



**HAL**  
open science

# Origine et conséquence de la certitude apportée par les lois physiques et les analogies

Alain Cotte

► **To cite this version:**

Alain Cotte. Origine et conséquence de la certitude apportée par les lois physiques et les analogies. 2011. hal-00562071v1

**HAL Id: hal-00562071**

**<https://hal.science/hal-00562071v1>**

Preprint submitted on 3 Feb 2011 (v1), last revised 14 Oct 2012 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Origine et conséquence de la certitude apportée par les lois physiques et les analogies

Alain Cotte

**Résumé** : le langage et les *mathématiques-physiques*, semblaient être a priori deux langages distincts. L'un apportant une certitude par quantités, l'autre par le sens, sans qu'il y ait de lien entre eux. Dans cet exposé, ce lien a été découvert via la comparaison entre une **formule** d'une loi physique et celle d'une analogie sur le même phénomène. Le résultat formel est qu'une formule est une partie strictement incluse dans l'autre. Ce qui fait apparaître que les formules des analogies sont les plus complètes et proviennent de quatre opérations formelles inédites. Dans la deuxième partie, il a été observé que ces quatre opérations correspondent au processus cognitif par analogie. Dans la troisième partie, ce pont avec la cognition fait apparaître par comparaison, que la présence d'éléments quantifiables dans des formules qui ne le sont pas, peut affecter le processus cognitif par analogie. Dans ce cas, le processus peut s'en remettre à la quantification. En conclusion, les analogies isolent de ce défaut en apportant la certitude la plus élevée.

**Mots-clés** : formalisation, linguistique analytique.

## 1 Introduction

Le langage et les mathématiques-physiques semblent être a priori deux langages distincts. L'un apporte une certitude par quantités sans signification et l'autre a du sens sans l'absolu des *lois* physiques. Il reste à découvrir ce que sont chacun, leur lien et celui qui apporte le plus de certitude.

Cette recherche de la formulation de la certitude se retrouve depuis l'antiquité dans la logique de Socrate, dans la linguistique analytique qui suppose des règles internes dans le langage et dans la tentative de formalisation des mathématiques. Elle se retrouve aussi dans plusieurs autres domaines ; l'épistémologie, la psychologie cognitive, la philosophie avec Descartes et la physique dans les écrits dits philosophiques qui ont suivi une

découverte d'une *loi* physique, pour en rechercher la signification. Ces recherches n'ont pas abouti.

Pourtant, un autre type de formule rivalise inexplicablement de certitude lors de découvertes de *lois* physiques ; l'analogie dite géniale qui l'accompagne parfois, comme le bain d'Archimède et la fronde (pomme) de Newton.

Dans cet exposé, le lien entre les deux *langages* a été découvert via la comparaison inédite d'une formule d'une *loi* physique avec une formule d'une analogie sur le même phénomène. Le lien a aussi permis d'identifier ce que sont l'un et l'autre. Puis, une confirmation est venue de la complète réunification de la linguistique, des mathématiques, de la physique et de la logique par rapport à ce lien entre les deux formules.

Le lien s'est aussi retrouvé dans ce que saisissent ces formules d'un même phénomène, dans deux types de certitudes et la conséquence de cette dualité sur la cognition.

## 2 Méthode

La méthode utilisée a été la comparaison visuelle en plaçant si possible les éléments l'un à côté de l'autre, pour observer l'identique et le distinct.

Note : le phénomène de l'analogie observée est celui de l'élévation de la température d'un gaz (l'air) dans un piston en compression. Cette élévation de température peut être observée sur une pompe à vélo en utilisation.

## 3 Résultat

### 3.1 Ecriture identique

#### 3.1.1 - L'analogie écrite (Feynman R.) avec l'aspect commun

Dans une pompe à vélo, l'effet du piston est comme un joueur de tennis qui frappe une balle vers une paroi distante. La balle revient, le joueur de tennis avance en la frappant vers la paroi. La balle repart accélérée d'autant que l'avancée. Le joueur de tennis arrive près de la paroi. La balle ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au joueur de tennis.

(Ce qui a pour conséquence l'augmentation de l'effort comme de la température.)

#### 3.1.2 - La formule dédoublée fait apparaître les cas

Un joueur de tennis frappe une balle vers une paroi distante. La balle revient, le joueur de tennis avance en la frappant vers la paroi. La balle repart accélérée d'autant que l'avancée. Le joueur de tennis arrive près de la paroi. La balle ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au joueur de tennis.

Un piston frappe une molécule vers une paroi distante. La molécule revient, le piston avance en la frappant vers la paroi. La molécule repart accélérée d'autant que l'avancée. Le piston arrive près de la paroi. La molécule ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au piston.

### 3.1.3 - La formule réécrite comme celle d'une *loi physique*, avec des variables

Un .....b..... frappe une .....a..... vers une paroi distante. La .....a..... revient, le .....b..... avance en la frappant vers la paroi. La .....a..... repart accélérée d'autant que l'avancée. Le ..... b..... arrive près de la paroi. La .....a..... ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au .....b.....

a : balle et b : joueur de tennis  
a : molécule et b : piston

$$p = 0,5 \times g \times d^2$$

p : profondeur en mètres  
d : durée en secondes  
g = 9,81 (g considéré fixe)

Les formules ont le même aspect d'écriture avec des variables.

Convention ; par la suite, ce qui sera appelé *formule d'analogie* sera la formule elle-même, notée avec « a et b », sans cas. Une formule de *loi physique* sera appelée : *formule quantifiée* appelée *loi* ou *formule de loi quantifiée*.

## 3.2 Les spécificités absolues identiques

### 3.2.1 - Une formule unique pour un phénomène unique

Une formule de *loi* quantifiée est unique parce qu'une autre ne peut pas saisir le même rapport de proportions entre les mêmes parties du même phénomène.

Plusieurs personnes pourraient avoir formulé des analogies pour un même phénomène (comme celle sur le « piston » vu avant). Ces analogies pourraient être ; un jeu de balle au mur, un jeu de ballon contre une paroi et un jeu de palet élastique contre un bord de table.

Et si ces « cas » : « balle au mur », « ballon » et « palet » étaient enlevés de la formule et remplacés par des « a » et « b », il est **possible** que ces formules soient identiques à celle du piston vue avant.

### 3.2.2 - Les rapprochements

Une même formule de *loi* quantifiée peut s'appliquer à la chute d'une pomme et au mouvement d'un astre.

La formule d'analogie du piston vue avant, fait le rapprochement entre la température élevée due à la pression d'une pompe à vélo et l'effort d'un joueur de tennis pour avancer vers une paroi sous la pression d'une balle de plus en plus accélérée.

### 3.2.3 - La précision

Pour l'illustrer, une formule quantifiée appelée *Loi* d'Avogadro, établit le rapport de proportions entre la mesure « pression » avec la mesure « température ».

$$p \times v = n \times r \times t$$

p pression du gaz (en pascal)  
v volume du gaz (en mètre cube)  
n quantité de molécules (en mole)  
r constante  
t température (en kelvin)

Pour cette formule, le recours au calcul permet d'obtenir des résultats à plusieurs chiffres après la virgule.

Cependant après une limite, la formule donne des résultats qui s'écartent de plus en plus des mesures relevées sur le phénomène,

La formule d'analogie du piston décrit le principe élémentaire du phénomène d'élévation de température d'une pompe à vélo en compression.

Cette formule correspond à celle de la *loi* d'Avogadro.

Cependant, la formule de l'analogie peut être détaillée en ajoutant de nombreux joueurs de tennis et de nombreuses balles. Ainsi, les balles vont s'entrechoquer et se freiner.

Cette formule correspondrait au phénomène d'entrechoquement des molécules d'air, quantifié par la formule de la *Loi* de Van Der Waals.

Par conséquence, il est **possible** qu'une formule d'analogie ait aussi la spécificité dite absolue de la précision.

Une autre formule de *loi* quantifiée ; la *Loi* de Van Der Waals la complète et la remplace, avec des résultats avec davantage de chiffres après la virgule, et qui correspondent aux mesures relevées sur le phénomène. La formule apporte davantage de précision.

### 3.2.4 - Les opérations

Une formule de *loi* quantifiée peut être obtenue par des opérations sur la formule même. Ces opérations de constructions et de transformations sont permanentes (invariables).

Il n'y a pas de certitude qu'il n'y ait pas des opérations invariables pour obtenir une formule d'analogie. Par conséquence, qu'il y ait de telles opérations est **possible**. Elles vont être recherchée.

## 3.3 Discussion

- Il a uniquement été observé qu'il est **possible** que les deux types de formules aient les mêmes spécificités dites absolues.

- Il semble discutable qu'une formule d'analogie puisse être une « formule unique pour un phénomène unique » parce qu'il y a des utilisations très variées dans une même langue et entre plusieurs langues. Cependant, après des reformulations équivalentes, un recours aux synonymes et aux traductions, les formules pourraient être identiques.

- La précision qui a été observée, vient exclusivement de la formule. Plus la formule inclue de détails sur le phénomène, plus elle est précise. Le *nombre de chiffres après la virgules* n'en est que la conséquence visible.

## 3.4 Quatre signatures identiques d'opérations

Des opérations communes pouvant laisser une signature invariable sur les deux types de formules, cette signature a été recherchée et observée à quatre reprises.

