

AFSCET

Res-Systemica

Revue Française de Systémique
Fondée par Evelyne Andreewsky

Volume 28, printemps 2026

Systemique des mesures

Res-Systemica, volume 28, article 03

De la balancerie et autres mesures

Eric Beaussart

31 pages

contribution reçue le 01 juin 2026



Creative Commons

De la Balancerie et autres mesures.

Exposé à Andé le 15 mai 2026.

Résumé :

Les balances dites « de Roberval » étaient, naguère, répandues. Roberval, en son temps, était célèbre pour bien d'autres raisons.

Il a été parmi les fondateurs, appelés par Colbert, de l'Académie des Sciences.

C'était un des éminents fondateurs de la « Méthode scientifique » actuelle, même si il fut parmi les opposants à Descartes.

Et reconnu comme un expérimentateur hors pair. (Style Georges Charpak, !).

Si nous n'utilisons pas toujours les mêmes mots, les concepts sur les Mesures élaborés en ce temps sont toujours valables et c'est surtout de cela dont il est question ici.

Introduction :

Beaucoup d'entre nous ont vu, comme chez mes deux Grand-mères, des « Balances Roberval ». Et un Instituteur nous a souvent expliqué son utilisation.

« **Sensibilité** », « **Fidélité** », « **Justesse** » ; sont leurs qualités nécessaires, nous disait – on.

J'ai encore un bloc de bois qui recevait les « poids marqués » : 1g, 2 fois 2g, 5g, 2 fois 10g, 20g, 50g, 2 fois 100g, 200g, (500g, 1000g indépendants). Soit : 2000 grammes !

La sensibilité de ces balances étant donc de $1/2000^{\text{ème}}$.

Il n'est pas certain que leur fidélité et leur justesse aient été à ce niveau.

La Procédure de « Double pesée » permet d'améliorer les mesures.

L'article « Mesure physique » de Wikipedia dit que toute mesure doit être donnée avec, bien sûr, évidemment l'**Unité** ad-hoc, :

— La **Quantité**, en « Nombre standardisé », c'est-à-dire un premier chiffre entre 1 et 9 inclus ; puis les « chiffres significatifs » et « 10 avec exposant » ;

— Puis l'« **Incertitude** », c'est-à-dire en « \pm », un nombre donnant la « fourchette » contenant la valeur ;

— Enfin, cette incertitude comme « **Intervalle de confiance** » pour écart – type selon :

« 1 sigma » pour 68,26%, « 2 sigma » pour $\approx 95\%$, « 3 sigma » pour 99,73% ... jusque « 6 sigma » ...

Et, ... c'est tout ! Même si une faible incertitude laisse bien augurer de la sensibilité et la fidélité, voire la justesse des méthodes et appareils, rien n'est donc dit sur les « **Mérites** » des **Instruments** ! Incidemment, le mot « Précision » est banni à l'AFNOR.

Wikipedia ne mentionne pas non plus d'ailleurs, dans « Mesures physiques », la nécessité de la **Linéarité** de la « **réponse** » de l'Instrument quand l'on va parcourir sa Portée, la « Plage » de Mesures atteignables, accessibles ! Si la « Loi de réponse » n'est pas linéaire, (Cas fréquent en "Sciences Humaines"), mais polynômiale, ou « de puissance », logarithmique, voire de « fonction « circulaire », « elliptique », « hyperbolique » », on sait- « linéariser » les mesures. **Mais, sinon**

...
Le concept de mesure en sciences physiques est donc aujourd'hui extrêmement encadré.
Dont acte. (Voir AFNOR en référence !) !

Mais notre défi à l'AFSCET est d'aborder la systémique de la mesure.

Il serait paradoxal en effet, d'en limiter le sens à cette seule définition des sciences physiques.
Aussi est – ce de toutes les mesures, du Concept de Mesure que je parlerai !

Si la « Trame du Temps » à notre échelle peut sembler continue, la réalité historique présente toujours des ruptures, des brisures fortes apportées par des acteurs qui ont su synthétiser et projeter la pensée vers des solutions audacieuses. Karl Popper l'a bien dit !
Pour autant il faut rappeler les chemins qui y ont conduit pour bien comprendre le saut réalisé et beaucoup de ces hyperboles restent encore mal comprises. Tout à fait d'accord !

De plus tous les acteurs intermédiaires ont compté et il est facile d'occulter leurs contributions., et l'avènement de la pensée de Galilée est le résultat de siècles de réflexions et évolutions sur ces concepts.

Nous sommes aussi, là, héritiers, de chercheurs qui, quoique se sachant eux-mêmes redevables à, par exemple, John Duns Scott, Jean Buridan, Guillaume d'Ockham ..., avaient conscience d'établir de **nouveaux Paradigmes** de la pensée !

Il est évident que les Grecs ont tiré quelques leçons des Babyloniens et Égyptiens.
Ils reconnaissaient ces apports.
Mais, et c'est là l'important, ils savaient aussi que leurs recherches étaient d'une toute autre nature !

