

LP06' : EXEMPLES D'EFFETS RELATIVISTES. APPLICATIONS.

Année : 2021-2022

Passage : Alexandre Pricoupenko

Correcteurs : Léo Mangeolle et Hector Hutin

A propos du titre.

Une bonne moitié du titre étant constituée des mots "exemples" et "applications", il est manifeste que le jury veut absolument nous voir ancrer la relativité dans le monde tangible et concret des choses de la réalité véritable.

Cela signifie qu'il est impensable de consacrer une partie à l'énoncé des modifications apportées par la relativité restreinte aux notions de temps, d'espace, de simultanéité, de composition des vitesses, etc. Seuls les **phénomènes** (même ce morceau du titre est en fait un appel à la réalité concrète, en fait) doivent être présentés, c'est-à-dire les conséquences observables et manifestes de ces nouveaux principes. Ainsi, on ne doit jamais énoncer une propriété relativiste (dilatation du temps, contraction des longueurs, etc) sans donner tout de suite après un exemple de situation où cette propriété intervient phénoménalement (temps de vie des muons, calcul relativiste de l'aberration de la lumière qui est sur Wikipédia, etc).

Concernant ce qu'il convient de considérer comme un effet relativiste (par opposition à la physique dite "classique"), on peut s'interroger sur le statut de la non-conservation de la masse au cours d'une collision. En effet, il n'est fait nulle part mention, dans les postulats de la mécanique "classique", que la masse est une grandeur conservée; les lois de Newton fonctionnent tout aussi bien avec une masse m variable, et tout le monde a déjà fait le calcul du décollage d'une fusée où on voit bien que ça ne pose pas de problème. C'est aussi pour ça que c'est problématique de parler de conservation de la masse dans la leçon "lois de conservation en dynamique/mécanique", parce que ce n'est pas vraiment une *loi* dont on a vraiment besoin pour faire de la mécanique classique un système cohérent d'axiomes : c'est juste une propriété sympathique (approximative) de notre univers qui est franchement contingente. J'irai même plus loin : le fait que, dans une collision inélastique entre particules, la masse n'est pas conservée ne doit rien au caractère relativiste de l'expérience : elle doit tout au mécanisme d'in-

teraction entre particules! En gros, la masse est conservée en mécanique "classique" non pas par opposition à "relativiste", mais surtout par opposition à "quantique" dans le sens où on autorise des phénomènes comme la transformation d'un photon en une paire électron-positron par exemple. Mais dans un univers où ce genre de "réaction chimique" se produirait plus souvent, la masse ne serait absolument pas une grandeur conservée et on n'aurait pas besoin de traitement relativiste pour s'en rendre compte. Tout ceci pour dire qu'on peut avoir envie de vendre la conservation de la masse (ou sa non-conservation) dans la LP lois de conservation et dans les LP relativité, mais il faut bien avoir un peu tous les arguments en tête pour la séance de questions, car c'est un point de vue très discutable.

A propos de l'effet Doppler relativiste.

Vous ne disposez que de 40 minutes pour répondre au sujet, aussi ne répondez pas à côté! Par exemple, si vous voulez traiter de l'effet Doppler relativiste, inutile de faire les calculs de l'effet Doppler non relativiste : ce qui nous intéresse, c'est ce qu'il faut ajouter à la démonstration de l'effet Doppler classique pour qu'il devienne relativiste. Ici, l'utilisation d'un support original (transparents, texte à trous, etc) pourrait s'avérer payante. Notez que l'existence d'un effet Doppler transverse est un effet purement relativiste, ce serait dommage de ne pas en parler.

Mais ceci reste encore très théorique, il nous faut du concret! Vous pouvez parler de l'expérience de Fizeau, par exemple, ou évidemment du décalage vers le rouge et des mesures de Hubble. Concernant ce dernier point, notez qu'il y a deux volets aux expériences de Hubble : elles montrent (1) qu'il y a effectivement un redshift, en comparant les positions de certaines raies spectrales d'éléments connus dans le spectre des galaxies avec les valeurs tabulées dans le référentiel du laboratoire, et (2) que ce redshift est d'autant plus grand que la galaxie observée est lointaine (d'où l'expansion de l'Univers, dont vous pouvez choisir avec

profit de ne pas parler).

