Chapitre V

LA DEDUCTION

J'ai la conviction que les constructions purement mathématiques
nous permettent de découvrir les concepts et les lois les unissant ;
ils sont la clef de notre compréhension des phénomènes de la Nature .
Albert Einstein[1]

1. LA DEDUCTION EN LOGIQUE.

Le raisonnement déductif part d'une ou de plusieurs propositions, les prémisses, et aboutit à une conclusion. Dans le cas d'une seule prémisse, la déduction est immédiate, c'est une inférence[2]. S'il y en a plusieurs, la déduction est médiate. C'est le cas du syllogisme, développé par Aristote dans son ''*organon*'', qui comporte deux prémisses et une conclusion logique. Exemple de syllogisme :

Tous les hommes sont mortels,
Socrate est un homme,
Socrate est mortel,

C'est un raisonnement formel qui n'ajoute rien au contenu de la pensée, la conséquence est implicitement contenue dans les principes.

2. LA DEDUCTION EN SCIENCES.

En sciences ce mode de raisonnement part d'un principe général et aboutit à des résultats particuliers, il consiste à tirer les effets d'une cause. Il conduit à une conclusion dont le contenu est tout à fait nouveau par rapport à la proposition de départ. L'opération par laquelle une proposition est établie à partir d'une autre est, par définition, la démonstration.
C'est le mode de raisonnement le plus rigoureux. Les principes, c'est à dire les propositions de départ, sont des propositions indémontrables car, comme le fait remarquer Aristote[3], il est impossible de tout démontrer, sinon on irait à l'infini et il n'y aurait plus de démonstration.
On distingue trois sortes de principes : l'axiome, le postulat et la définition.

---

[1] Conférence '' *On the method of the theorical physics*'' Oxford University Press 1933.
[2] Inférence : *Opération intellectuelle par laquelle on passe d'une vérité à une autre vérité jugée telle en raison de son lien avec la première.* Dictionnaire LAROUSSE.
[3] Aristote : *Métaphysique* Vrin P. 197 & 198

Selon Legendre [4] *''l' axiome est une proposition évidente par elle même* '' :
Exemple : Le premier axiome d'Euclide (Planche V.1) :

''Deux quantités qui sont égales à une même troisième sont égales entre elles.''

Le terme ''postulat '' dérive du mot latin postulare qui signifie demander [5]. Le postulat est une proposition que le savant ''demande'' de lui accorder. Le cinquième '' Postulat d'Euclide'', par exemple, s'énonce :

''Par une point pris hors d'une droite, on ne peut tracer qu'une seule parallèle à cette droite..

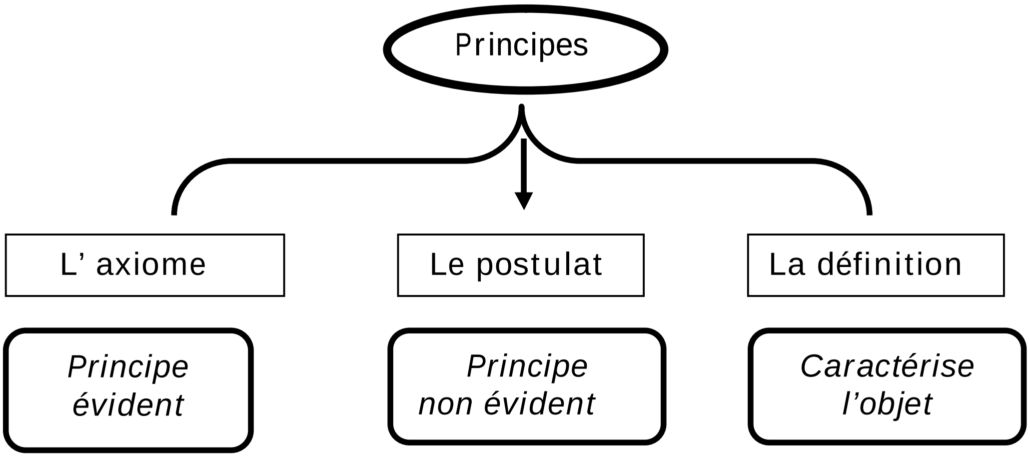


Figure V. 1 : Les principes

La définition détermine les caractères essentiels de l'objet défini, exemple :

''Le cercle est le lieu des points situés à une égale distance d'un point fixe appelé centre''.

Certains savants pensent que cette distinction n'est pas essentielle et proposent d'étendre le mot axiome à tout principe indémontrable. Selon Poincaré :

'' *un postulat n'est qu'une définition déguisée*''.

Quant au mathématicien suisse Gonseth [6] , il écrit à propos de l'axiome'

'' *Il n'y a plus maintenant de proposition évidente par elle même* ''.

