Souvenirs de Jean-Claude Raynal

Jérôme Charles — CPT Marseille *16 janvier 2016*

J'ai fait ma thèse au LPT de 1996 à 1999, sous la direction d'Olivier. J'ai en fait eu le privilège d'être aussi encadré par trois co-directeurs de thèse, à savoir Luis, Alain et Jean-Claude. Souvent, le rapport nombre d'étudiants sur nombre de directeurs est inverse ! De ces quatre personnalités («Les Quatre Fantastiques», «The Fab Four», j'ai entendu pas mal de surnoms), Jean-Claude était clairement le plus «réservé», si tant est que cet adjectif soit adapté. Peu présent aux séminaires, encore moins aux événements du laboratoire ou aux conférences, il a vraiment fallu que je travaille avec lui pour, un petit peu, le connaître.

J'ai donc mis du temps avant de saisir les impressionnantes compétences de Jean-Claude, en tant que chercheur. J'ai d'ailleurs été déçu, voire agacé, quand Jean-Claude nous a expliqué, calculs à l'appui, que la manière dont nous avions écrit le Lagrangien de ce qui était alors *Large Energy Effective Theory* ne devait pas être correcte, puisque prédisant un spectre hadronique trivial. Cela me semblait contradictoire avec les très jolis (et corrects !) résultats que nous avions obtenus sur les facteurs de forme de désintégration lourd-à-léger dans la limite de grand recul, décrite par cette théorie. Mais Jean-Claude avait effectivement raison, comme l'a montré plus tard la dérivation plus formelle du Lagrangien de *Soft-Collinear Effective Theory* qui incluait une dépendance dans l'impulsion transverse que nous n'avions pas explicitée.

Sur cette même limite de grand recul pour les facteurs de forme, j'ai été plutôt fier de convaincre Jean-Claude que le modèle relativiste de quarks construit selon la procédure de Bakamjian-Thomas a une limite non triviale en loi de puissance, et respecte les symétries de QCD. En effet si on pense un méson léger comme une fonction d'onde dans le modèle des quarks, par exemple du type oscillateur harmonique, on s'attend naïvement à ce que la configuration de Feynman, où le quark actif porte quasiment toute l'impulsion du méson, soit supprimée exponentiellement. Sous une condition assez générale de régularité cela n'est pas le cas, et on obtient une suppression en puissance purement cinématique et indépendante du potentiel. Je me rappelle très bien d'une discussion animée en tête à tête avec Jean-Claude, au tableau noir, jusqu'à ce qu'on soit d'accord.

Mais pour ne pas faire trop long je voudrais détailler un seul exemple qui n'a en fait rien à voir avec la physique des particules. Il s'agit de l'intégrale suivante, vue comme fonction de a :

$$I(a) = \int_{-\infty}^{+\infty} dx \frac{\cos\left(a\sqrt{1+x^2}\right)}{1+x^2}$$

On m'avait demandé de déterminer le comportement asymptotique de $I(a)$ pour a petit, alors que je faisais mon service national en tant que scientifique du contingent, avec un commentaire du style «Tiens, toi qui as fait un DEA de physique théorique, tu dois savoir calculer ça.»

Sauf qu'à l'époque, mes meilleures compétences se résumaient à connaître l'existence du *Gradshteyn and Ryzhik* qui, hélas pour moi, ne contient absolument rien d'utile sur cette intégrale ou un quelconque objet relié. Le problème de cette intégrale est que non seulement elle n'est pas calculable exactement, mais aussi que si on fait le développement naïf de l'intégrand pour a petit avec x fixe, le premier terme obtenu (pour $a = 0$) est intégrable (et donne correctement $I(0) = \pi$), alors que tous les suivants divergent quand on les intègre sur x.

Je m'étais cassé la tête pendant, disons, pas mal de temps, avant de trouver une méthode fastidieuse mais fonctionnelle : il fallait diviser l'intervalle d'intégration en $[0, \epsilon/a]$ et $[\epsilon/a, \infty]$, développer l'intégrand pour $a \to 0$ et x fixe dans le premier, pour $a \to 0$ et $x \to \infty$ dans le second, prendre la limite $\epsilon \to 0$ en montrant que les divergences et dépendances spurieuses en ϵ se compensent, et obtenir ainsi le développement de $I(a)$, avec le résultat amusant qu'il s'agit d'une série en puissances impaires de $|a|$.

Je ne me souviens pas comment j'en étais arrivé à parler de cette intégrale avec Jean-Claude, mais je me souviens très bien que c'était un mardi soir. Le jeudi après-midi, il était revenu avec une note d'une bonne quinzaine de pages, rédigée directement dans *Mathematica*, dans laquelle il avait généralisé le problème à toute une famille d'intégrales paramétriques, déterminé les conditions d'existence et propriétés de convergence, et enfin établi plusieurs lemmes d'analyse complexe permettant de calculer ordre par ordre les développements asymptotiques pour $a \to 0, \infty$.

Heureusement que je n'avais pas besoin de cette intégrale pour ma thèse ! L'histoire ne s'arrête pas là et s'avère facétieuse, puisqu'il s'est encore écoulé 7 ou 8 ans avant qu'à Marseille, Samuel Friot et David Greynat (alors étudiants d'Eduardo de Rafael) ne développent une méthode systématique pour calculer le développement asymptotique d'intégrales paramétriques, telles les intégrales de Feynman. Cette méthode repose sur la transformation de Mellin-Barnes et le théorème de *Converse Mapping*, étudié extensivement par le mathématicien Philippe Flajolet dans les années 1990, qui relie les singularités de la transformée de Mellin avec le développement asymptotique de la fonction originale. Le calcul de $I(a)$ plus haut est une application directe de ce théorème, qui ne prend que quelques lignes : c'est alors que j'ai réalisé que Jean-Claude avait, sans le savoir et à sa manière, redérivé le théorème de *Converse Mapping*.

Je finirai en soulignant quelque chose qui n'est pas évident pour quelqu'un qui ne le connaissait pas ou peu, à savoir que Jean-Claude ne s'intéressait pas qu'à la physique. La meilleure preuve en est qu'il avait toujours le journal frais du jour dans sa veste : eh oui ! Jean-Claude avait *Le Monde* dans sa poche ...