Stella Baruk, dans « Dictionnaire de Mathématiques élémentaires », (Le Seuil 1992), très vite, dit que : « les objets mathématiques ont un « statut d'idéalités » ». C'était implicite chez Euclide.
Cite Richard Dedekind (Que sont et que doivent être les nombres ?).
Mais, l'épistémologie et sa partie ontologie relèvent de la Métaphysique, et, après la terminale, qui croit en avoir encore besoin ?

« Sont donc distinguées dans ce dictionnaire les notions de **nombre** et de **nombre-de**. »
En fait, les Grecs ont plutôt fait le contraire, renoncer aux « **nombre-de**. » babyloniens et égyptiens pour réfléchir donc bien avant 1888, sur les « **nombres** » ... tout court, comme Dedekind !

De même dans ce qui nous occupe ici, il faut passer de « **Mesure-de** » à « **Mesure** » tout court ! Ce qui se fit à l'époque dont je parlerai !

Par ailleurs, Stella Baruk se désole de tant d'« **automathes** », y compris chez les polytechniciens ! Elle a dû en rencontrer et tester quelques-uns !
Oh ! Ils sont, comme aussi ceux qui pratiquent la « Métrologie » (si, si, ça existe !), parfaitement compétents ! Ils appliquent les procédures ... et tout ce qu'il faut pour être de bons Ingénieurs ... ou Sociologues et tutti quanti !

Et même de très honnêtes citoyens, avec même parfois des « cas de conscience » !

Ce qui est crucial, c'est que c'est précisément en visant à éliminer l'« Équation personnelle », en « éliminant l'observateur », bref en « supprimant l'humain », que, y compris en « Sciences humaines », on peut imaginer la Science utilisable par Tous les Humains !

« Pour tous les Peuples, en tous lieux, en tous temps » !

Même si, évidemment, ce ne peut être que « asymptotique », et même seulement de « direction asymptotique » !

Il suffit de considérer le coût des appareils de métrologie !

Mais, c'est le principe qui compte, en toute neutralité !

Introduction d'un nouveau Paradigme :

Roberval, lui, parlait de **Répétabilité** de la mesure, de **Précision**, d'**Exactitude**. J'ai eu beau le lire, pas de « **Fidélité** » de l'instrument, pas de « **Sensibilité** », pas de « **Justesse** » ! Les Trois Dimension de l'Espace des Mesures.

Mais alors, direz-vous, qui a posé ces termes, prouvé leur nécessité et leur indépendance ; et élaboré le concept de « **Facteur de Mérite** », (qui en est la ,Résultante), d'un Instrument ou d'un Appareil ?

Mystère ! Et il y a des années que je cherche donc qui a dit tout ça !

Signalons une fois pour toutes que, si l'on entend par Instrument généralement un Appareil physique, ce peut être, en réalité, comme pour certains Tests en Sciences humaines, un protocole abstrait ! Une Procédure d'enquête cherchant les réponses de un ou plusieurs Sujets !

Mais, bien sûr, la Répétabilité des expériences suppose la Fidélité des Instruments, comme aussi la Justesse des différents exemplaires ! La Précision suppose évidemment la Sensibilité ! L'Exactitude relevant de Sensibilité et Justesse !

Roberval se désolait en son temps que le pouls, moyen optimiste pour évaluer la seconde, ne permette pas des chronométrages précis à mieux que 10% près !

Bien sûr, Galilée a proposé le Pendule et Huygens l'a rendu isochrone, mais passer de une heure d'erreur par jour à quelques minutes ne suffisait pas et l'horlogerie cherchait encore à évaluer la minute à 1% près. Autrement dit, le chronomètre de précision n'était pas encore disponible !

Par ailleurs, pour déterminer le « grave » Fortin, fabricant de Trébuchets, de Balances de précision, pour une masse maximale de huit livres, 3892,048 de nos grammes environ, pesait le « grain » de 53mg à peu près, soit 1/72000 près environ ! Mais c'était vers 1780 – 1794 !

Que ce soit donc pour les Masses, les Longueurs (donc aussi aires et volumes), les Températures, à fortiori les Temps, à cette époque de Roberval, 1/100, 1/1000, c'était exceptionnel !

Et, même de nos jours, pour les températures de l'ordre de 1 à 100°C, le 1/10 de °C est rare, le 1/100 exceptionnel, le 1/1000 de °C, rarissime !

Même chez les Maîtres Jurés Peseurs, la livre oscillait entre 485,904 ; 489,506 et ... 495,080 grammes ! Alors, pour être « Exactes », les mesures devaient s'accommoder d'instruments pas très « Justes » !

Pourtant, tous ses contemporains, y compris Descartes son adversaire principal, s'accordent pour considérer Roberval comme un expérimentateur hors pair !