C'est ainsi que le philosophe Lalande [7] propose d'étendre au mot axiome

''*toute proposition qui ne se déduit pas d'une autre, mais que l'on pose par un acte décisoire de l'esprit au début de la déduction*''.

C'est sur cette base qu'a été fondée l'axiomatique.

---

[4] Legendre : *''Eléments de géométrie''* , cité dans CUVIER, page 406
[5] Les trois premiers postulats d'EUCLIDE sont appelés, dans la traduction de F. Peyrard , *''Demandes''* et les deux autres *''Axiomes''*(Planche V. 1.).
[6] F. Gonseth : *Les fondements des Mathématiques* : Le François 1933 (Cité dans CUVIER, page 410)
[7] Cité dans CUVIER , page 408.

3. LA DEDUCTION EN MATHEMATIQUES.

3.1. Caractéristique de la déduction mathématique.

La déduction mathématique diffère de la déduction logique basée sur le syllogisme. En effet, comme il a été dit plus haut, en logique la conclusion est contenue dans les prémisses et si, en mathématiques, toutes les propositions pouvaient découler les unes des autres par les règles de la logique formelle elle se réduirait, selon Poincaré à une immense tautologie [8]. Il donne l'exemple suivant [9] :

> Leibnitz cherchait à démontrer que 2 et 2 font 4. Examinons un peu sa démonstration :
> Je suppose que l'on ait défini le nombre 1 et l'opération $x + 1$ qui consiste à ajouter l'unité à un nombre donné x.
> Ces définitions, quelles qu'elles soient, n'interviendront pas dans la suite du raisonnement.
> Je définis ensuite les nombres 2, 3 et 4 par les égalités :
>
> $1 + 1 = 2$ (1) $2 + 1 = 3$ (2) $3 + 1 = 4$ (3)
>
> Je définis de même l'opération $x + 2$ par la relation :
>
> $$x + 2 = (x + 1) + 1 \qquad (4)$$
>
> cela posé nous avons :
>
> $2 + 2 = (2 + 1) + 1$ (définition 4)
> $(2 + 1) + 1 = 3 + 1$ (définition 2)
> $3 + 1 = 4$ (définition 3)
>
> d'où $2 + 2 = 4$ *C.Q.F.D*
>
> On ne saurait nier que ce raisonnement ne soit purement analytique. Mais interrogez un mathématicien quelconque : « Ce n'est pas une démonstration proprement dite, vous répondra-t-il, c'est une vérification. » On s'est borné à rapprocher l'une de l'autre deux définitions purement conventionnelles et on a constaté leur identité, on a rien appris de nouveau. La vérification diffère précisément de la véritable démonstration parce qu'elle est purement analytique et parce qu'elle est stérile. Elle est stérile parce que la conclusion n'est que la traduction des prémisses dans un autre langage.

En mathématiques, la démonstration permet d'aboutir à des résultats nouveaux par rapport à ceux de la proposition de départ.

---

[8] Tautologie : en logique : *Caractère redondant d'une proposition dont le prédicat énonce une information déjà contenue dans le sujet.* Dictionnaire HACHETTE.
[9] POINCARE *La science et l'hypothèse* page 33

3. 2. Exemples en géométrie.

La géométrie est la partie des mathématiques qui étudie les relations entre les points et les figures de l'espace. Selon Blaise Pascal :

'' *l'objet de la géométrie est l'espace*'' [10].

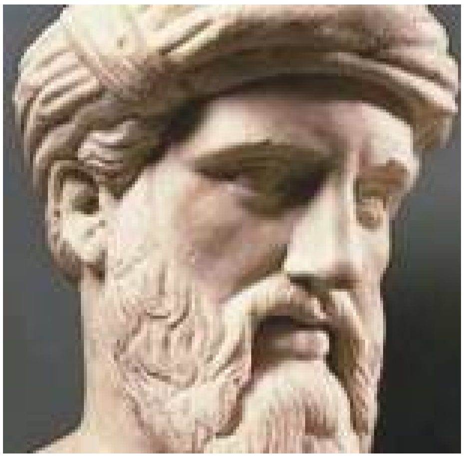
Il s'agit de l'espace tel qu'il est défini par son contemporain Isaac Newton dans les '' *Principia* ....'' (voir § 4.4). Mais à la fin du dix neuvième siècle, les mathématiciens ont introduit de nouveaux concepts d'espace mathématique, ce qui a amené Jean Itard[8] , par exemple, à proposer la définition suivante pour '' les géométries'' :

'' Une géométrie est l'étude d'un ensemble appelé espace, dont les éléments sont appelés points''.