Formules observées

$$p = 0,5 \times g \times d^2$$

p : profondeur en « mètres »

d : durée en « secondes »

g = 9,81 (considérée fixe)

Un .....b..... frappe une .....a..... vers une paroi distante. La .....a..... revient, le .....b..... avance en la frappant vers la paroi. La .....a..... repart accélérée d'autant que l'avancée. Le .....b..... arrive près de la paroi. La .....a..... ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au .....b.....

a : balle et b : joueur de tennis

a : molécule et b : piston

### 3.4.1 - La délimitation

- La formule de loi quantifiée est délimitée. Chaque partie limitée mesurable (profondeur) d'un phénomène limité correspond à un élément limité (p). Chaque élément étant délimité par des espaces, la formule est aussi délimitée par des espaces.

- La formule d'analogie est aussi délimitée. Chaque partie limitée observable (piston) d'un phénomène limité correspond à un élément limité (écriture « piston »). Chaque élément étant délimité par des espaces, la formule est aussi délimitée par des espaces.

### 3.4.2 - La précision

- La formule d'une *loi* quantifiée ne peut pas être davantage réduite ni étendue en longueur (hors équivalence). Il n'est pas possible de la réduire ni de l'étendre.

- Une formule d'analogie aussi ne peut pas être réduite, ni étendue (hors équivalence). Il n'est pas possible de la résumer (réduire) ni utile de la détailler (étendre en longueur).

### 3.4.3 - L'immobilité

- Pour une formule de *loi* quantifiée, les éléments sont liés ou *immobilisés* entre eux. Ils ne peuvent se déplacer dans la formule qu'en restant liés.

- Pour une formule d'analogie aussi, les éléments sont *immobilisés* entre eux. Aucun ne peut se déplacer dans la formule.

Dans la formule suivante, les éléments de la sont immobilisés entre eux :

$$p = 0,5 \times \underbrace{g \times d^2}_{\text{🔒}}$$

Il est possible d'ajouter « +1 - 1 » sans modifier l'équilibre de la formule. Aucun des éléments de : «  $0,5 \times g \times t^2$  » ne peut passer de l'autre côté de « +1 - 1 » sans le groupe entier :

$$p = \underbrace{0,5 \times g \times t^2}_{\text{🔒}} + 1 - 1$$

### 3.4.4 - La direction de lecture

- Pour une formule de *loi* quantifiée, il n'y a pas de direction de lecture. La formule est identique et valable quelle que soit la direction dans laquelle elle est lue :

$$\longleftrightarrow$$

$$p = 0,5 \times g \times t^2$$

Les éléments de la formule peuvent changer de place, elle reste identique quelque soit la direction dans laquelle elle est lue :

$$\longleftrightarrow$$

$$p = 0,5 \times t^2 \times g$$

- La formule d'une analogie a une direction de lecture unique. Les éléments, les étapes se suivent les uns après les autres. Il n'y a pas de retour en arrière possible.

Illustration avec un cas dans la formule :

Un joueur de tennis frappe une balle vers une paroi distante. La balle revient, le joueur de tennis avance en la frappant vers la paroi. La balle repart accélérée d'autant que l'avancée. Le joueur de tennis arrive près de la paroi. La balle ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au joueur de tennis.

*La délimitation, la précision, l'immobilité et la direction de lecture* sont invariablement observables sur les deux types de formules. Aucune autre formule ne peut avoir les trois ou quatre à la fois. Elles seront appelées par la suite : les *invariants*.

## 3.5 Discussion

Il semble qu'il y ait une observation invariable plus évidente pour les deux types de formules. L'une est écrite en chiffres et l'autre en lettres. Cependant chiffres et lettres sont deux conventions. Celle en lettres est moins adaptée que celle en chiffres pour les formules de lois quantifiées, et pourtant possible : « la profondeur est égale à une demi fois la durée de chute au carré... ». Par conséquence, cette observation lettres - chiffres n'est pas invariable et n'a pas été relevée.

Pour compléter, les conventions d'écritures chiffres et lettres sont remarquablement adaptées à la notion de *direction de lecture*.



L'écriture en chiffre correspondant à « quatre » est courte et plus aisément lisible quelle que soit la direction :

↔  
4

L'écriture en lettres ne se lit que dans une direction :

→  
quatre

- Autre remarque : (qui confirme la précédente)

la « direction de lecture » a été relevée même si elle n'est pas commune aux deux types de formules. Cependant, son absence dans les formules de *lois* quantifiées est aussi invariable et sans exception que sa présence dans les formules d'analogies.

Cette observation est permanente dans les deux types de formules, même si elle n'est pas identique.

### 3.6 Première opération identique, *l'inclusion*

Il a été supposé que le premier invariant ; *la délimitation* était le résultat d'une opération. Elle a été recherchée et trouvée : l'inclusion.

Il a été supposé : « pour que les deux types de formule puissent être délimitées, que chaque élément puisse être délimité par des espaces, cette même opération a été faite... »

Les parties limités du phénomène ont été strictement incluses.

Illustration pour les formules de *lois* quantifiées :

p : profondeur en « mètres »  
d : durée en « secondes »  
g : (donné fixe : « 9,81 »)

Illustration pour les formules d'analogies :

frappe, paroi, accumuler, accélération,  
avancer, résistance  
a : molécule et b : piston

Cette opération a donné aux deux types de formule l'invariant de la *délimitation*.

### 3.7 Discussion

En suivant la signature invariable de la « délimitation », une opération invariable et commune a été trouvée : l'inclusion.

Cette opération est comme découper chaque partie d'un phénomène de son environnement pour le coller sur une page blanche.

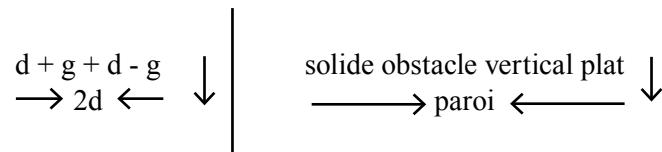
Si dans les deux types de formules un élément limité et mesurable *distance*, ou observable *piston* n'avait pas été inclus, la formule n'aurait pas saisi le phénomène complet (limité).

Note : l'opération inverse est « l'exclusion » stricte.

### 3.8 Deuxième opération identique, *la réduction par équivalence*

Dans ce chapitre, en suivant la signature de la « précision », une deuxième opération est invariable et commune aux deux types de formules : la « réduction par équivalence ».

Pour des éléments :



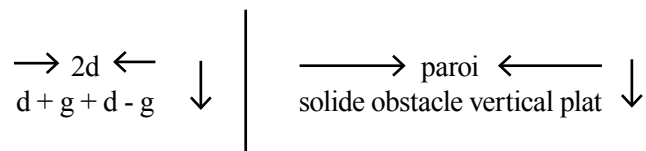
Plusieurs éléments ont été rassemblés et remplacés par un équivalent ou annulés, ce qui a eu pour effet de réduire la longueur de la formule.

La réduction par équivalence est une opération invariable et commune qui donne l'invariant de « précision » aux deux types de formules.

### 3.9 Discussion

Cette opération n'est pas à confondre avec l'opération « additionner pour obtenir un total » dont le but n'est pas de réduire la longueur d'une formule. Par ailleurs, cette opération n'a pas d'opérateur ni de signe.

Note : l'opération inverse est « l'extension par équivalence », qui étend l'écriture des éléments ou les fait apparaître et a pour effet d'étendre la longueur de la formule :



### 3.10 Troisième opération identique, *l'extraction et mise en commun*

En suivant l'invariant de l'immobilité, une troisième opération invariable a été observée ; « l'extraction et mise en commun ». Elle donne l'invariant de « l'immobilité » aux deux types de formules.

Il a été de supposé : « pour que les formules aient l'invariant d'immobilité, que les éléments soient liés entre eux tels qu'ils ne puissent plus se déplacer séparément, cette opération a été faite... » L'extraction d'élément commun et la mise en commun de cet élément.

Dans la sous-formule suivante,

« 2 » et « t » peuvent se séparer et se déplacer :

$$\dots \underline{2} \times a + \underline{t} \times a + \dots + \dots$$

$$\dots \underline{2} \times a + \dots + \dots + \underline{t} \times a + \dots$$

« a » est commun :

$$\dots \underline{a} \times 2 + \underline{a} \times t + \dots + \dots$$

« a » a été extrait et mis en commun :

$$\dots \underbrace{a \times (2 + t)}_{\text{🔒}} + \dots + \dots$$

Des éléments peuvent se déplacer :

L'élasticité de l'air, la rigidité du mur et l'élasticité d'une balle.

« Elasticité » étant l'élément commun, il a été extrait et mis en commun :

L'élasticité de l'air et d'une balle, et la rigidité du mur.



Les éléments ne peuvent se déplacer qu'en restant liés. Ils sont *immobilisés* entre eux.

### 3.11 Discussion

Cette opération correspond à la factorisation. Cependant elle n'est pas celle de la « multiplication » (ou division) qui n'a pas pour but d'immobiliser des éléments entre eux.

Note : l'opération inverse est la « distribution », qui redonne la mobilité aux éléments immobilisés entre eux :

$$\dots \underbrace{a \times (2 + t)}_{\text{🔒}} + 1 + p \dots$$

$$(a \times 2) + (a \times t) + 1 + p$$

$$a \times 2 + a \times t + 1 + p$$

L'élasticité de l'air et d'une balle et la rigidité du mur.



Distribution de *élasticité* :

L'élasticité de l'air, l'élasticité d'une balle et la rigidité du mur.

Les éléments peuvent se déplacer :

L'élasticité de l'air, la rigidité du mur et l'élasticité d'une balle.

