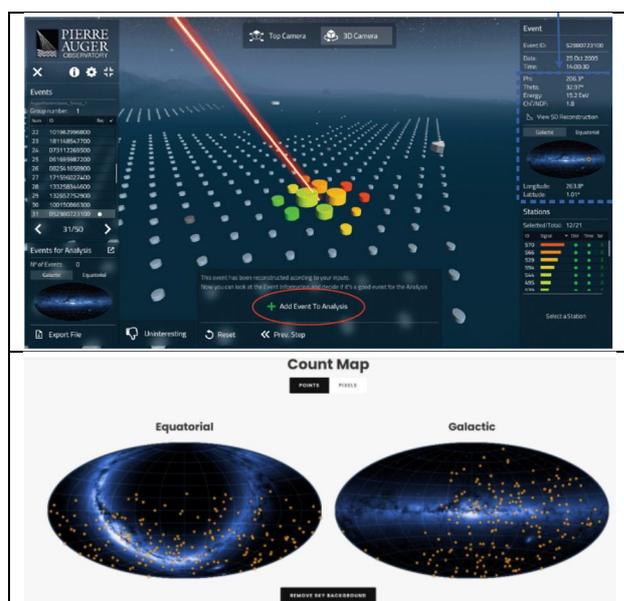


Table 1 Accélérateur synchrotron utilisé en physique médicale

Du plateau de Constantine à la Pampa Amarilla en Argentine

C'est de l'Unité de Médiation scientifique du CERIST, au cœur de la nouvelle Technopole de Constantine que les étudiantes du lycée El-Houria ont finalisé l'analyse des données et tracé les trajectoires à travers l'atmosphère des rayons cosmiques d'ultra haute énergie (UHEC) provenant de phénomènes violents dans l'Univers et dont la nature est toujours inconnue et constitue un des grands mystères de l'astrophysique moderne. Les données provenaient cette fois ci de l'Observatoire international Pierre Auger en Argentine qui le plus grand laboratoire de rayons cosmiques du monde. Après en avoir déduit leurs trajectoires et leurs énergies, elles se sont attelées à les corrélées avec des mégastuctures astrophysiques connues dans le ciel (galaxies et amas galactiques, AGN, trous noirs très massifs...). S'en est suivi comme à l'accoutumée une riche discussion en direct en fin de journée avec une équipe de scientifiques de l'observatoire Pierre Auger lui-même. Il est intéressant de noter que les élèves interrogées sur la branche future des sciences qu'elles comptaient poursuivre à l'Université et qui pour des raisons sociologiques seraient portées à choisir les branches de « luxe » telles les sciences médicales ou l'informatique, ont osés mentionner les sciences exactes comme une possibilité, mais avec applications médicales !

Table 2 Traçage des rayons cosmique d'ultra haute énergie



Nos élèves ont eu cette fois-ci à rivaliser avec quatre autres groupes d'Italie inscrits au programme, la plupart d'entre eux étant des étudiants universitaires, une situation par ailleurs assez injuste. Pourtant, nos braves étudiantes (qui en plus jeunaient et étaient en plines vacances de printemps !), bien encadrées par leur professeur de physique (A.K.) et l'équipe des Masterclasses de l'Unité, ont eu un net avantage dans la gestion de la discussion animée des résultats lors de la vidéo-conférence. Elles sont également arrivées ex-aequo dans le Quiz final avec deux autres groupes italiens. Notons que lors de la discussion des résultats expérimentaux avec les équipes d'experts, seuls les élèves peuvent s'exprimer tandis que les encadreurs eux restent de côté et ne peuvent intervenir.

Notons qu'un galop d'essai en quelque sorte de cette série de Masterclasses fut un autre atelier qui a eu lieu plus tôt dans l'année scolaire à l'occasion du World Wide Data Day le 10 novembre 2022 dans le cadre des Masterclasses LHC-W2D2 organisées par l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN). Il s'agissait de partager et de traiter des données expérimentales obtenu au LHC et dont le lycée El-Houria avait notamment participé avec succès et s'y était distinguée.

En plus des ateliers qui ont pris place au sein de l'Unité, et qui était le couronnement de plusieurs semaines de coaching, les élèves ont eu droit à des visites guidées à la « Maison des Sciences » au sein de l'Unité de Recherche avec ses diverses expositions permanentes et son atelier de réalité virtuelle.

En Guise de Conclusion

Cette expérience pionnière pour l'Algérie ou des étudiants ordinaires ou presque ont pu manipuler des méga-données allant de l'étude des plus petits constituants de la matière aux rayonnement cosmiques d'ultra haute énergie en passant par les rayonnements pour le traitement médical de tumeurs malignes, montre l'incroyable capacité de jeunes esprits motivés lorsqu'ils sont correctement préparés à littéralement se surpasser. Nous comptons généraliser au niveau

régional, voire national si la logistique suit, cette expérience pédagogique unique à même de tirer vers le haut notre système éducatif et être une source d'émulation pour les élèves et leurs enseignants.

Notre équipe de recherche en médiation scientifique est prête à coopérer avec tous les établissements scolaires qui en feront la demande pour les inclure dans le prochain cycle de Masterclasses l'année prochaine, en commençant par organiser des séminaires de formation pour les enseignants.