En plus de la géométrie d'Euclide, introduite dès l'antiquité, plusieurs géométries se sont développées à partir du dix septième siècle:

3. 2. 1. La Géométrie d'Euclide

Euclide serait un mathématicien grec du troisième siècle avant J.C, faisant partie de l'école d'Alexandrie. Mais on ignore pratiquement tout sur sa vie.



EUCLIDE III^{ième} siècle Av J.C

Il a rassemblé dans ses ''*Eléments*''' toutes les découvertes faites par ses prédécesseurs dans le domaine des mathématiques.

''Jamais livre de science n'a eu un succès comparable à celui des éléments d'Euclide. Ils ont été enseignés exclusivement pendant plusieurs siècles dans toutes les écoles de mathématiques, traduits et commentés dans toutes les langues ; preuves certaines de leur excellence''.

Ch. Bossut *'' Essai sur l'Histoire générale des Mathématiques''* T. 1 page 45 Paris 1802
Cité dans EUCLIDE : page XV de l'introduction

Cette œuvre, les ''Eléments'' est divisée en treize livres, elle servira à des mathématiciens grecs célèbres tels Appolonius de Perga[11] et Archimède.
Le premier livre contient tous les principes de base de la géométrie classique. Les autres livres rassemblent, du deuxième au sixième, les applications de ces principes à différents problèmes de géométrie plane. Puis la théorie des nombres, la géométrie dans l'espace sont traitées dans les sept derniers livres.

Dans le Livre I des ''Eléments'', Euclide commence par donner 35 définitions, faire 3 demandes (postulats) et poser 12 axiomes.

---

[10] Cité dans BOUVRESSE, et al. *Histoire des Mathématiques* page 67
[11] **Appolonius** de Perga (fin du III^{ème} siècle – début du II^{ème} s Av J.C) : Mathématicien grec.

DEMANDES

1. Conduire une droite d'un point quelconque à un point quelconque.
2. Prolonger continuellement, selon sa direction, une droite finie.
3. D'un point quelconque et avec un intervalle quelconque décrire une circonférence de cercle.

AXIOMES

1. Les quantités qui sont égales à une même quantité sont égales entre elles.
2. Si à des quantités égales on ajoute des quantités égales, les tous sont égaux
3. Si de quantités égales on retranche des quantités égales, les restes sont égaux
4. Si à des quantités inégales on ajoute des quantités égales, les touts sont inégaux.
5. Si de quantités inégales on retranche des quantités égales, les restes sont inégaux
6. Les quantités qui sont doubles d'une même quantité sont égales entre elles.
7. Les quantités qui sont les moitiés d'une même quantité sont égales entre elles.
8. Les choses qui se conviennent mutuellement sont égales entre elles.
9. Le tout est plus grand que sa partie.
10. Tous les angles droits sont égaux.
11. Si une droite tombant sur deux droites fait les angles intérieurs du même côté plus petits que deux droits, les deux droites prolongées à l'infini se rencontreront du côté où les angles sont plus petits que deux droits.
12. Deux droites ne peuvent enclore un espace.

Planche N° V 1 : Les postulats & axiomes d'Euclide

Formulation actuelle des postulats d'Euclide

1^{ier} postulat : *Par deux points A et B, on ne peut faire passer qu'une seule droite.*

2ème postulat :*Tout segment [AB] est prolongeable en une droite passant par A et B;*

3ème postulat : *Pour tout point A et tout point B distinct de A, on peut décrire un cercle de centre A passant par B;*

4ème postulat :*Tous les angles droits sont égaux entre eux;*

5ème postulat : *Par un point extérieur à une droite, on peut mener une parallèle et une seule à cette droite.*

Les définitions : Les deux premières s'énoncent ainsi:

- *Le point est ce qui n'a aucune partie* (N°1),
- *La ligne est une longueur sans largeur* (N°2).

La 35ième et dernière définition porte sur les droites parallèles :

''*Enfin les parallèles sont des droites qui, étant placées sur un même plan et qui étant prolongées de part et d'autre à l'infini, ne se rencontrent nulle part''* (N°35).

Les trois '' Demandes'' ou postulats portent uniquement sur la géométrie, alors que les douze axiomes, qu'Euclide appelle également ''Notions communes'', concernent aussi bien l'arithmétique que la géométrie (Planche V.1)

A partir de ces principes initiaux (définitions, postulats, axiomes), on démontre les théorèmes bien connus de la géométrie euclidienne, puis à partir de ces théorèmes on résout des problèmes particuliers. On utilise, par conséquent, le raisonnement déductif. Dans les ''Eléments'' Euclide résout quarante huit problèmes (Propositions): Parmi les théorèmes bien connus de la géométrie euclidienne, citons le théorème (Proposition N°32) qui dit que

Les trois angles intérieurs d'un triangle sont égaux à deux droits.