### 3.12 Quatrième opération, *la mise en suite*

La dernière signature invariable qui avait été relevée dans les deux types de formules est « la direction de lecture ». Avec une distinction : les formules d'analogies ont une direction de lecture unique et les formules de *lois* quantifiées n'en ont aucune.

Cet invariant pouvant provenir d'une opération, dans ce chapitre, elle a été recherchée et trouvée : la « mise en suite ».

Il a été supposé : « pour qu'une formule d'analogie ait une direction de lecture unique, que les éléments et les étapes se suivent les uns après les autres tels qu'il n'y a pas de lecture possible dans l'autre direction de la formule, cette opération a été faite... »

Illustration : une personne qui n'a pas découvert le lien entre chenille et papillon, fait ces observations l'une après l'autre pour la première fois :

Un papillon se pose sur un chou.  
Un oeuf sur un chou est devenu une chenille.  
Un papillon sort d'un cocon.  
La personne apprend qu'un papillon peut pondre.  
De minuscules araignées sortent d'un autre cocon.  
Une chenille se nourrit de chou.  
Elle apprend qu'une chenille ne peut pas pondre.  
Elle apprend qu'un papillon ne peut pas s'alimenter.  
Une chenille tisse un cocon.  
Elle apprend l'aspect qu'a, et ce qu'est une chrysalide.

Tant que la personne n'a pas fait la dernière observation, elle a eu la certitude d'avoir observé deux insectes distincts.

Cette succession d'observations n'est pas le déroulement dans lequel le cycle s'est produit du point de vue de l'insecte.

Pour que la personne reconstitue ce déroulement, l'opération de *mise en suite* dispose les éléments les uns après les autres dans des étapes et dispose les étapes (ou sous-formules) l'une après l'autre :

→  
Un oeuf sur un chou est devenu une chenille.  
Une chenille se nourrit de chou.  
Sur un chou, une chenille prépare une chrysalide.  
D'une chrysalide éclos un papillon.  
Un papillon se pose sur un chou  
Sur un chou, un papillon pond.  
↓

L'opération de mise en suite a reconstitué le déroulement tel qu'il s'est produit pour le phénomène (l'insecte). Cette opération aboutit à l'invariant de direction de lecture des formules d'analogies.

### 3.13 Discussion

L'illustration a été simplifiée pour exposer l'opération même. Cependant l'application est plus abstraite.

Note : l'opération inverse est celle du « mélange ».

- L'opération du mélange inverse les éléments dans les étapes et les étapes dans la pile. La première suite dans laquelle les étapes d'un phénomène ont été observées est très difficile à remettre en cause. Cette première suite constitue un *a priori*, qu'il est indispensable de défaire avec l'opération du mélange, pour refaire une mise en suite.

- Pour une formule de *loi* quantifiée, cette opération du mélange peut tester l'absence de direction de lecture dans les formules, qui est invariant pour ce type de formule.

## 4 La comparaison

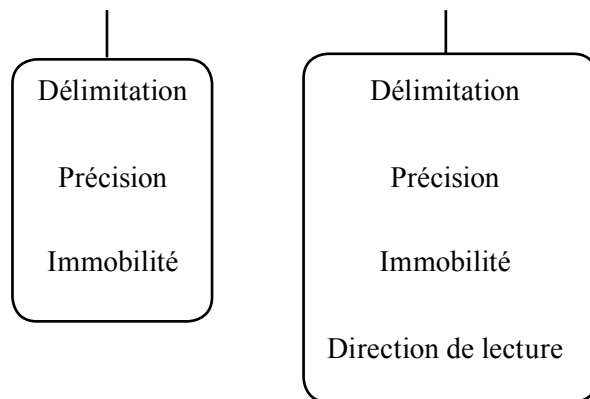
Les deux types de formules ayant un aspect d'écriture identique, des opérations identiques, des spécificités absolues identiques (dont les opérations), les deux types de formules ont été comparées par rapport aux invariants.

### 4.1 L'inclusion des formules

#### Les deux types de formules l'un à côté de l'autre

Formule de *loi* quantifiée

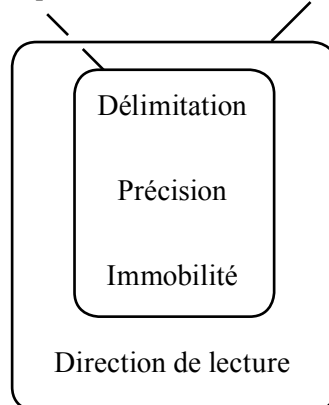
Formule d'analogie



#### Les deux types de formules superposés

Formule de *loi* quantifiée

Formule d'analogie



Une formule de *loi* quantifiée est une partie strictement incluse dans une formule d'analogie (comme son noyau ou son squelette).

## 4.2 Discussion

Remarque ; la distinction la plus visible, l'aspect des conventions d'écritures en chiffres et en lettres, ne contredit pas l'inclusion. « Quatre » et « 4 » ne se distinguent que par la direction de lecture.

Les deux types de formules sont similaires, à part la « direction de lecture » (unique pour l'un, absente pour l'autre).

Une autre distinction pourrait être la double convention d'écriture (en chiffres et en lettres), cependant il a été observé qu'elle pouvait provenir de l'adaptation à la « direction de lecture ».

Les deux types de formules sont strictement identiques à une exception : la direction de lecture.

## 4.3 L'apport de la direction de lecture, le déroulement

Dans le chapitre précédent, il a été observé qu'une formule de *loi* quantifiée est une partie incluse dans une formule d'analogie.

Par conséquent, les formules d'analogies ont un invariant supplémentaire ; celui de la direction de lecture. Ce qui devrait être un avantage par rapport aux formules de *lois* quantifiées.

A partir des deux formules du phénomène d'élévation de température lors de la compression d'un piston, il a été comparé ce que les deux types de formules saisissent de ce même phénomène.

- Une formule de *loi* quantifiée saisit un rapport de proportions équilibrées.

Illustration, la formule dite *loi* d'Avogadro saisit le rapport d'équilibre entre ces éléments mesurables :

$$p \times v = n \times r \times t$$

p pression du gaz (en pascal)  
v volume du gaz (en mètre cube)  
n quantité de molécules (en mole)  
r constante  
t température (en kelvin)

- La formule d'analogie saisit aussi ce rapport d'équilibre.

A partir de la formule suivante, il peut être obtenu le rapport d'équilibre entre l'avancée (pression), le nombre de balles et le poids des balles (unité : mole), le volume de la chambre et la température. Ce rapport d'équilibre correspond à celui de la formule de la *loi* d'Avogadro.

La formule saisit aussi un déroulement supplémentaire en plusieurs étapes.

Un .....b..... frappe une .....a..... vers une...

La direction de lecture apporte un supplément à la formule d'analogie ; un déroulement.

#### 4.4 Discussion

Un rapport d'équilibre peut être obtenu à partir de la formule de l'analogie. Conformément à l'inclusion, l'inverse n'est pas possible, le déroulement du phénomène ne peut être obtenu à partir de la formule de *loi* quantifiée.

La formule d'une analogie est plus complète qu'une formule de *loi* quantifiée. (Ce qui ne veut pas dire qu'une analogie soit une formule complète.)

#### 4.5 L'inclusion des spécificités *absolues*

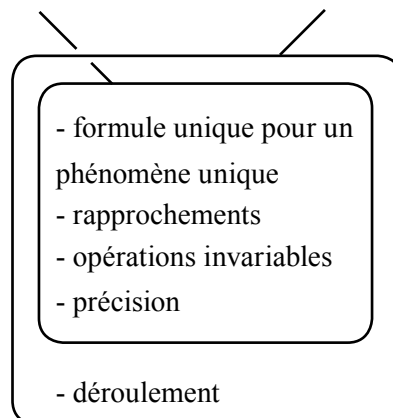
Dans des chapitres précédents, il a été observé que les deux types de formules pouvaient avoir les mêmes spécificités dites *absolues* :

- formule unique pour un phénomène unique
- rapprochements
- précision
- opérations invariables sur la formule

L'inclusion des deux types de formules apporte un fondement à la similitude de ces spécificités.

Dans ce chapitre, il a été observé que les spécificités des formules de *lois* quantifiées suivent l'inclusion des formules et sont strictement incluses dans celles des formules d'analogies.

Formule de loi quantifiée      Formule d'analogie



Les spécificités *absolues* des formules de *lois* quantifiées sont incluses dans celles des formules d'analogies.

#### 4.6 Discussion

L'inclusion des formules et des spécificités entraîne que les formules d'analogies ont d'autres spécificités identiques :

- la formule est valable pour elle-même, quel que soit le cas « a et b », s'il peut entrer dans la formule (comme celle du piston), le cas est valable.

- la formule d'analogie est aussi valable dans les limites de la formule. Une suite de phénomènes ne peut se saisir que par plusieurs formules d'analogies distinctes.

Les formules d'analogies ont cependant une singularité que n'ont pas les formules de *loi* quantifiées, elles ne sont pas limitées à ce qui peut être mesuré, elles sont limitées à ce qui peut être observé, sans restriction.

#### 4.7 L'inclusion de la certitude : preuve et certificat

Les formules de *lois* quantifiées ont des spécificités dites « absolues » qui font certitude et pourtant pas assez puisqu'elles doivent être confirmées par le procédé de la preuve. Ce procédé peut s'appliquer aussi aux formules d'analogies et ne tient pas compte de l'inclusion des deux types de formules, qui devrait avantager les formules d'analogies.