Un Savant à la pointe des progrès de son temps :

Roberval (Gilles Personne (ou Personnier) de) (1602 – 27/09/1675). Est né , près de Roberval en Beauvaisis, entre Soissons et Beauvais, de cultivateurs aisés. Il a été Mathématicien et Physicien, Géomètre et Expérimentateur. Élève certainement doué pour, après l'École Paroissiale, avoir reçu des cours de Latin et de Grec. De 1622 à 1628, « Maître d'école » itinérant, jusque Bordeaux, Toulouse, et Castres où il rencontre Pierre de Fermat. (De brèves notices en annexes disent certaines des influences rencontrées). Voyage en Belgique aussi !

En 1628, donc, il « monte » à Paris où il enseigne d'abord au Collège de Maistre Gervais Chrétien (Fondé le 20/02/1370 par le Médecin et « Physicien » de Charles V) ; la Philosophie, et les Mathématiques, selon Viète par exemple. Pour ses cours, il fabriquait déjà des Règles graduées, des Compas, et des « Cercles », « demi-cercles », quadrants et sextants, gradués en degrés. Il sera parmi les premiers à adopter les « Verniers » !

Il rencontre chez Mersenne, entre autres : Étienne Pascal (le père de Blaise), Hardy, Mydorge, Le Pailleur, et Montholon qui lui sera un fidèle protecteur. Marin Mersenne, en plus d'être en correspondance, dès 1625, avec les Savants de toute l'Europe, possédait un « Cabinet de Physique » qui était un véritable Laboratoire, d'acoustique en particulier. (En annexes, il y aura aussi des indications sur les mots importants). Ses réunions, chez lui, puis chez Hubert de Montmort, puis chez Melchisédech Thévenot, ont incité Colbert à créer l'Académie des Sciences, plus tard, en 1661- 1666, dont Roberval fut parmi les fondateurs.

Très vite Roberval a donc été élu au Collège de France (fondé par François 1^{er} comme chacun sait), aux Chaires de Ramus et Gassendi ! Chaires remises en jeu à l'époque tous les trois ans ! Certes, les cours du Collège de France étaient déjà gratuits et ouverts à Tous, mais, comme Professeur, donc, de 1632 – 1634 à 1674 – 1675, il avait généralement 40 à 100 auditeurs. Et il enseignait, bien sûr en Latin et en Grec : les Mathématiques (Arithmétique, Géométrie, Trigonométrie, ...) mais aussi Mécanique, Optique, Acoustique, Musique, Astronomie ... et ... Astrologie ! Considéré comme individualiste et content de soi, il n'était certes pas modeste, mais il était conscient de l'importance des échanges et confrontations polies avec d'autres. La liste de ceux qui ont laissé de lui une opinion favorable est beaucoup plus importante que ses quelques détracteurs. Il n'a jamais prétendu être de noble extraction, mais son patronyme l'a incité à utiliser son lieu d'origine comme nom.

En 1655, Huygens, dans sa publication au sujet des anneaux de Saturne, dira : « Roberval découvre beaucoup mais publie peu. ». Ce qui n'est pas un mince compliment !

Les « Roulettes » et autres « Courbes mécaniques » : étaient à la mode, et directement ou bien via Mersenne, entre Fermat, Torricelli, Viviani, Renaldin, Burattin, Huygens, Pascal, Descartes, Hobbes, Wren, Frénicle de Bessy, Ménage, ... et bien d'autres ; des correspondances

passionnées s'échangeaient sur les « Cycloïdes, Conchoïdes, Strophoïdes, Astroïdes, Cissoïdes, Trochoïdes, Limaçons, ... », etc.

En effet, dès 1634 – 1636 à 1642 - 1643, son « Traité de Mécanique », où il étudie la Cycloïde, les Moments, les Sinus des angles et en tout premier la Fonction Sinusoïde, ainsi que le concept de Force ; circule, comme beaucoup d'autres, en des Manuscrits ; Traité qui sera publié en 1644 par Antoine Berthier, Éditeur, comme « Tractatus Mechanicus ».

Les Références des Images sont dans les “Sources” en annexes.

TRAITÉ DE MÉCANIQUE.

65

TRAITE' DE
MECHANIQUE.
DES POIDS SOVSTENVS
PAR DES PVISSANCES
SVR LES PLANS INCLINEZ
A L'HORIZON.

DES PVISSANCES QVI SOVSTIENNENT
un poids suspendu à deux cordes.

Par G. Perf. de Roberual, Professeur Royal és Mathemati-
ques au College de Maître Geruais, & en la Chaire
de Ramus au College Royal de France.



A P A R I S,
Par RICHARD CHARLEMAGNE, rue des
Amandiers, à la Verité Royale. (NI)

M. D C. X X X V I.

Roberval reprend, naturellement, les travaux de Cardan et Montucla, Galilée et Clavius, Tycho Brahé, et Copernic dont il défend les idées.

Mais, peut être en réaction contre la Scolastique (Rabelais n'est pas loin), et comme jusque Poincaré, il cite très peu ses « Sources et Références » !

Les Prédicateurs, surtout « évangélistes » des USA ayant cette manie des « Mt 14 – 18 », Wikipedia en a hérité !

Mais à quoi bon ?