Voir la planche V.2
Cette Géométrie, héritée de la Grèce antique, ne nécessite pour la construction des figures que la règle et le compas et oblige à la réflexion[12].

3. 2. 2. Géométries de Lobatchevski et de Riemann.[13]

Selon Poincaré de nombreux mathématiciens ont cherché, en vain, à démontrer le postulat d'Euclide :

> Ce qu'on a dépensé comme efforts dans cet espoir chimérique est vraiment inimaginable.[14]

---

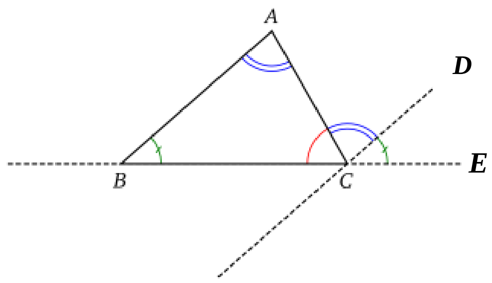
[12] La géométrie analytique, fut introduite au XVIIème siècle par Descartes et Fermat. D'après Maxwell (tome I , § 10, page 9) :« l'introduction des axes de coordonnées en géométrie, due à Descartes a été un des plus grand progrès fait dans les mathématiques car elle a ramené les méthodes de la géométrie à des calculs portant sur des quantités numériques, ceci permet d'appliquer l'algèbre à l'étude des courbes'' .

[13] Il existe d'autres géométries non euclidiennes : La géométrie projective, créée au XVIIème siècle[13] par Desargues (1593-1662), est basée sur le postulat suivant : ' *Deux droites parallèles ont un point commun à distance infinie*''. Cette géométrie est reprise et développée au XIXème siècle par Poncelet[13] qui introduit les points à l'infini : '' *Tous les points à l'infini de l'espace peuvent être censés appartenir à un seul et même plan, nécessairement indéterminé de situation''*
Par définition, la géométrie projective étudie les figures qui se conservent par transformation homographique. La géométrie d'Euclide étudie, quant à elle, les figures qui restent invariantes après déplacement. Si on considère que cette dernière est construite à partir du mouvement des solides indéformables, on peut dire que les propositions de la géométrie projective sont basées sur les propriétés de la lumière et en particulier sa propagation rectiligne (Voir Poincaré page 75). La géométrie projective est utilisée aujourd'hui dans les systèmes de vision 3D par ordinateur. On peut citer encore la géométrie descriptive de Monge, les géométries non archimédiennes dont celle de Giuseppe Veronese

[14] POINCARE *La science & l'hypothèse* page 64.

Le tableau synoptique, ci-dessous, montre comment Euclide a démontré, par déduction, le théorème qui dit que : *La somme des angles d'un triangle est égale à deux droits* (Proposition N°32)

Euclide commence par déduire du 5$^{\text{ième}}$ postulat (axiome 11) la proposition 29 qui dit que : *Les angles alternes, formés par une droite qui coupe deux parallèles, sont égaux entre eux.*
Puis il démontre la proposition 32 :



Traçons la parallèle à la droite *AB* passant par *C*. *AB* et *CD* étant parallèles, les angles *BAC* et *ACD* sont égaux, en vertu de la proposition 29.

De la même façon on a : $ABC = DCE$.
Or $BCA + ACD + DCE = 180°$ (Prop 13) donc $BCA + BAC + ABC = 180°$ CQFD

Axiome 11 (Postulat d'Euclide)

⇩

Proposition 13
La somme des angles formés par 2 droites concourantes et situés d'un même côté est = à 2 π

Proposition 15
Les angles opposés par le sommet sont égaux

⇩

Proposition 29
Les angles internes sont égaux entre eux

⇩

Proposition 32
La somme des angles d'un triangle est égale à deux droits

Planche N° V 2 : Exemple d'un raisonnement par déduction en mathématiques.

Est-il possible de le démontrer, par exemple, à partir d'un raisonnement par l'absurde ? Ainsi, si on remplaçait ce postulat par une proposition contraire, tout en admettant les autres axiomes, on aboutirait à des conclusions contradictoires qui montreraient l'absurdité de la proposition choisie.

> Il serait donc impossible d'appuyer sur de telles prémisses [15] une géométrie cohérente [16].

Or, au XIXième siècle, un tel raisonnement a permis à Lobatchevski et Riemann, d'élaborer des géométries cohérentes.
Nikolaï Lobatchevski conserve tous les axiomes d'Euclide et remplace le cinquième postulat par :

Nikolaï LOBATCHEVSKI 1792-1856

Bernhard RIEMANN 1826-1866

''Par un point extérieur à une droite, on peut mener plusieurs parallèles à cette droite.''