- Pour prouver une formule de *loi* quantifiée, un ou plusieurs cas de la formule sont testés sur le phénomène. Si les quantités obtenues par la formule sont identiques à celles relevées sur le phénomène par des mesures, la formule est prouvée.

- Pour prouver une formule d'analogies, le procédé s'applique aussi. Un ou plusieurs cas d'observations peuvent être entrés dans la formule, si ce qui est obtenue par la formule est identique à ce qui observé sur le phénomène testé, la formule est prouvée.

Avec le cas « a » : ballon, « b » : joueur de ballon. Si l'observation décrite par la formule correspond à ce qui observé lors d'un test, la formule est prouvée.

....Le ballon ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au joueur de ballon.

Un autre procédé de confirmation le complète en tenant compte de l'inclusion. Ce procédé est le relevé des invariants (singularités) dans les formules qui fait *certificat*.



$$p = 0,5 \times g \times d^2$$

p : profondeur en « mètres »

d : durée en « secondes »

g = 9,81 (considérée fixe)

Un .....b..... frappe une .....a..... vers une paroi distante. La .....a..... revient, le .....b..... avance en la frappant vers la paroi. La .....a..... repart accélérée d'autant que l'avancée. Le .....b..... arrive près de la paroi. La .....a..... ayant accumulé les accélérations des avancées, oppose une résistance au .....b.....

a : balle et b : joueur de tennis

a : molécule et b : piston

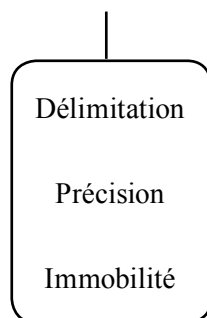
Certificat d'une formule de *loi* quantifiée

- Délimitation : l'ensemble des parties limitées d'un phénomène limité est saisi par des éléments de formules limités.
- Précision : une formule ne peut pas être réduite ni étendue.
- Immobilité : les éléments sont liés entre eux. Ils ne peuvent plus se déplacer séparément dans la formule.

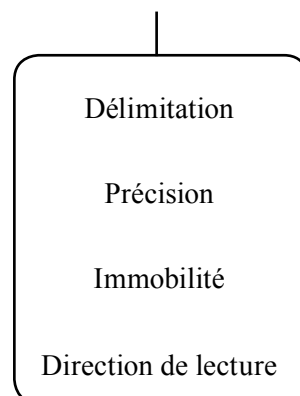
Certificat d'une formule d'analogie

- Délimitation : l'ensemble des parties limitées d'un phénomène limité est saisi par des éléments de formules limités.
- Précision : une formule ne peut pas être réduite ni étendue.
- Immobilité : les éléments sont liés entre eux. Ils ne peuvent plus se déplacer séparément dans la formule.
- Direction de lecture : les éléments, les étapes se suivent les uns après les autres, sans retour arrière dans la formule.

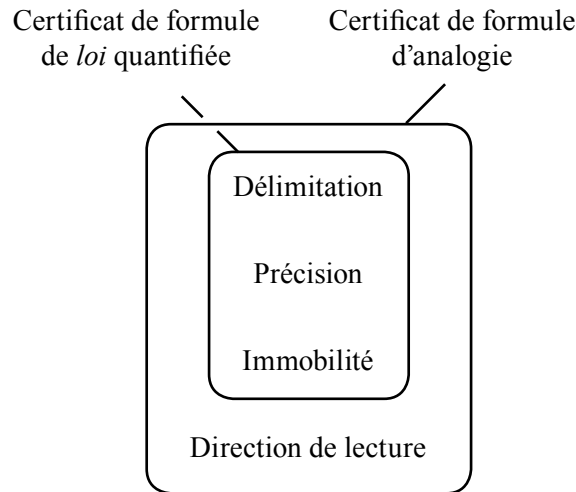
Certificat de formule de *loi* quantifiée



Certificat de formule d'analogie



## Le certificat tient compte de l'inclusion des deux types de formules



Le certificat plus complet pour les formules d'analogies apporte une certitude plus complète. Il peut s'appliquer aux deux types de formules.

### 4.8 Discussion

La présence des trois ou quatre invariants pour l'ensemble de la formule est une singularité. Chaque formule d'analogie est unique et correspond à une unique formule de *loi* quantifiée (incluse). Comme la formule *loi* d'Avogadro qui est unique et incluse dans la formule d'analogie du piston, unique aussi.

Aucune autre formule que celles d'analogies ne peut avoir les quatre invariants.

## 5 Confirmation

Les observations précédentes, dont l'inclusion, ont exposé que les formules d'analogies dépassent intégralement celles des *lois* physiques.

Une formule d'analogie énonce un principe élémentaire équilibré (comme la pression élastique pour celle du piston). Ce principe élémentaire est le même pour la formule incluse (*Loi* d'Avogadro) qui n'en formule que l'équilibre permanent de proportions.

Historiquement, comme l'inclusion des formules n'avait jusqu'ici pas été observée, la formule d'analogie est restée divisée en deux parties supposées provenir de « deux langages » (langage et mathématiques-physique).

Il s'est construit d'un côté les mathématiques associées à la physique, qui correspondent à la partie opératoire des formules d'analogies sans le déroulement.

Et de l'autre côté, s'est construit le langage qui correspond au déroulement sans la partie opératoire.

Cette possibilité de dédoublement vient des opérations (inclusion, réduction et autres) qui sont des opérations de constructions et de transformations de formules. Avec un invariant (et opérations liées) en moins, les opérations qui restent conservent leurs propriétés de transformations et se recombinent en formules incomplètes (*lois physiques*).

Le fractionnement des formules d'analogies a éparpillé les invariants entre linguistique, mathématiques, physique et d'autres domaines de recherche.

Par conséquent, l'intégralité de cet éparpillement peut être rassemblé, resitué et réunifié par rapport aux opérations et invariants.

La complète réunification qui en résulte fait confirmation des invariants :

### 5.1 Confirmation par le découpage linguistique

Le découpage de base de la linguistique analytique (lexique, syntaxe et sémantique) avait pour but de rechercher des règles internes de langages. Les quatre invariants se retrouvent dans la tentative du découpage. Cependant, sans les formules d'analogies comme référence, ils s'y retrouvent mélangés et incomplets :

Lexique. Le « mot », la « phrase » sont des éléments de base, séparés par des espaces.	Dans cette partie, se retrouve l'intention de l'invariant <i>délimitation</i> (délimité par des espaces)
Lexique. Le « mot défini » correspond à l'écriture la plus courte pour représenter un élément.	Dans cette partie, se situe l'invariant <i>précision</i> .
Lexique. Dans la « définition du dictionnaire », un élément (mot) est équivalent à par un groupe d'autre éléments (mots) équivalents.	Dans cette partie, se situe l'opération : « l'extension par équivalence ».
Syntaxe. Cette partie définit les places entre les éléments linguistiques et aussi la mobilité des éléments. Elle ne définit pas « l'immobilité ».	Dans l'intention de cette partie, se retrouve l'invariant <i>immobilité</i> .
« Sens » (ou « sémantique »).	Dans l'intention de recherche, de cette partie, se situe l'invariant « direction de lecture » sans y être identifié

Les invariants se retrouvent dans le découpage linguistique.

Les invariants vus comme un découpage rectifient l'intégralité des défauts du découpage linguistique :

Défauts du découpage « lexique, syntaxe et sémantique » :

- il n'est pas « analytique » ; pas de règle de construction interne pour un résultat attendu. Il n'est que « descriptif », il recense et classe les langues et leurs utilisations.

- il n'y a pas de définition stricte et précise pour chaque parties comme la syntaxe. Et lorsqu'une définition est fixée, elle est restreinte, relative et comporte beaucoup d'exceptions.

- il ne s'applique pas aux formules quantifiées. Il n'y a pas de « lexique » dans les formules quantifiées.

- les parties du découpage se recouvrent. Il y a de la sémantique dans le lexique, du lexique pour la syntaxe, etc.

Rectifications apportées par les invariants :

- Le découpage devient analytique :  
- les opérations qui aboutissent aux invariants sont analytiques (inclusion, réduction, extraction et mise en commun et autres). Elles s'appliquent sur l'ensemble des formules du *langage* :  
- une description d'un lieu est liée à la délimitation, si elle est détaillée, elle est liée à la précision. L'interrogation peut être une requête pour l'inclusion (délimitation).

- Les parties du découpage sont strictement définies  
- chaque partie du découpage a une définition stricte, précise et sans exception. La délimitation définit que les éléments des formules doivent être limités, l'immobilité qu'aucun élément ne doit pouvoir se déplacer dans la formule.

- Les parties du découpage sont distinctes (et ne se recouvrent pas) :  
- les invariants sont plus abstraits que les notions du découpage précédent. Il y avait de la sémantique dans le lexique, il n'y a pas de *direction de lecture* dans la *délimitation*.

- le découpage par les invariants devient aussi valable pour les formules quantifiées.

Les invariants vus comme un découpage rectifient, complètent et formalisent l'intention du *découpage linguistique*. Ce qui fait confirmation des invariants

## 5.2 Confirmation par la logique

La « logique » est généralement identifiée par des liaisons : « si, et, donc, car... », cependant il y a autant de définitions de la logique que de circonstances d'observations de ces liaisons. Ainsi, la logique était divisée en « des logiques » éparpillées entre linguistique, mathématiques (et cognition). Cet éparpillement est celui du au fractionnement des invariants (la séparation de la direction de lecture vue avant).