Car, soit l'auditeur connaît déjà l'ouvrage et peut le relire aisément, et le rappel est inutile, soit il ne connaît pas nos « écritures » et il est stupide d'attendre qu'il s'y plonge !

Pour nous, Hommes (et Dames !), du XXème siècle, (et à fortiori pour les jeunes du XXIème pour qui Molière doit être traduit !), il n'est pas si facile de lire ces auteurs du début du XVIIème jusque début XXème !

D'abord par l'absence quasi complète d'illustrations (7 pour 181, puis 120 sur 322 pages chez Roberval en géométrie, 5 sur 1800 pages chez Poincaré !).

Ensuite quand il faut, par exemple, comprendre que leurs « touchantes » sont nos « tangentes », ou bien que leurs « adhibances » sont nos adhérences !

Puis quand ils entremêlent des considérations épistémiques et des propositions mathématiques ; des axiomes et théorèmes mêlés à diverses considérations philosophiques !

Poincaré séparait mieux les domaines quand même.

Roberval n'était pas Verrier, ni ne pratiquait les « Arts du feu ». Comme il lui fallait rétribuer des fournisseurs (comme le Sieur Hubin, Émailleur, Verrier, déjà quelque peu « Chimiste » avant la lettre, puisque ayant isolé le Phosphore !), il se désolait souvent de passer beaucoup trop de temps à la recherche de fonds monétaires plutôt qu'à des recherches « de fond théorique » ! Rien de nouveau sous le soleil !

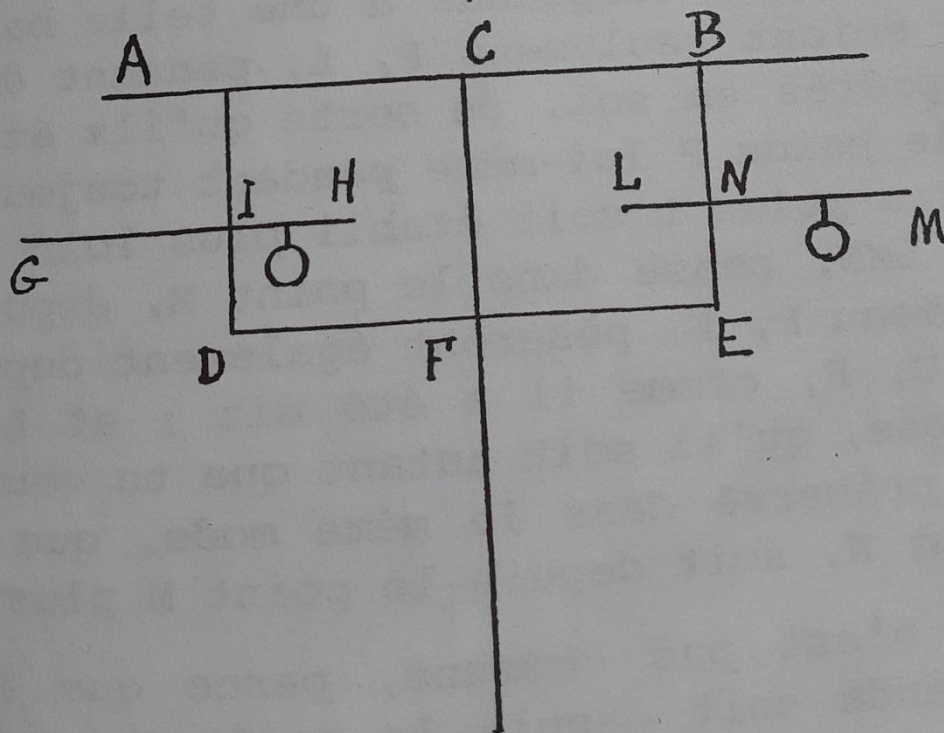
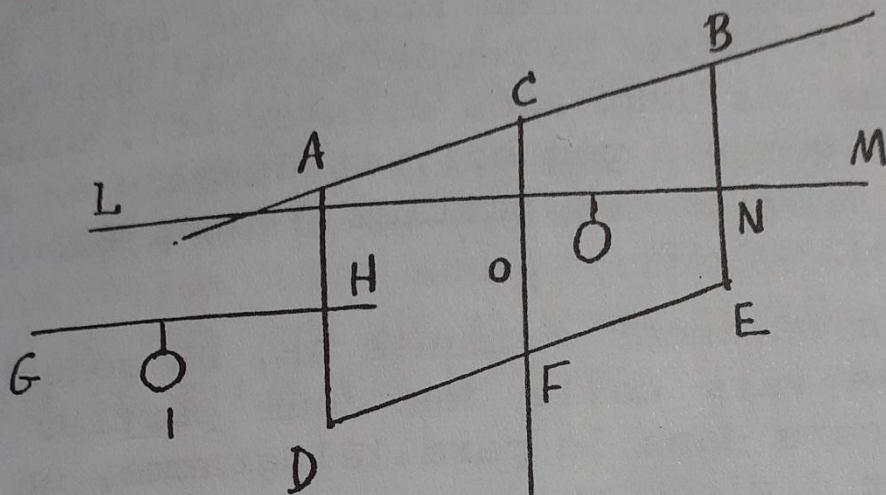
Les « Tubes de Verre » de 3 pieds (≈ 1 m) à 5 pieds ($\approx 1,5$ m) bien calibrés, les Cuves, Cloches, Ballons ... ; et surtout le Mercure, ce « Vif-Argent » si utile par 40 à 50 livres de poids minimum, coûtaient des fortunes.