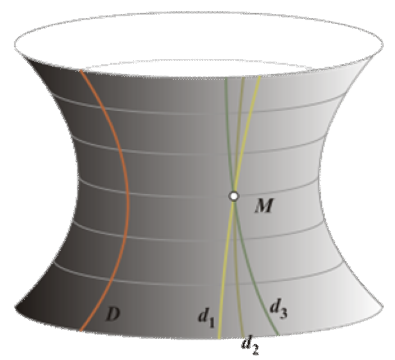


Figure V. 5 *Wikipedia*

Par ''droite'', il faut entendre une ''géodésique. Une géodésique est la plus courte (ou la plus longue) distance entre deux points d'une surface quelconque, elle correspond à une droite dans le plan. Deux lignes sont parallèles, si elles ne se coupent pas.
La figure ci contre donne une représentation graphique du postulat de Lobatchevski dans un espace à deux dimensions.

---

[15] Le nouveau postulat qui contredit le cinquième d'Euclide et les autres axiomes inchangés.
[16] Poincaré *La science et l'hypothèse* page 64.

A partir de ces postulats, il démontre plusieurs théorèmes :

> qui, au premier abord, nous déconcertent mais entre lesquels il est impossible de relever aucune contradiction et il construit une géométrie dont l'impeccable logique ne le cède en rien à celle de la géométrie euclidienne [17].

Parmi ces théorèmes, on peut citer :

La somme des angles d'un triangle est toujours inférieure à 2 π .

La différence entre la somme des angles d'un triangle et 2 π est proportionnelle à la surface de ce triangle.

Il est impossible de construire une figure semblable à une figure donnée mais de dimensions différentes.

Au milieu du dix neuvième siècle, Riemann propose une nouvelle géométrie différente des précédentes. Non seulement il rejette le cinquième postulat d'Euclide mais en outre il modifie le premier :

Par deux points A et B, on ne peut faire passer qu'une droite mais il existe des cas où il est possible de faire passer une infinité de droites.

Il remplace le cinquième postulat par un autre:

''*Par un point extérieur à une droite, on ne peut mener aucune parallèle à cette droite*.''

Après un raisonnement déductif, Riemann aboutit à un certain nombre de théorèmes dont :

La somme des angles d'un triangle est toujours supérieure à 2 π .

L'espace de la géométrie de Riemann est *fini* mais *sans limites.*

Dans le cas d'un espace à deux dimensions, la géométrie de Riemann ne diffère guère de la géométrie sphérique qui n'est qu'une branche de la géométrie classique. L'espace constitué par la surface d'une sphère est fini mais n'a pas de limite. Une fourmi qui se déplace à la surface d'un objet sphérique n'est jamais arrêtée par un bord ou une frontière. Dans cet espace un grand cercle joue le rôle d'une droite. Par un point extérieur à un grand cercle on ne peut faire passer aucun grand cercle. Par deux points A et B on ne peut faire passer en général qu'un grand cercle, mais si ces deux points sont diamétralement opposés on peut en faire passer une infinité.
D'autre part, on sait que dans un triangle sphérique, la somme des angles est supérieure à deux angles droits. Riemann a proposé en 1854 une théorie des géométries non euclidiennes à *n* dimensions.

La géométrie de Lobatchevski est une géométrie hyperbolique à courbure négative et celle de Riemann est une géométrie elliptique à courbure positive. La géométrie d'Euclide devient un cas particulier de ces géométries.

---

[17] POINCARE, page 64

> Les euclidiens ont cru que l'on niait leur géométrie, tandis qu'on ne faisait que la généraliser [18].

A l'origine, ces géométries étaient de pures spéculations de l'esprit et n'étaient nullement destinées à des applications. Or à la fin du XIXième siècle, les mathématiciens Klein et Poincaré ont tiré profit de la géométrie de Lobatchevski pour l'intégration des équations linéaires [19]. D'un autre côté c'est grâce à la géométrie de Riemann qu'Albert Einstein a pu construire, avec l'aide du mathématicien Marcel Grossmann [20], la théorie de la relativité générale. Cette théorie représente l'univers, dans lequel nous vivons, par un espace-temps à quatre dimensions fini et sans limites comme l'espace géométrique de Riemann (voir § 4.4).

4. LA DEDUCTION EN PHYSIQUE.

Comme en mathématiques, le raisonnement déductif en physique part de postulats posés à priori ; les résultats obtenus doivent, dans ce cas, être vérifiés expérimentalement. C'est cette démarche qu'ont suivie en 1905 Henri Poincaré [21] et Albert Einstein [22] dans leurs articles sur la théorie de la relativité restreinte. La démarche d'Einstein est schématisée sur la figure V.6.

4. 1. L'article d'Einstein.

Dans son article Einstein énonce les deux postulats qui vont lui permettre de déduire les nouvelles lois de la théorie de la relativité.

