

Relativité générale : le principe d'équivalence fort.

Si une personne est en chute libre elle ne sent pas son propre poids. Tous les objets proches de la personne en chute libre tombent comme elle puisque le mouvement de chute est indépendant de la masse, du fait de l'identité de la masse inerte et de la masse pesante.

De cette idée, connue depuis Galilée, Einstein va faire un **principe d'équivalence fort**. **Aucune expérience de physique à l'intérieur d'un petit référentiel en chute libre dans un champ gravitationnel ne peut permettre de distinguer cet état de celui du même référentiel au repos en dehors de tout champ gravitationnel.**

De plus Einstein postule une équivalence entre accélération et gravitation : une accélération (celle de la chute libre) peut « effacer » un champ gravitationnel, mais elle peut inversement créer l'apparence d'un champ gravitationnel.

Einstein utilise volontiers l'expérience de pensée de l'ascenseur en chute libre : une personne se trouvant dans un ascenseur fermé ne saurait dire si l'ascenseur est au repos dans un champ gravitationnel ou bien tiré avec une accélération constante (en dehors de tout champ de gravitation). Dans les deux cas, la personne est appuyée sur le plancher et un objet quelconque tombe exactement comme il le fait sur Terre. L'expression des lois physiques devrait donc être formellement identique dans les deux situations.

En conséquence la relativité restreinte, qui était utilisable uniquement dans des référentiels galiléens (en mouvement rectilignes uniformes les uns par rapport aux autres), est généralisable localement aux référentiels en accélération constante.

La relativité générale est essentiellement une **théorie de la gravitation**. A partir du principe d'équivalence fort, Einstein, avec le mathématicien Marcel Grossmann, va abandonner la notion de force de gravitation à distance (Newton) et développer une **modélisation géométrique de la gravitation (géométrie non euclidienne)**. Les masses matérielles induisent des « courbures » de l'espace-temps.

[...] l'égalité entre masse d'inertie et masse gravitationnelle implique que l'on ne peut pas distinguer, au moins localement, entre une force de gravitation et une force fictive, et on est donc incapable de s'assurer de l'absence de forces de gravitation, alors que l'on peut parfaitement s'assurer de l'absence d'autres types de force, électromagnétiques ou autres : la gravitation joue donc un rôle particulier. Au lieu de s'escrimer à définir un référentiel d'inertie où l'on pourrait écrire la loi de Newton pour une force de gravitation, il est plus économique de décider qu'un référentiel d'inertie est un référentiel en chute libre. Un ascenseur en chute libre ou un satellite en orbite seront donc des référentiels d'inertie. Avec ce choix, ce n'est pas la pomme qui tombe sur Newton dans un référentiel d'inertie lié à la Terre, c'est Newton qui monte vers la pomme dans le référentiel en chute libre où la pomme est au repos !

Michel Le Bellac. *Relativité générale pour les débutants.*

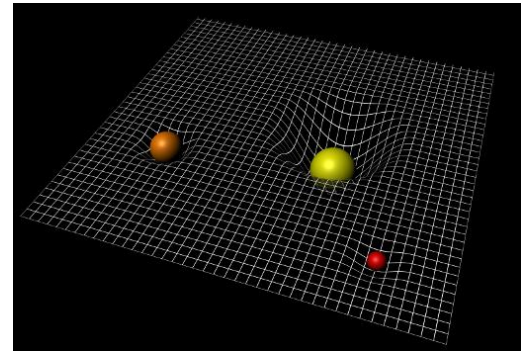
Du principe d'équivalence découlera la théorie de la relativité générale selon laquelle la gravitation n'est plus une force qui s'exerce depuis un objet vers un autre, mais une déformation de la structure même de l'espace-temps ! Thibault Damour.

Grossmann et Einstein - 1912



[Quand j'ai été assis sur une chaise au Bureau des Brevets, à Berne, en 1907] me vint l'idée la plus heureuse de ma vie : le champ gravitationnel n'a qu'une valeur relative, à la manière du champ électrique engendré par l'induction magnétoélectrique. Parce que pour un observateur tombant en chute libre du toit d'une maison, il n'existe – du moins dans son voisinage immédiat - aucun champ gravitationnel. Si d'ailleurs cet observateur laisse tomber des corps, ceux-ci restent par rapport à lui dans un état de repos ou de mouvement uniforme, et cela indépendamment de leur nature physique ou chimique (en ignorant bien sûr ici la résistance de l'air). Cet observateur a donc le droit de se considérer au repos.

Einstein, *Les idées fondamentales et les méthodes de la théorie de la relativité exposées selon leur développement*, manuscrit inédit de 1920.



sci.esa.int/lisa-pathfinder/56434-spacetime-curvature/