Pour étudier le comportement des « Airs », il fallait des Artisans, Mécaniciens – Ajusteurs.

La difficulté de contrôler les Températures retarde l'étude de la Compressibilité ou la Raréfaction des « Airs », leur Expansibilité et leur Élasticité ! Voir à « Mariotte » en annexe !

En revanche, dans la ligne d'Apollonios et d'Archimède, comme Cavalieri, dès 1629 - 1635 au 05/04/1644, il utilise les Méthodes d'exhaustion, d'épuisement, des restes ... et la relation : Circonscripse $> \alpha >$ Inscripte !

comme l'est visible que les deux poids sont
 de là il est visible que les deux poids sont
 ties du centre de la balance ; bien plus, qu'ils sont
 le centre lui-même vers les mêmes parties ; ou encore
 té, et pourtant établir l'équilibre.



Que de petits appendices droits AD,
 le parallélogramme

So
 dont
 centr
 puiss
 diver
 soit
 effe
 core
 me i
 re c
 et é
 bre
 êtr

ce
 ble
 AB
 so
 pl
 ef
 po
 tu
 d
 é
 p
 c
 A
 u

Un Personnage original :

Il est instructif de noter les contenus de chapitres d'un de ses ouvrages, et, parmi ses « Demandes » :

- I / Conventions → Le sens des mots doit être fixe, invariable. C'est une exigence toujours actuelle des Logiques Formelles et des Mathématiques !
- II / Même ce qui est hors de nous doit exister. Contrairement au Solipsisme cartésien, il voulait commencer par se référer à ce qui est tangible, puis visible et audible !
- III / Pas de synonymes ... ce qui aurait été logiquement intégré en « I », car pas de polysémies, non plus, par exemple, est toujours une exigence sémantique courante en Logique.
- IV / Ce que nous pensons Vrai, est Vrai ... naturellement, jusqu'à, éventuellement preuve du contraire ! Très « Parménidien » !
- V / En notations à peine modernisées : $A = A$; $A + B > A$, $A = B \vee A = C \Rightarrow B = C$..., voire : $A \mid \neg A$..., etc. Autrement dit des « Axiomes Archimédiens » mêlés à l'Aristotélisme.
- VI / Soit un Triangle ABC → $\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 2D$! Et, mêlés donc à divers éléments de Mathématiques, des considérations sur la « connexité » des propositions qui mènent vers le chapitre suivant !
- VII / Syllogistique.
- VIII / « Les Descentes infinies sont possibles et valides » (où l'on retrouve des travaux de Fermat !).
- IX / Nécessité de l'Indépendance des Axiomes : Aurait été mieux en Chapitre 1.
- X / Chaînes de Dédutions et Théorèmes.
- XI / Les Réciproques sont à démontrer.
- XII / Sur les différences entre les Opinions et les Connaissances, ce qui introduit au chapitre suivant.
- XIII / Des Expériences, leur conduite, leurs « règles ».
- XIV / De la Possibilité de Nier les Axiomes. Sans aller jusqu'aux Logiques modernes ou aux Géométries non-euclidiennes, en précurseur de Karl Popper, la réfutabilité était déjà vue comme critère de scientificité. Mais aurait dû suivre IX !
- XV / Des Causes et Effets.
- XVI / Ce qui ne change pas peut être Cause, ce qui change peut être Effet. Anticipation des Critères de Arrow ! Comme du « Toutes choses égales par ailleurs » de mes Maîtres des années 60 – 70 !

Gilles de Roberval, avec ses contemporains, commence à discerner Mouvement et Vitesse, Vitesse et Accélération. L'Action et le Mouvement surtout ainsi que la Quantité de Mouvement et la Pesanteur.

Roberval dit que l'on est toujours tenté d'étudier l'Optique ou la Balistique, avant de maîtriser la Géométrie, mais que c'est quand l'on comprend que l'on doit raisonner par Figures et être alors Géomètre, que l'on progresse.

Et, pour lui comme pour Galilée, Brahe, Kepler, Huygens, il n'y a de Science que du Mesurable. Bien avant Poincaré !

Il est à bien noter que un ouvrage de 2021 donne 1610 pour une « charnière », l'époque d'un « saut » épistémologique !

Et voir aussi Alexandre Koyré !

Tout de suite rappelons que c'est à cette époque que les Savants ont décidé que la Science ne s'occupe plus des « Pourquoi » mais des « Comment ».