Albert EINSTEIN 1879-1955

[18] Jules Houel cité dans BACHELARD page 26
[19] POINCARE *La science et l'hypothèse* page 69.
[20] Marcel **Grossmann** (1878-1936) mathématicien hongrois. Il fut le condisciple d'Einstein à l'Ecole Polytechnique de Zurich (E.T.H.). La communauté des relativistes honore, depuis 1975, la mémoire de Grossmann en organisant, tous les trois ans, des ''*Marcel Grossmann Meetings*'', pour sa contribution à la relativité générale.
[21] Poincaré Henri : *La dynamique de l'électron* C. R. Ac des Sc. Paris 140, 1504-1508, 5 juin 1905 & Circolo Matematico di Palermo 8 juillet 1905.
[22] Einstein Albert. : *Zür Electrodynamik bewegter Körper* Annalen der Physik 17, 892- 921 1905 Trad. dans ''.*Albert Einstein : Œuvres choisies*'' tome 2 Ed. du Seuil CNRS 1993.

Postulat N°1

> ''…….. dans tous les systèmes de coordonnées ou les équations de la mécanique sont valables, ce sont également les mêmes lois de l'optique et de l'électrodynamique qui sont valables. '' Il sera dans la suite appelé '' principe de relativité''[23]

Postulat N°2 : *La vitesse de la lumière c est la même dans tous les repères d'inertie*. Elle ne dépend pas de l'état de mouvement du corps émetteur.

> Ces deux postulats suffisent pour parvenir à une électrodynamique des corps en mouvement simple et exempte de contradictions…

Dans une première partie, consacrée à la cinématique, Einstein commence par *définir* ce qu'il désignera par système au repos : C'est

> " un système de coordonnées dans lequel les équations de la mécanique de Newton sont valables.''.

Dans un tel système on peut repérer la position d'un point à partir de ses coordonnées et décrire le mouvement une fois que l'on a précisé ce qu'il faut entendre par '' temps''. Selon Einstein, on ne peut définir un temps qu'a l'endroit où se trouve l'horloge. Il montre que la notion de simultanéité dépend du mouvement relatif de deux observateurs. Il en résulte que, dans chaque système de référence en mouvement rectiligne et uniforme, les notions d'espace et de temps doivent être modifiées.
Il considère deux repères d'inertie (R) et (R ') munis chacun de règles rigides et d'horloges. (R ') se déplace par rapport à (R) à la vitesse V constante Le but est de trouver un système d'équations liant les grandeurs spatiales et temporelles entre elles. Ces équations doivent être linéaires en raison :

> ….des propriétés d'homogénéité (*attribuées*) à l'espace et au temps

Il introduit ainsi un troisième postulat .Puis, à partir d'un raisonnement assez compliqué [24] , il aboutit aux transformations de Lorentz à partir desquelles il déduit le théorème de '' l'addition des vitesses'', la contraction des longueurs et la dilatation du temps.

Dans la deuxième partie, Einstein donne les équations de transformation des champs électrique et magnétique qu'il obtient à partir des transformations de Lorentz et du principe de relativité (postulat N° 1). De ces résultats, il déduit les expressions relativistes de l'aberration et de l'effet Doppler.

4. 2. Les postulats de la théorie de la relativité.

4. 2. 1. Les postulats d'une théorie physique sont-ils de pures spéculations de l'esprit qui doivent aboutirent à des lois vérifiées par l'expérience ou bien sont-ils suggérés par des résultats expérimentaux ?

---

[23] Les citations d'Einstein sont tirées de son article.

[24] Ce raisonnement, qui fait intervenir la propagation de signaux lumineux et la synchronisation d'horloges, n'est pas utilisé dans l'enseignement de la théorie de la relativité ; Einstein, lui-même, ne l'a plus utilisé. Dans l'enseignement on se base sur un article qu'il a publié en 1907.