La définition unique, complète et sans exception de « la logique » n'avait jusqu'ici pas été identifiée. Les invariants permettent d'identifier *la logique* ; elle est une variante de l'opération de mise en suite, pour obtenir la direction de lecture unique.

Cette définition est unifiée, définitive et valable dans l'intégralité des circonstances, sans exception. Ce qui est une confirmation supplémentaire des invariants.

### Par l'opération de mise en suite

Une personne fait des observations dans cette suite, qui n'est pas celle du déroulement du phénomène même :

Un papillon se pose sur un chou.  
Un oeuf sur un chou est devenu une chenille.  
Un papillon sort d'un cocon.  
La personne apprend qu'un papillon peut pondre.  
De minuscules araignées sortent d'un cocon.  
Une chenille se nourrit de chou.  
Elle apprend qu'une chenille ne peut pas pondre.  
Elle apprend qu'un papillon ne peut pas s'alimenter.  
Une chenille prépare un cocon.  
Elle apprend l'aspect qu'a, et ce qu'est une chrysalide.

### Par les liaisons logiques

A partir de la première suite, le déroulement est reconstitué avec les liaisons logiques : « si, donc, car... »

J'ai vu un papillon se poser sur un chou, j'ai d'abord supposé qu'il s'en nourrissait. Puis sur un même chou, j'ai vu un oeuf devenir chenille. Et par la suite, j'ai appris qu'un papillon ne pouvait pas s'alimenter, il se pose donc sur un chou pour pondre. [...] Puis, j'ai vu un papillon sortir d'un cocon, donc j'ai supposé que les papillons faisaient des cocons comme ceux des araignées, desquels éclosent un ou plusieurs papillons. [ ... ] Jusqu'à ce que j'apprenne ce qu'est une chrysalide et que sa fonction pouvait se confondre avec celle d'un cocon. Le papillon ne fait donc pas de cocon, sur un chou, c'est la chenille qui fait une chrysalide...

### Résultat de l'opération de mise en suite

→  
Un oeuf sur un chou est devenu une chenille.  
Une chenille se nourrit de chou.  
Sur un chou, une chenille prépare une chrysalide.  
D'une chrysalide, éclot un papillon.  
Un papillon se pose sur un chou.  
Sur un chou, un papillon pond.

### Le résultat est la suite

→  
Un oeuf sur un chou est devenu une chenille.  
Une chenille se nourrit de chou.  
Sur un chou, une chenille prépare une chrysalide.  
D'une chrysalide, ;éclot un papillon.  
Un papillon se pose sur un chou.  
Sur un chou, un papillon pond.

Les deux suites obtenues par la mise en suite et par les liaisons logiques sont identiques. La logique est une variante de l'opération de mise en suite.

### 5.3 Discussion

La logique a la même fonction de reconstituer le déroulement d'un phénomène (la direction de lecture au niveau de la formule). Ce qui est la définition complète, définitive, unifiée et sans exception de la logique.

Remarque : dans la suite obtenue, les liaisons logiques ne sont plus visibles parce que la direction de lecture a été trouvée. Ce qui fait que lors de la recherche des opérations, la logique n'avait pas été observée et pas relevée.

### 5.4 Confirmation par les mathématiques

Sans le repère de la formule d'analogie, les invariants se sont recombinaés entre eux autour des opérations d'équivalences sur quantités. Ce qui a donné les *mathématiques* (pures et appliqués, l'algèbre, les exercices, les démonstrations, un supposé langage, la logique mathématique et le calcul).

Chaque partie des mathématiques a été replacée, resituée par rapport aux invariants. La simplification et la réunification obtenues confirment les invariants.

#### 5.4.1 - L'addition a une direction de lecture

« Additionner, soustraire, multiplier » (écrits en lettres) ne sont pas des opérations mathématiques, ni des opérations pour obtenir les invariants, ni du calcul. Ce sont des utilisations courantes de comptage, qui ont un déroulement. Illustration :

Après avoir soustrait une feuille d'une pile de douze, il en reste onze.

$$12 - 1 = 11$$

L'écriture en lettres s'applique à la feuille du haut de la pile, les « onze » sont le bas de la pile. L'opération a une direction de lecture (un déroulement ; un avant et un après).

L'écriture en chiffres n'est pas équivalente puisqu'elle ne peut pas formuler la « pile » ni la position de l'unité qui est retirée de la pile, elle n'a pas de direction de lecture.

**Recours au calcul (du latin *calculus* : « caillou »)** - Pour une pile avec beaucoup de feuilles, les additions, divisions (découpages de feuilles) peuvent devenir difficiles. Dans ce cas, les poser provisoirement à l'écrit en chiffres, pour le système décimal qui est plus commode, est un « recours au calcul ». Ce qui revient à compter sur les doigts, cailloux ou autres. En contrepartie l'indication de la pile (la direction de lecture) disparaît provisoirement.

$$\begin{array}{r} 187 \\ - 62 \\ \hline 125 \end{array}$$

Note : ces opérations ne construisent pas de formules. Le « + - » ne représentent pas les opérations de réduction et d'extension par équivalence.

#### 5.4.2 - Opérations de transformations de formules

Dans les mathématiques dites pures et dans l'algèbre (manipulations de formules), une utilisation principale est la transformation de formules qui se font, se défont et se transforment en restant équivalentes.

$$\begin{array}{l} (a - b) \times (a + b) \Leftrightarrow a^2 - b^2 \Leftrightarrow \dots \\ x + x + y \times y \Leftrightarrow 2x + y^2 \Leftrightarrow \dots \end{array}$$

Ces formules, appelées « équations », ne sont pas construites à partir d'un phénomène. Par conséquence, les éléments et la formule ne peuvent être délimités et ne représentent pas un rapport de proportions équilibrées.

Sans délimitation ni direction de lecture possibles, ces formules ne sont construites qu'avec les opérations d'extension-réduction et d'extraction et mise en commun-distribution pour la recherche les invariants de la précision et de l'immobilité.

Ces opérations sont celles qui transforment les formules en conservant le contenu équivalent.

Par conséquence, ces utilisations de transformations correspondent à la partie interne des formules de *lois* quantifiées (leurs noyaux, ou leurs squelettes).

Et par rapport aux formules d'analogies, ces utilisations de transformations sont le noyau de leurs noyaux (ou le squelette de leurs squelettes).

**Recours au calcul (aux cailloux) pour les transformations** - Après une opération de transformation, les éléments d'une formule peuvent être substitués par des « cailloux ». Ce qui permet de vérifier qu'une formule transformée est restée équivalente, elle contient le même nombre de cailloux que la précédente.

Ce qui est une autre utilisation provisoire du « recours au calcul » (des cailloux).

#### 5.4.3 - Formules équilibrées

Les utilisations mathématiques dites appliquées et celles pour la physique correspondent aux opérations pour obtenir les trois invariants ; délimitation, précision et immobilité, invariables aux formules de *lois* quantifiées (équilibrées).

$$p = 0,5 \times g \times d^2$$

p : mesure en « mètres »

d : mesure en « secondes »

g : (donné : « 9,81 »)

**Recours au calcul (aux cailloux) pour les formules équilibrées** - Lorsqu'une quantité inconnue est recherchée dans la formules, le « recours au calcul » permet de substituer les autres éléments par des « cailloux » puis, comme la formule est équilibrée, la quantité inconnue est obtenue en comptant les cailloux manquants de l'autre coté du signe « = » qui représente « l'aiguille de l'équilibre ».

Le principe est celui des vases communicants.

#### 5.4.4 - direction de lecture dans les formules

Dans des utilisations « mathématiques » (dites pures, l'algèbre, textes, analyses et démonstrations), la lecture a une direction :

On admet  $x = (y + 1)^2$

Pour tout ... il existe ...

Quel que soit...

...tel que...

...fonction de...

Par rapport aux invariants, cette utilisation n'est pas conforme. Des éléments ayant une direction de lecture sont mélangés à des éléments quantifiables (qui n'ont pas de direction de lecture). L'effet est qu'à partir d'une formule sans direction de lecture :

←→

$$2z = x^2 + y$$

l'ajout d'un élément ayant une direction de lecture...

→

On pose...

oriente l'ensemble de la formule qui semble ne pouvoir se lire que dans une direction.

→

On pose  $z = x^2 + y...$

Cet effet suggère à tort que la formule peut aboutir à une formule d'analogie (avec une direction de lecture), avec la certitude plus complète qui va avec.



Ce qui suggère aussi que la formule saisit un phénomène observable (« naturel ») qui a un déroulement.

Cet utilisation suggère que les formules quantifiables font partie « d'un autre langage qui saisit une autre nature » avec la même certitude qu'une formule d'analogie.

#### 5.4.5 - Mise en suite dans, et entre les formules

Dans les mathématiques, une utilisation est appelée « logique mathématique ». Des liaisons logiques « si, car, donc » s'observent dans les formules quantifiées, exercices, démonstrations et autres.

Si  $x + y = z$  et  $z = a \times n$  ... donc

Cette utilisation n'est pas conforme aux invariants. La logique étant une variante de l'opération de mise en suite, qui a pour résultat la direction de lecture d'une formule, elle ne peut pas s'appliquer aux formules quantifiables (qui ne peuvent avoir de direction de lecture).

Cette utilisation est la conséquence directe de la précédente, qui suggérait une direction de lecture dans des formules quantifiables.