Plutôt que de parler de "Principe d'Action" et que de confondre Puissance et Potentiel, il faut aussi **sur** quelque **point** montrer une "**Direction**" et une **Mesure** de l'Intensité du Mouvement par sa Célérité et l'éventuelle Accélération. (Bien sûr, nous dirions **Origine, Sens, et Norme** d'un Vecteur !) !

En Statique, et en s'efforçant toujours d'y ramener un mouvement en le contrariant par une Résistance, donc selon le "Sens" d'Application de l'Action et de la Réaction opposée.

On convertit aisément un effort de « Résistance » en « Traction » plus mesurable.

Si la quantité de mouvement alors dite "Force vive", déjà en $\frac{1}{2} mv^2$;

et le Produit de la Masse **m** par l'accélération $\Gamma(\gamma)$ sont bien considérées les "Poids" et "Inerties" sont confondus.

D'ailleurs, les Contraintes et les Déformations ne viendront que plus tard !

Activité et Efficacité, Robustesse et Solidité sont encore des notions laissées à l'intuition.

À fortiori Énergie et Travail !

Comme pour beaucoup de Notions qui sont en train de devenir Concepts à cette époque, les sens figurés de Pouvoir et de Détermination ont encore une grande influence.

Cependant, Roberval est donc parmi les premiers à parler de « Composition des Forces ».

Le terme « Expérience » fait l'objet d'une note en annexe.

Mais si Roberval rivalise avec Huygens en ce domaine, il reste plus encombré de considérations morales et philosophiques en général.

Il faut bien se représenter que nous sommes entre Galilée et Newton !

Il y a bien des « Segments orientés », mais le mot « Vecteur » est encore plus Médical ou Militaire que Mathématique !

Il nous est facile de penser à un « Repère dans un « Espace Vectoriel » », mais cela n'existait pas à l'époque !

Le discours de Roberval fourmille de « Règles » qui ne seront explicitées que plus tard !

Par exemple : « La Nature ne fait rien de rien et la matière ne se perd point. », où l'on voit que l'on est dans la voie qui mènera à Lavoisier !

Ou bien : « La translation A vers B suivie de B vers C équivaut à A vers C. ». Autrement dit, c'est déjà la « Relation de Chasles » (1793 – 1880) !

Bref, je ne vous infligerai pas tout ce qui, chez Roberval, préfigure aussi la « Logique de Port – Royal (1672, Arnaud et Nicole).

Ni tout ce qu'il a réalisé comme découvertes, tantôt seul premier, tantôt en même temps ou peu après d'autres, voire en coopération, sans oublier ses contributions aux fondations du "Calcul des Risques et des Chances" avec Pascal et Huygens ! Vous aurez reconnu les Probabilités !

En revanche, dans, encore une fois, des expériences répétées chez l'un, reproduites chez d'autres, avec un constant souci d'amélioration de la Précision, on cherchait, par exemple, les « Poids spécifiques » de chaque « Substance », leurs Densités donc, y compris pour les « Airs », ... à 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000, 1/2000 près, avec obstination !

La faible portée de nos sens, (mise en évidence par les débuts des instruments optiques), implique la nécessité de limiter le « Domaine de Validité » de toute affirmation. C'est encore « du Roberval » !

En conclusion :

Nous sommes héritiers, de chercheurs qui, quoique se sachant eux-mêmes redevables à, par exemple, John Duns Scott, Jean Buridan, Guillaume d'Ockham ..., avaient conscience d'établir de nouveaux **Paradigmes de la pensée** !

La fantastique Précision de nos instruments, certes les matériels avec les Lasers, mais aussi intellectuels avec, entre autres, les Espaces Vectoriels, les Espaces de Hilbert, et tutti quanti, ne doit pas nous faire oublier nos limites.

Si nous parvenons à encore faire reculer ces limites, et améliorer nos « Facteurs de Mérite » et donc nos « Modèles », nous devons garder à l'esprit, comme Élie Bernard – Weil à la fin de ses jours, ce « Non-modèle » asymptotique toujours présent.

Merci de votre attention.

Annexe Termes importants :

Sensibilité :

Du Latin “sensibilita” vers 1214.

En Sciences, Aptitude à détecter et amplifier de faibles Variations d’une **Grandeur** au regard de l’Étendue des Mesures, de la Portée d’un Instrument. Si la Portée est de 100, 1% est mieux que 10%, 1‰ mieux que 1%, et ainsi de suite.

La Précision dépend de la Sensibilité et de la Justesse : 1/50 000 est mieux que 1/20 000.

Nos Multimètres courants sont facilement à 1/50 000, on dit souvent “50 000 points” et nous ne nous étonnons plus de lire que la distance de la Terre à la Lune, de l’ordre de 380 000 km est connue à ... 3,8 cm près ! Au « dix-milliardième près » !

L’aptitude des instruments et moyens de mesure quelconques à réagir rapidement au contact et ensuite rester stable pour la lecture du résultat est aussi importante. C’est une qualité qui n’est souvent que implicitement traitée (Voir à Capteur !) !