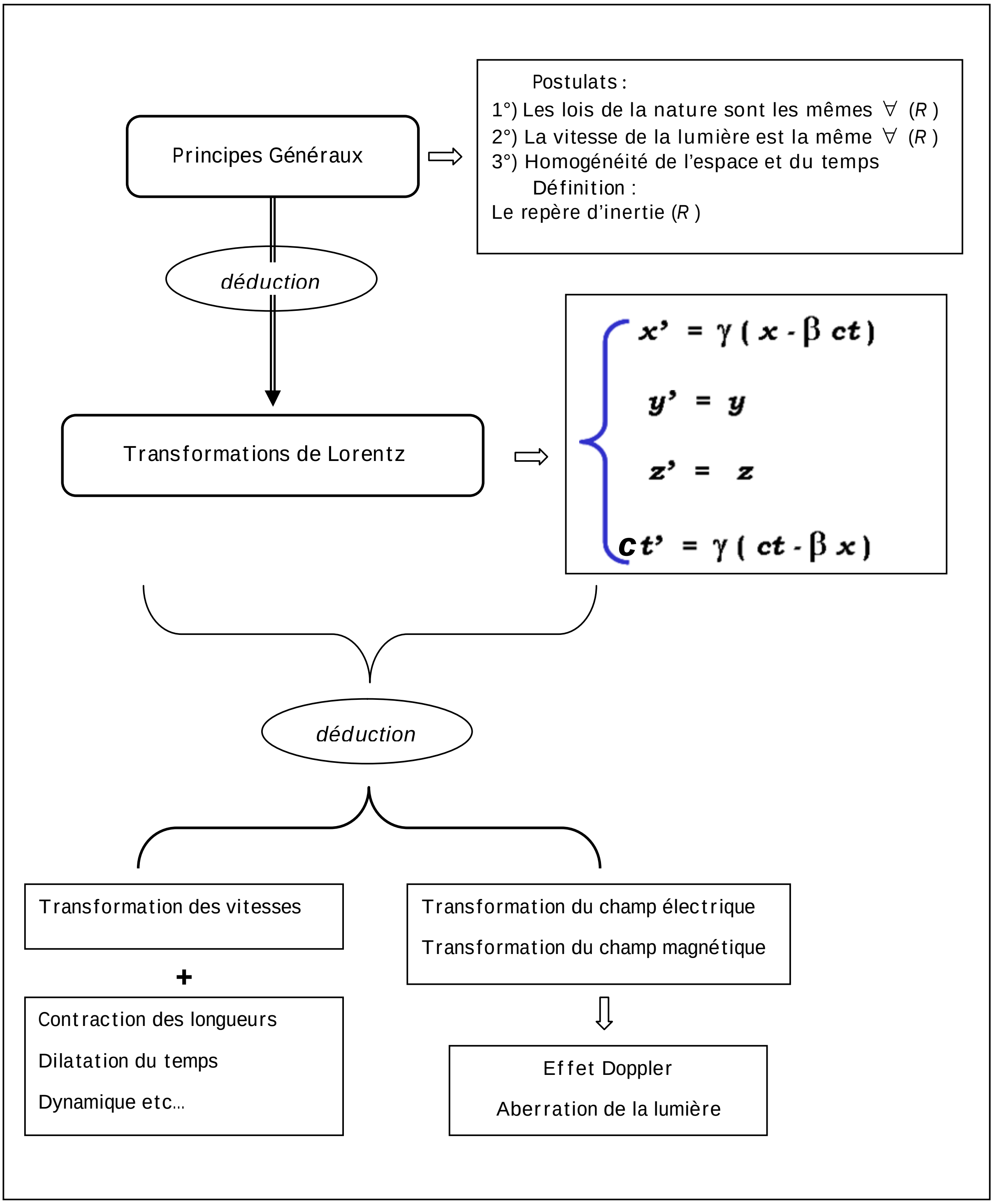


Figure V. 6 : La déduction et la théorie de la Relativité d'Einstein (1905)

Les postulats, sur lesquels repose la théorie de la relativité restreinte, résultent de nombreuses expériences menées au cours du dix-neuvième siècle, dont la plus célèbre est celle de Michelson et Morley[25]. Dans l'introduction de son article Poincaré souligne l'échec des différentes expériences visant à mettre en évidence le mouvement absolu de la terre.

> " Il semble au premier abord que l'aberration de la lumière et les phénomènes optiques qui s'y rattachent vont nous fournir un moyen de déterminer le mouvement absolu de la Terre, ou plutôt son mouvement, non par rapport aux autres astres, mais par rapport à l'éther. Il n'en n'est rien ; les expériences où l'on ne tient compte que de la première puissance de l'aberration ont d'abord échoué et l'on en a aisément découvert l'explication ; mais Michelson, ayant imaginé une expérience où l'on pouvait mettre en évidence les termes dépendant du carré de l'aberration ne fut pas plus heureux. Il semble que cette impossibilité de démontrer le mouvement absolu soit une loi générale de la nature ".[26]...
> Nous sommes naturellement portés à admettre cette loi, que nous appellerons le *Postulat de Relativité* et à l'admettre sans restriction[27].

Le deuxième postulat, sur l'invariance de la vitesse de la lumière *c*, utilisé par Einstein [28] pour démontrer la transformation de Lorentz, est lui aussi suggéré par l'expérience de Michelson et Morley. Or Einstein ne mentionne pas cette expérience, pourquoi ?
Païs trouve la réponse dans une lettre d'Einstein écrite un an avant sa mort

> '' En fait, pour des raisons d'ordre général, j'étais fermement convaincu de la non existence du mouvement absolu…Cela permet donc de comprendre pourquoi l'expérience de Michelson ne joua aucun rôle dans mon combat personnel''.[29] .