La conséquence de la deuxième nature se retrouve ; la logique étant liée à une faculté (ou cognition), la *logique mathématique* suggère une faculté spécifique pour saisir avec certitude la « deuxième nature » suggérée.

### 5.5 Discussion

La clé de voûte est la formule d'analogie et ses quatre invariants, elle a suffi à resituer et à réunifier les utilisations linguistiques, logiques et mathématiques-physique.

Sans cette clé, ces diverses utilisations avaient d'autres références dispersées pour le même but de rechercher les formules avec la certitude la plus élevée et la plus accessible à la faculté, sur les phénomènes naturels.

La réunification, avec identification complète de chacune des parties, fait confirmation des invariants.

## 6 La méthode

Une formule d'analogie apporte une certitude plus complète qu'une formule de *loi* quantifiée. Par conséquent, il est préférable de chercher une méthode pour saisir un phénomène directement par une formule d'analogie.

### 6.1 La méthode par opérations

Une formule de *loi* quantifiée étant incluse dans celle d'une analogie, il a été supposé que la méthode opératoire l'était aussi.

La méthode opératoire pour obtenir la formule d'une *loi* quantifiée a été recherchée et trouvée : appliquer les trois opérations selon des priorités (inclusion, réduction et extraction et mise en commun. La méthode pour obtenir une formule d'analogie est identique ; avec la mise en suite en dernier.

L'effet de chaque étape opératoire sur la formule a été décrit sans illustration, parce qu'il sera vu par la suite qu'elle n'est pas utile en tant que telle.

- Etape opératoire d'inclusion

Après observation du phénomène, les parties mesurables qui le composent sont incluses dans un ensemble qui est la base de la formule.

Cette étape est terminée lorsque l'opération n'est plus possible. L'ensemble obtenu est délimité.

- Etape opératoire de réduction par équivalence

Dans l'ensemble délimité obtenu, les éléments qui sont fractionnés et éparpillés peuvent être regroupés, associés et remplacés par l'élément équivalent. Les éléments qui s'opposent sont annulés.

Cette étape est terminée lorsqu'elle n'est plus possible. L'ensemble des éléments obtenu a la « précision ».

- Etape opératoire d'extraction et mise en commun

Pour les éléments qui varient les uns par rapport aux autres, l'élément commun est extrait et mis en commun. Ce qui a pour effet de les immobiliser entre-eux.

Cette étape est terminée lorsque l'opérations ne peut plus être appliquée. La formule obtenue est *immobilisée*.

- Etape opératoire d'inclusion

Après observation d'un phénomène, les éléments qui le composent, au complet, sont isolés et strictement inclus dans une description. Cet ensemble est la base de la formule.

Cette étape se termine lorsque l'opération n'est plus possible. L'ensemble obtenu est délimité.

Etape opératoire de réduction par équivalence

Plusieurs éléments qui sont équivalents à un autre, sont remplacés (réduits) par cet élément équivalent. Ainsi, des éléments disparaissent parce qu'ils sont les parties d'un autre élément, parce qu'ils sont en double ou s'opposent.

Cette étape est terminée lorsque cette opération n'est plus possible. L'ensemble des éléments obtenu a la « précision ».

Etape opératoire d'extraction et mise en commun

Les éléments qui changent en même temps ont un élément commun, qui est extrait et mis en commun. Ce qui a pour effet d'immobiliser les éléments entre eux dans des groupes (ou sous-formules).

Cette étape est terminée lorsque l'opérations ne peut plus être appliquée. La formule obtenue est *immobilisée*.

**Résultat** : les trois invariants : délimitation, précision et immobilité ont été obtenus, la formule est celle d'une *loi* quantifiée (*loi* physique) sur le phénomène de départ.

Cette opération fixe les rapports, liens et points communs. Cette étape est terminée lorsqu'il n'y a plus d'élément qui puisse se déplacer isolément. Plusieurs sous-formules immobilisées sont obtenues. Les sous-formules peuvent cependant se déplacer entre elles.

Dernière étape opératoire, la mise en suite

Les sous-formules de l'étape précédente sont mises en suite ; le déroulement, dans les sous-formules est inversé. Puis ces sous-formules sont mises l'une à la suite de l'autre jusqu'à ce qu'une combinaison de suite qui commence et se termine soit lisible en étant « possible ».

**Résultat** : les quatre invariants : délimitation, précision, immobilité et direction de lecture ayant été obtenus, le résultat est une formule d'analogie.

La méthode est d'appliquer les étapes opératoires l'une après l'autre selon des priorités.

## 6.1 Discussion

La méthode semble simple parce que dans ce cas, assez rare, l'intégralité des mesures du phénomène complet a pu être relevé dès le début.

Dans ce cas, il n'y a aucune difficulté puisque chaque opération aboutit directement à l'invariant, sans chercher. La formule se construit d'elle-même puisqu'elle est singulière.

La méthode semble simple parce que dès le début, la description du phénomène était complète.

Dans ce cas assez rare, l'opération d'inclusion aboutit directement, sans chercher, à la « délimitation », elle-même clé pour obtenir la « précision », clé de « l'immobilité » qui est elle-même la clé de la « direction de lecture ».

Dans les autres cas.

La recherche d'une formule de *loi* quantifiée peut débuter avec des éléments incomplets parce qu'il n'y a pas d'instrument de mesure adapté, parce que les éléments inclus font partie d'un autre phénomène ou pour d'autres motifs.

Dans ces cas, la première étape opératoire d'inclusions ne peuvent pas aboutir directement à une formule « délimitée ». Et la *délimitation* est clé pour aboutir à la *précision*, qui est elle-même la clé de *l'immobilité*. Cependant la méthode peut se faire par approche.

### **La méthode par approche**

Une méthode peut aboutir à une formule de *loi* quantifiée. Elle se complique par l'utilisation supplémentaire des trois opérations inverses.

Pour le principe ; la formule est défaire puis refaite plusieurs fois et les invariants plus ou moins obtenus à chaque fois sont comparés, ce qui guide les recherches « par approche ».

Cette méthode commence à partir de la formule inaboutie de la tentative directe. Cette formule est étonnante parce qu'elle est proche des trois invariants.

Pour défaire la formule, les opérations inverses sont appliquées selon les priorités inversées.

Dans les autres cas.

La recherche d'une formule d'analogie peut débuter par la saisie incomplète du phénomène parce qu'une partie du phénomène est très lente, très rapide, masquée, s'est transformée ou qu'une partie d'un autre phénomène proche a été incluse en trop.

Dans ces cas, la première étape opératoire d'inclusion n'aboutit pas à un ensemble *délimité*. Sans cette clé, l'étape opératoire suivante n'aboutit pas à la *précision*, clé de *l'immobilité*, elle-même clé de la *direction de lecture*. La méthode par approche peut cependant aboutir.

### **La méthode par approche**

Une méthode peut aboutir à la formule d'une analogie. Elle se complique par l'utilisation supplémentaire des quatre opérations inverses.

Même principe, la formule est défaire puis refaite pour comparer les invariants obtenus ou pas. Ce qui guide la recherche par approche pour obtenir les quatre invariants.

Cette méthode opératoire commence à partir de la formule inaboutie obtenue par la méthode directe, qui est proche des quatre invariants.

Pour défaire la formule, les opérations inverses sont appliquées selon les priorités inversées.

- l'étape opératoire du *mélange* défait la « presque » direction de lecture en inversant les sous-formules et en les mélangeant dans la pile (qui avait été obtenue par l'étape de mise en suite).

- l'étape opératoire de *distribution* délient les éléments qui avaient immobilisés par les opérations d'extraction et mise en commun.

- puis les opérations *d'extension par équivalence* font réapparaître les éléments qui avaient été remplacés ou réduits par un équivalent.

- l'étape opératoire *d'exclusion* fait sortir de la formule des parties qui avaient été inclus en trop (une partie d'un autre phénomène, ou pour d'autres motifs).

- l'étape opératoire de *distribution* redonne à chacun des éléments ce qu'ils avaient mis en commun lors de l'opération d'extraction et mise en commun. Ce qui redonne la mobilité aux éléments qui avaient été immobilisés en sous-formules.

- l'étape opératoire *d'extension par équivalence* fait réapparaître les groupes d'éléments qui avaient été remplacés ou réduits par un unique élément équivalent.

- l'étape opératoire *d'exclusion* fait sortir de l'ensemble, la partie du phénomène incluse en trop (une partie d'un autre phénomène).

Ensuite, à partir de ce nouvel ensemble obtenu, la méthode directe est appliquée de nouveau pour comparer les écarts entre les résultats, jusqu'à obtenir l'une ou l'autre des formules. Ce qui constitue la méthode par approche.

Remarque : une difficulté évitée par la méthode est que lorsqu'une étape opératoire est outrepassée, la suivante (qui reste possible) s'ajoute et s'imbrique à la précédente, en augmentant à chaque fois la difficulté.

La difficulté évitée par la méthode par approche est que si la formule n'était pas défaite, un élément en trop resterait associé et lié aux autres par les opérations précédentes et ainsi imbriqué, ne pourrait pas être isolé pour être exclu.

## 6.2 La méthode et le processus cognitif

La faculté qui saisit par analogies. Il a été observé une méthode opératoire qui a pour résultat une formule d'analogie.