A propos des "applications".

Peut-être que le jury entend par "applications" la compréhension des phénomènes concrets mentionnés plus haut, ou peut-être qu'il attend qu'on présente une réalisation technique rendue possible par la connaissance de la relativité. Dans ce dernier cas, l'application au GPS est un bon choix ; il est présenté en détail dans l'épreuve C 2017, mais probablement aussi dans le livre de JP Perez.

Comme l'a fait remarquer Alexandre, ce qui est frustrant avec le GPS, c'est que la relativité

restreinte seule ne suffit pas en réalité, il faut la relativité générale (de même, d'ailleurs, que pour la précession du périhélie de Mercure, cf le Perez là encore) pour obtenir des résultats corrects. Mais il vaut peut-être mieux ne pas s'épancher là-dessus. On peut peut-être se contenter de présenter ça comme un genre de "demi-paradoxe des jumeaux", où l'un des jumeaux est l'horloge atomique envoyée dans l'espace et l'autre est celle qui reste sur Terre. A creuser.

Pour conclure et tant qu'on est à parler d'expériences de pensée : les expériences théoriques à base de trains et de rayons lumineux ne sont probablement pas la tasse de thé du jury. Le concret, y'a qu'ça d'verai.

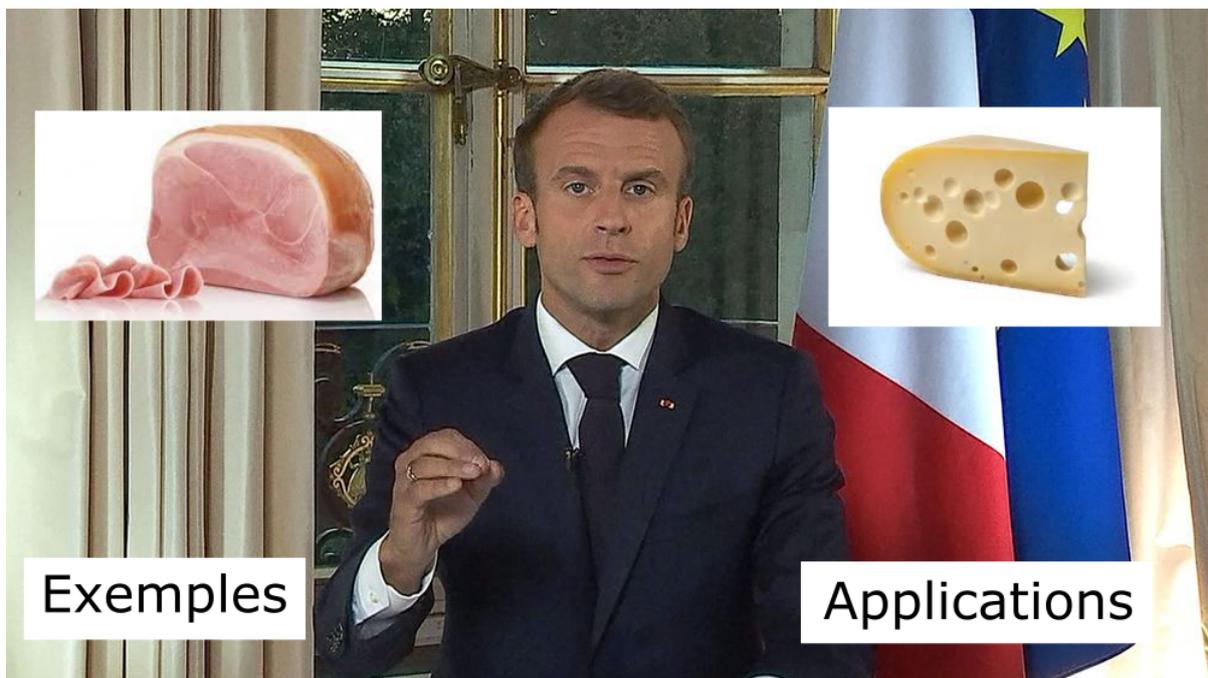


FIGURE 1 – Des choses très concrètes.