En effet, Einstein considère la théorie de la relativité restreinte comme une théorie à principes [30] basée uniquement sur le raisonnement.
Les postulats d'une théorie physique sont, selon Einstein, des constructions de l'esprit. Ceux des théories de la relativité restreinte et de la relativité générale [31] lui ont été suggérés par des expériences de pensée, des ''*Gedankenexperiment''*[32].

---

[25] Voir Chapitre IX : Optique.
[26] Poincaré : Note du 5 juin 1905 *Ref* 42
[27] Poincaré : Article du 8 juillet 1905 *Ref* 42
[28] Poincaré n'utilise pas ce postulat, il part du postulat de la relativité et pose, sans démonstration, un groupe de transformations qu'il baptise du nom de Lorentz. Ce groupe est la traduction mathématique du postulat de la relativité.
[29] PAÏS : page 169
[30] Einstein distingue deux types de théories : les théories constructives, la théorie cinétique des gaz par exemple, et les théories à principes (voir Annexe II), comme la thermodynamique et la relativité. « L'avantage de ces dernières réside dans leur perfection logique et la solidité de leurs fondements ». EINSTEIN *Conceptions scientifiques* pages 12 &13.
[31] La théorie de la relativité restreinte est limitée au repères d'inertie et ne tient pas compte du champ de gravitation, d'où une théorie de la relativité générale où le principe de relativité est généralisé à tous les repères.
[32] Dans une expérience de pensée (*Gedankenexperiment*) Einstein imagine un observateur tombant en chute libre du toit d'une maison. Pour ce dernier'' *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*'' . Ce raisonnement lui permet d'énoncer le principe d'équivalence : '' Il n'y a aucun moyen de

4. 2. 2. Le deuxième postulat, sur lequel repose la théorie d'Einstein, est basé sur un phénomène électromagnétique, l'invariance de la vitesse de la lumière dans le vide. Mais alors pourquoi les propriétés de l'espace et du temps sont elles tributaires des seuls phénomènes électromagnétiques ? C'est cette question que se sont posée certains physiciens dont Jean Marc Levy-Leblond[33] :

> Comment comprendre que la relativité einsteinienne, fondée sur l'analyse de la seule propagation de la lumière, ait vocation à s'appliquer aux interactions nucléaires de nature pourtant essentiellement différente ?

De nombreux chercheurs ont essayé dès 1910 de retrouver par déduction les transformations de Lorentz, sans utiliser ce postulat. Selon Edmund Whittaker [34] :

> Lorsque la relativité fut reconnue comme une théorie couvrant tous les domaines de la physique, des efforts furent faits pour la présenter sous une forme indépendante de la théorie électromagnétique et déductible d'un ensemble d'axiomes plus ou moins plausibles.

On trouve dans la thèse de Jean Pierre Lecardonnel [35] une étude critique des travaux relatifs à ce sujet. Le premier à avoir abordé ce problème serait, selon Lecardonnel, l'universitaire allemand Ignatowski [36] dont le but était de montrer l'existence d'une '' constante universelle d'espace-temps'' à partir du principe de relativité. La démonstration la plus rigoureuse a été présentée, par Jean Marc Lévy-Leblond, dans un article [37] publié en 1976. Cette démonstration est présentée dans le cours de ''Relativité'' en S5.

---

distinguer un champ de gravitation d'un repère en mouvement accéléré par rapport à un repère d'inertie''. C'est, dit-il, *l'idée la plus heureuse de ma vie*. Les citations d'Einstein sont dans Païs page 176.

[33] J.M. Lévy-Leblond *Aux contraires* Ed. Gallimard 1996.
Jean Marc **Levy-Leblond** (1940 -) Physicien et épistémologue français.

[34] Cité dans la thèse de Jean Pierre Lecardonnel page 46 (ci-dessous).
Sir Edmund **Whittaker** (1873 - 1956) : Mathématicien britannique. Il a écrit un livre d'histoire des sciences: '' *A History of the theory of Aether and Electricity* '' Vol. 1 &2 Ed. Neslson, London 1951-1953. Dans ce livre, il retrace l'histoire de l'éther de Descartes à Lorentz, et rappelle la contribution de Poincaré à l'élaboration de la théorie de la relativité restreinte.

[35] Jean Pierre Lecardonnel : *Variations sur le principe de relativité* . Thèse, Paris 1979.

[36] W.V. Ignatowski Archiv. Der Math. und Phys. III, 17, 1, 1910

[37] Jean Marc Lévy-Leblond : *One more dérivation of the Lorentz transformation*" American Journal of Physics Vol. 44, N° 3, March 1976.