Cependant, une analogie (et la formule) peut aussi être qualifiée de « géniale » et provenir d'un « coup de génie » spontané sans qu'il y ait eu recours à une méthode ni à des opérations. Ce résultat spontané et celui obtenu par la méthode par opérations, sont similaires et comparables.

Il a été observé que « la faculté qui saisit les phénomènes par analogies » peut être identique à la méthode opératoire du chapitre précédent.

Pour déterminer si les deux moyens sont identiques, la faculté a été illustrée par quatre étapes remarquables qui peuvent être observées couramment. Et chacune de ces étapes a été comparée à une étape de la méthode par opération.

Cette observation a été limitée aux quatre étapes directes et à une cinquième indirecte correspondant au « mélange ».

La faculté peut être interpellée par une sensation de similitude ou lorsqu'un phénomène étonne parce qu'un autre était a priori attendu.

### **Première étape**

Le phénomène est observé ou réobservé pour le saisir, « en faire le tour », « déterminer » les éléments qui le composent exclusivement. Les parties du phénomène sont découpées du reste ou « décrites ». Cette description peut aussi prendre en compte l'observateur, un incident simultané ou remarquable qui semble sans rapport et d'autres circonstances.

Cette étape correspond à celle opératoire de l'inclusion pour obtenir la délimitation.

### **Deuxième étape**

La description obtenue étant trop détaillée ou trop compliquée, elle entraîne des associations pour simplifier, résumer ; « cela se résume à... », « ce qui se réduit à , ou se ramène à... », « c'est plus précisément... »

Cette étape correspond à celle opératoire de réduction par équivalence pour obtenir la précision.

### **Troisième étape**

« Quel rapport entre... et... », « quels sont les points communs entre... et... », « par quoi sont liés... », « qu'est ce qui relie... », « quelle relation y'a-t-il entre... »

Cette étape correspond à celle opératoire d'extraction et mise en commun pour obtenir l'immobilité.

### **Etape intermédiaire**

A partir d'étapes « désordonnées », qui n'ont « aucun sens », qui ne sont « a priori pas possible par rapport au phénomène de départ », qui est un « fatras »... Il semble nécessaire de « faire table rase », « remettre en cause » ou « rejeter ».

Cette étape facultative correspond à l'étape opératoire inverse du « mélange » pour défaire une suite « a priori ».

### **Quatrième étape**

« Comment s'est déroulé... », « qu'est ce qui s'est passé en premier », « à quoi mène... ». Des suppositions de suites de déroulements du phénomène sont testées et évaluées comme « possibles » ou pas, avec « si... et... alors... hors... donc... »

Cette étape correspond à celle opératoire de mise en suite.

Parmi les déroulements testés, une suite n'évoque qu'une « possibilité ». La formule fait « écho », « raisonne » comme déjà entendu pour un autre cas. Le déroulement apporté par ce nouveau cas, présente une similitude, une analogie avec le phénomène de

départ. En l'appliquant, la formule se révèle applicable à l'identique pour le phénomène de départ, une analogie « géniale » est trouvée.

**Résultat** : les étapes de la faculté qui saisit par analogies correspondent aux étapes de la méthode opératoire. Les deux sont identiques.

### 6.3 Discussion

La formule est « transformée par équivalence » par les opérations, comme le sont les formules quantifiées (ce sont les mêmes opérations car incluses) le contenu est conservé à l'identique.

L'analogie (et la formule) obtenues apportent à la fois un autre point de vue et un principe élémentaire sur le phénomène qui ne semblaient « a priori » pas s'appliquer.

La faculté et les analogies (et formules)

Cette observation fait la correspondance entre méthode opératoire et faculté (cognition).

Cet aspect « faculté » (cognition) des analogies est à rapprocher de l'apparition chez l'enfant, d'analogies spontanées pour saisir des phénomènes inconnus, sans qu'il y ait eu d'apprentissage.

Les analogies et le « génie » associé sont aussi présents lors de découvertes de formules de *lois* physiques.

### 6.4 Le discours de la méthode

La faculté peut aussi se rapprocher des « quatre préceptes » du Discours de la Méthode de R. Descartes :

- Le premier était de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie, que je ne la connusse évidemment être telle : c'est-à-dire d'éviter soigneusement la précipitation et la prévention ; et de ne comprendre rien de plus en mes jugements, que ce qui se présenterait si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute.

Dans ce premier précepte, se retrouvent les a priori (opération du mélange) et la recherche de la certitude la plus élevée (qui se trouve dans les formules d'analogies).

- Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerais en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre.

Dans le second, se retrouve la simplification (étendre la formule pour la réduire par équivalence). Les parcelles pourraient être aussi les sous-formules immobilisées (opérations d'extraction et mise en commun) ?

- Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degrés, jusques à la connaissance des plus composés ; et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres.

Dans le troisième, se retrouve la méthode opératoire elle-même, par étapes avec priorités.

- Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers, et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre.

Et le dernier, l'inclusion pour obtenir la délimitation.

Les préceptes du Discours de la méthode correspondent assez aux étapes de la faculté qui saisit par analogies (ou aux opérations)

## 7 La méthode pour la faculté

La faculté saisit les phénomènes par analogies, spontanément, sans méthode opératoire.

Une méthode par opérations n'est plus pertinente. La recherche d'une méthode pour la faculté qui saisit par analogie est plus adaptée. Pour cette approche, il peut être recherché d'éventuels obstacles à la spontanéité de la faculté.

### 7.1 Des obstacles à la faculté

Une utilisation qui n'est pas en concordance avec les invariants est celle d'une « mesure saisie comme une observation directe ». Pour illustrer ; « proton » est un ensemble de quantités (de mesures) et n'est pas directement observable dans un phénomène en déroulement.

Cette utilisation fait obstacle à la méthode opératoire. Et par conséquence peut faire obstacle à la faculté qui saisit par analogies.

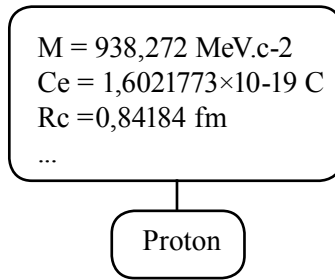
Ces obstacles se retrouveraient à l'identique sur la faculté (ou cognition).

« Proton » a été testé dans les quatre étapes de la méthode par opérations (pour obtenir une formule d'analogies) pour déterminer s'il faisait obstacle à une opération.

#### **Etape d'inclusion**

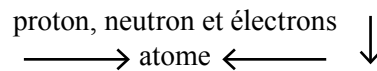
« Proton » représente un ensemble limité d'éléments limités mesurables, l'élément « proton » étant limité, il peut être inclu.





**Etape de réduction par équivalence**

« Proton » peut être associé à « neutron » et « électrons » pour être réduit par équivalence par « atome ». Proton peut être réduit par équivalence.



**Etape d'extraction et mise en commun**

Les deux parties suivantes sont mobiles, l'une peut se déplacer sans être liée à l'autre :

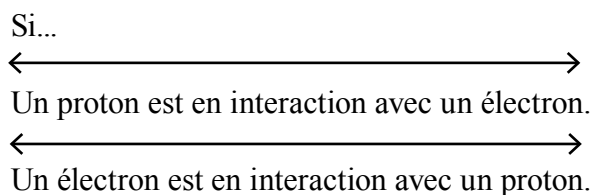
- « la charge électrique du proton et [...] la masse du proton ».

*Proton* peut être extrait et mis en commun. Il ne peut se déplacer qu'en restant lié :

- « La charge électrique et la masse du proton... »

**Etape de mise en suite**

Dans une sous-formule avec « proton », l'opération de mise en suite ne peut pas déterminer ce qui se commence et se termine.



**7.2 Discussion**

« Proton » fait obstacle à l'opération de mise en suite. Par conséquence, une formule obtenue ne peut pas avoir la direction de lecture unique.

Il est remarquable que pour passer chaque étape opératoire, il y a recours à une adaptation :

- L'inclusion se fait par l'utilisation simultanée des deux conventions ; en chiffres et en lettres. L'inclusion n'implique pas que l'élément soit une mesure ou une observation

directe, ni qu'il soit inclus avec la convention en chiffres ou en lettres. L'unique condition est que cet élément soit limité et provienne d'un phénomène.

- La réduction par équivalence n'a été possible qu'avec d'autres quantités saisies comme des observations ayant un déroulement (*neutron* et *électrons*).
- L'extraction et mise en commun a été possible avec une mesure commune (masse).
- L'indétermination du déroulement dans les sous-formules est possible par l'utilisation de « inter- », qui ne donne pas d'indication de déroulement.

Qu'une mesure ne puisse pas être écrite comme une observation peut sembler évident, cependant la méthode opératoire ne le détermine que lors de la dernière étape. Ce qui se peut se retrouver sur la faculté.

Les effets sur la faculté

La pile de sous-formules, au moment où elle fait obstacle, a un double aspect :

- elle n'est pas une formule d'analogie puisque la mise en suite n'a pas pu aboutir.
- elle est plus proche d'une formule de *loi* quantifiée écrite avec la convention en lettres. Les liens entre les éléments (*proton*, *électron*) ont auparavant été établis par des formules de *lois* quantifiées. Par conséquent, la formule est proche des trois invariants.

Et la méthode « par approche » vue auparavant, peut s'appliquer aussi à la faculté. Elle ne pourrait pas aboutir à une formule plus proche puisque la défaire pour la refaire aboutirait à la même formule (proche des trois invariants). (La méthode peut cependant aboutir par exclusion de mesures.)

La faculté peut être stoppée entre ces deux étapes.