De même, l’aptitude de tout moyen de mesure à la discrimination et au classement des individus en évitant trop d’ex-aequo, à la finesse de tri, est aussi capitale dans la sensibilité différentielle, même s’il n’y a pas d’échelle absolue qui fasse consensus, donc hors du quantitatif, sauf répartition éventuelle en « classes statistiques » !

Bien entendu, dans la langue courante, les sentiments, exclus de la science, ont poids prépondérant. Dès 1200 – 1250, sera “sensible” ce qui pourra être senti, mais “sensibiliser” ne vient que vers 1845 – 1858.

Justesse :

En 1611, depuis Juste :

Qualité d’une chose, ici un instrument, qui le rend parfaitement apte et approprié à sa destination. Qualité qui permet d’exécuter très exactement une chose, ici une mesure, et manière même de la faire sans erreur, donc sans biais.

La Mesure étant toujours comparaison, il faut d’abord que ce à quoi l’on compare soit très fiable ! Dans la France d’Ancien-Régime, la « Livre » de Masse avait au moins trois « Étalons » de valeurs : 489,506 ; 489,904 ; 495,080 ! Pour peser, on ne pouvait aller à mieux que 53 milligrammes.

Les **étalonnages** sont indispensables pour la Justesse.

Et, en 1789, il a fallu construire des Balances d’une précision, d’une sensibilité, de 1/57725, voire mieux !

Bien entendu, en Physique, le Système International d’Unités et ses Laboratoires de référence sont de plus en plus fiables !

C’est le domaine de la **Métrologie** Légale qui garantit la fiabilité actuelle des Instruments.

Voir aussi à Capteur et à Biais.

Fidélité :

Depuis Fidèle, du Latin “fides”, “fidelis”, vers 1220 – 1370 par “fei, feoil, féal, fiabilité” ... ; Fiable se dit d’un Équipement, d’un Matériel dans lequel on peut avoir confiance pour un bon fonctionnement.

Ici, est Fidèle ce dont les résultats ne sont pas altérés lors de Mesures répétées au cours du temps. Qualité dans la reproduction d'une Opération. Voir Répétabilité, Sûreté aussi. Naturellement, comme pour la sensibilité, dans la langue courante, les sentiments, exclus de la science, ont poids prépondérant.

Balance :

Depuis : bis, deux, et "lanx" plateau ; vers 1100 – 1150 par "bilancia" de l'italien.
 — Instrument qui sert à peser, formé d'un Fléau mobile et deux Plateaux dont l'un porte la chose à peser et l'autre des Poids Marqués.
 — Équilibres comptables : Charges – Produits ; Actifs – Passif ; Débits – Crédits ; Achats – Ventes ; Imports – Exports ; Créances – Dettes ; etc.
 L'apport de la Comptabilité, des Mercuriales et autres Statistiques économiques, comme aussi de la Théorie des Jeux, a été considérable, quoique inconciement, à cette époque !
 — Délateur, Dénonciateur, Mouchard.
 Balancer est se mouvoir d'un côté à l'autre, Osciller ; au figuré hésiter, Examiner et Comparer.
 Le Trébuchet est une Balance de Laboratoire.

Expérience :

Vers 1260, du Latin "experiri" : Faire l'essai de quelque chose, "experimentia" : Le Fait d'essayer, d'éprouver, quelque chose.

Ici, le fait de provoquer un phénomène, un observable, dans l'intention de l'étudier pour confirmer ou infirmer des suppositions, des hypothèses, et obtenir des connaissances nouvelles. Voir Essai, Essayer, Test, Tester.

Certains disent que l'on ne trouve que ce que l'on cherche. Ce serait bien si les ennuis, les maladies, n'arrivaient qu'à ceux qui les cherchent ! Les « repas gratuits », les bonnes fortunes sont aussi généralement des surprises !

Les hasards de la vie nous font acquérir des savoirs. La différence est que l'expérience vient après des projets, des suppositions, et plus ou moins de réussites ou d'échecs.

Les échecs, contrairement à ce que prétendent certains, ne sont pas toujours instructifs !

Si la personne ne répond pas, qui peut prétendre savoir pourquoi le dialogue ne s'instaure pas ?

Souvent, certes, dans des Expériences bien « montées », il est souvent possible de voir « ce qui a cloché », de détecter les Biais !

Mais c'est surtout par le travail collectif sur les procédures puis les résultats, que l'on peut progresser.

Même conscient de ses compétences et indépendant, Roberval, par exemple, le savait bien.

Expérimenter est de 1372, pour : Éprouver et connaître, par une pratique, et provoquer des observations dans l'intention d'étudier un phénomène : Éprouver, essayer, tester pour vérifier.

Expérimenté est de 1453, surtout pour les personnes, rarement pour des façons de faire ou des objets.

Expérimental, depuis "experimentalis", et expérimentalement, de 1503 :

Qui est fondé sur l'expérience; Qui est de caractère fondé sur la Méthode Expérimentale de suppositions, hypothèses, classifications, essais ...; Mesures et Observations, Vérifications, confirmations ou infirmations, par des moyens construits pour éprouver des qualités.