Une mesure saisie comme une observation fait obstacle à l'étape de mise en suite de la méthode opératoire, et par conséquent à la faculté qui saisit par analogies. Ce qui confirme qu'une méthode pour la faculté peut être recherchée.

### 7.3 Certitude quantifiée et la méthode

Il a été supposé que la faculté, stoppée par l'obstacle, ne pouvait obtenir une formule d'analogie (et la certitude). Et qu'elle pouvait admettre la formule à presque trois invariants. La quasi certitude est apportée par un quasi certificat à trois invariants.

A partir de cette supposition, cette quasi-certitude n'étant pas suffisante, un pseudo supplément de certitude peut être apporté par la re-quantification d'éléments.

Quasi certitude avec la convention en lettres :

« Un atome est constitué de neutrons, de protons et d'électrons ».

Supplément de certitude apporté par la requantification par les mesures en convention en chiffres :

« Constituant un atome, un proton a un diamètre de 0,8418 femtomètre et est 1835 fois plus lourd qu'un électron ».

## 7.4 Discussion

La requantification apporte un supplément de certitude qui, pour la faculté, peut pallier le défaut de certitude entre une formule à trois invariants et une formule d'analogie attendue (à quatre invariants).

### **Remarque** sur l'effet d'expansion de la quantification

Il avait été observé que des adaptations étaient nécessaires pour l'entrée d'une « mesure saisie comme une observation ».

Une de ces adaptations est que d'autres éléments entrent aussi (électron, neutron). Ces entrées ont un effet d'expansion en des « vocabulaires spécialisés ou jargons ».

Cette expansion entraîne aussi l'expansion de la requantification de ces éléments, pour que le supplément de certitude suive.

Ainsi, par l'effet d'expansion, *proton* peut se trouver lié par des rapports de mesures à d'autres éléments comme « intelligence » via la mesure « QI » (*quotient intellectuel*).

« Il est plus aisé de saisir les phénomènes d'interactions des protons avec un quotient intellectuel de 140 que de 80 ».

La quantification de « intelligence » semble apporter un supplément de certitude dans une formule, en se liant avec l'élément *proton*.

Le fond de cette observation est à rapprocher de l'effet de *deuxième nature* de la faculté, évoquée au chapitre sur les mathématiques.

Un élément mesurable saisi comme une observation, peut faire obstacle à la faculté qui saisit les phénomènes par analogies.

La faculté pouvant « admettre » avec une certitude incomplète, un supplément de certitude semble être apporté par la requantification.

Ce moyen peut avoir un effet d'expansion par la quantification d'éléments qui ne le sont pas (parce qu'ayant un déroulement).

L'effet d'expansion peut se retrouver comme obstacle sur la faculté, qui saisit moins par analogies et davantage par quantification.

La méthode générale est qu'il n'y ait pas d'obstacles aux étapes de la faculté qui saisit spontanément par analogies.

Et en particulier, pour éviter l'obstacle des « éléments mesurables saisis comme des observations », une analogie permet de saisir le principe élémentaire avec une certitude plus complète, sans laisser entrer de mesures.

Comme pour la pression élastique, *molécule* (mesure) n'est pas entrée puisque le phénomène est « comme une balle de tennis... »

## 8 Discussion générale

Si les analogies avaient déjà été remarquées parce qu'elles ont accompagné des découvertes de principes (*lois*) physiques et parce qu'elles en ont apporté une étonnante simplification, la comparaison de la formule avec celle d'une *loi* physique n'avait pas été faite.

Cette comparaison a révélé des opérations et invariants abstraits identiques et plus élémentaires que ceux qui semblaient constituer ces formules (*nombres en chiffres et mots en lettres*).

Sur ces nouvelles bases d'invariants, une comparaison entre ces deux types de formules a permis d'identifier qu'une formule d'une *loi* physique est la partie incluse de la formule de l'analogie du même phénomène (comme son noyau ou squelette).

Il devient moins étonnant que des analogies aient accompagné des découvertes de *lois* physiques. Une autre conséquence est que les spécificités dites absolues des *lois* physiques sont héritées des formules d'analogies.

Il est devenu moins pertinent d'appeler ces formules, des *lois* puisqu'elles sont incomplètes. D'autres part, elles ne sont pas absolues, elles sont relatives.

Les formules d'analogies sont plus complètes, elles saisissent les phénomènes avec un déroulement supplémentaire et une certitude plus complète. Elles dépassent intégralement les *lois* physiques, avec un moyen de confirmation plus élevé ; le certificat.

Ce lien d'inclusion entre les deux types de formules peut sembler assez naturel et évident, cependant il semble redevenir insaisissable lorsqu'il faut le resituer par rapport aux « mathématiques, physique, linguistique et logique ».

Historiquement, les découvertes du langage et des mathématiques-physiques s'étant faites séparément (sans le lien), ils se sont construits sans fondements, en suivant les possibilités remarquables des combinaisons d'éléments.

Ces domaines, basés sur deux quasi langages, ont eu le même but ; rechercher un langage ou un type de formule apportant le plus de certitude. Comme la tentative de formalisation du langage en linguistique analytique et les équivalents mathématiques. Double approche aussi par l'épistémologie des sciences et celle du langage. La logique mathématique et la dialectique platonicienne. La philosophie des sciences et celle de la raison, des principes de Descartes.

Ces possibilités de constituer plusieurs quasi langages viennent des spécificités des invariants, qui peuvent se recombinaient entre eux, même incomplets. Il a été observé que ces domaines se réunifiaient intégralement par rapport aux invariants.

En recherchant la méthode opératoire pour obtenir une formule d'analogie, il a été observé que les opérations s'appliquaient par étapes selon des priorités. Le résultat aboutit de lui-même.

Les opérations qui constituent une formule d'analogie sont les mêmes que celles qui constituent une formule de *loi* quantifiée (avec une de plus). Elles transforment complètement une formule en conservant le contenu. Après de telles transformations, la formule peut révéler une facette inconnue (un principe élémentaire) du phénomène, qui ne semblait pas a priori s'appliquer.

La rigueur opératoire réservée jusqu'ici aux mathématiques-physique s'applique aux formules du langage sur des phénomènes observables.

Par la suite, il a été remarqué que de telles opérations ont pour résultat des formules d'analogies, des analogies peuvent aussi venir d'une faculté qui saisit spontanément par analogies (parfois « géniales »).

Le pont avec la faculté (cognition) ainsi fait, la méthode opératoire a été comparée au processus manifeste de la faculté. Ils sont identiques.

La conséquence a été qu'il était plus pertinent de rechercher une méthode pour une faculté spontanée qu'une méthode opératoire.

La recherche d'obstacles au processus de la faculté a recoupé une observation précédente. Le fractionnement des constituants des formules d'analogies en deux quasi langages produit une confusion, une concurrence pour saisir les phénomènes. Ce qui a conduit à l'a priori de deux natures.

Cette confusion peut se retrouver au niveau cognitif ; la faculté peut être bloquée par l'intrusion de mesures dans des formules sur des observations directes.

Cette conséquence que le moyen le plus adapté pour la cognition spontanée est que les éléments (du langage) soient isolés des formules produites par la quantification et la mesure. Les analogies isolent naturellement de cet effet.

Plus généralement, cette découverte montre l'adaptation complète de la cognition à l'environnement, pour en saisir les principes les plus élémentaires et les plus singuliers.

## 9 Conclusion

A partir d'une comparaison inédite d'une formule de *loi* physique avec celle d'une analogie, il est établi qu'une formule d'une *loi* quantifiée est strictement incluse dans une formule de l'analogie sur le même phénomène.

Ce qui établit que les formules d'analogies sont plus complètes et certaines.

Une méthode opératoire peut constituer ces formules, de la même façon que le processus cognitif peut constituer spontanément une analogie « géniale ».

En cherchant une méthode pour améliorer la spontanéité de la faculté, un obstacle vient des opérations mêmes, qui sont appliquées sur des quantités.

L'utilisation d'analogies évite naturellement cette contrepartie.

## REFERENCES

BINET A, Simon T, (2006) La mesure du développement de l'intelligence chez les jeunes enfants, L'Harmattan

BOUQUIAUX L, Leclercq B, (2009) Logique formelle et argumentation, De Boeck, Coll. Démarches de pensée

COMBES M, (1985), Fondements des mathématiques, PUF

CORI R, Lascar D, Krivine J-L, (2003) Logique mathématique, tome 1 : Calcul propositionnel, algèbre de Boole, calcul des prédicats, Coll. Sciences Sup, Dunod

DE SAUSSURE F, (1995), Cours de linguistique générale, Grande bibliothèque Payot

DESCARTES, R, (2000) Discours de la méthode, Flammarion

DESCARTES, R, (2000) Règles pour la direction de l'esprit, Vrin, Bibliothèque des textes philosophiques

DESCARTES, R; (1993) Méditations métaphysiques, Flammarion

FEYNMAN, R P, Robert B Leighton, Matthew Sands, Michel Bloch (1999) Le Cours de physique de Feynman : Mécanique, tome 1, Paris, Dunod

PLANK M, (1993) Initiations à la physique, Flammarion

PLATON (1993) Protagoras - Euthydeme - Gorgias - Ménexène - Ménon - Cratyle, Flammarion

POLLOCK J.Y (1998) Langage et Cognition, Coll. Psychologie Sc, PUF

SECRETAN, P, (1984) L'analogie, Paris, PUF, coll. Que sais-je?