Connaître et Savoir par constatations. Dès 1824, les pratiques de laboratoire redeviennent de plus en plus rigoureuses, demandant de plus en plus de moyens, de matériels de laboratoires.

Les Pratiques des Expérimentateurs sont de plus en plus des Règles de Métier, des Règles de l'Art, des Protocoles et Procédures, des Normes !

Laboratoire :

En 1612, du latin "laborare", travailler, "laboratorium", lieu de travail (souvent de "clercs" car la plupart des familiers du latin en étaient !).

Local, Cabinet, aménagé pour y mener des expériences, pour des recherches.
Pièce équipée pour élaborer des Essais, des Analyses, munie de moyens, instruments, appareils.

Les aspects très pratiques de ces tâches sont, en particulier visibles chez les Apothicaires – Pharmaciens, où ils faisaient leurs préparations magistrales (parfois maintenant encore), et qui les distinguaient bien des boutiques et bureaux.

Expérimentateur est rare avant 1824, mais, dès 1376, désigne un Laborantin.

Le Laboratoire peut être également le lieu de psychométrie, voire là où l'on élabore des enquêtes et traite les données recueillies.

Exact :

Vers 1520 – 1570, du latin "exigere", achever, terminer; "exactus", accompli, fini.
Ce qui est fait avec soin, en respectant, en observant les Règles et Normes prescrites par les bonnes pratiques de métier, en sorte qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir.

Ce qui est entièrement conforme à la Vérité de la Réalité.

Ce qui est adéquat à son objet. Égal à la grandeur mesurée. Juste et Fidèle.

Qui exclut toute approximation. Un Étalon de référence donnera, par définition, une valeur exacte. Voir aussi à Exactitude.

Exactitude :

("exactesse" en 1632, "exacteté" en 1643, depuis "exactus", voir supra), Exactitude en 1645 chez Roberval.

Caractère de ce qui est exact. Correction, Fidélité, Justesse.

Précis :

Du latin "praecidere", retrancher, décider, "praecisus", tranché, décidé, "praecisio", net ; entre 1361 et 1671; précision vient entre 1380 et 1520

Ici, donc, Caractère de ce qui est net et sûr, juste et tendant à être exact.

La qualité d'une mesure, d'une expérience, la fiabilité et le facteur de mérite des instruments, la sûreté et la sécurité des méthodes, des procédures et procédés, de nos jours de mieux en mieux, peuvent être eux mêmes mesurés et le sont avec des Normes de plus en plus internationales.

Ces mots (Exact, Précis), sont bannis des Normes et ouvrages de Métrologie actuelle.

On peut, en effet, s'en passer !

Répéter :

Vers 1120 – 1170, du latin "repetere" : Chercher pour reprendre; puis en 1295, copier. En 1377, **Répétition**; et vers 1640 donc : **Répétabilité**; mais ces mots ne se diffusent que entre 1663

– 1680 et 1905 – 1962 !

Recommencer à dire, à faire. Recopier et Comparer.

La possibilité, et surtout la validité d'une telle démarche, repose sur la Fidélité des Instruments quand c'est dans le même Laboratoire, et leur Justesse quand d'autres expérimentateurs reprennent, en général consciencieusement, les mêmes protocoles, procédés et procédures que l'expérience princeps.

De plus, jusque, et y compris, lorsque l'on veut en faire varier un "Paramètre", comme quand Florin Périer reproduit pour Blaise Pascal la fameuse "expérience du vide" de Torricelli, il faut, (il aurait fallu, souvent à l'époque !) être sûr que toutes les "conditions" soient les mêmes !

Une forte dépression à Rouen ou sur Paris, un gros anticyclone sur l'Auvergne risquaient de biaiser les observations ! L'Altimétrie barométrique n'est pas très fiable, pas très précise !

Il est souvent possible de déterminer que, par exemple, la température ne change pas la variation de la pression atmosphérique, mais même de nos jours, il n'est pas toujours facile de s'assurer du "toutes choses égales par ailleurs" !

Capteur :

Un Capteur est un dispositif permettant d'interpréter l'état d'une grandeur physique observée en une **grandeur** exploitable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, un courant électrique ou la déviation d'une aiguille.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une interface entre un processus physique et une information manipulable.

Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Le capteur, lui, en est dépourvu.

De même, un capteur est distinct d'un transducteur : il est *au minimum* constitué d'un transducteur.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données.

Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

Il y a les :

Capteurs passifs : Dans la plupart des cas, les capteurs passifs ont besoin d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner (thermistance, photorésistance, potentiomètre, jauge d'extensométrie appelée aussi jauge de contrainte, etc.). Ce sont des capteurs modélisables par une impédance. Une variation du phénomène physique étudié (mesuré) engendre une variation de l'impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie.

Et les : Capteurs actifs : On parle de capteur actif lorsque le phénomène physique qui est utilisé pour la détermination du mesurande effectue directement la transformation en grandeur électrique. C'est la loi physique elle-même qui relie mesure et grandeur électrique de sortie. Un capteur actif fonctionne assez souvent en électromoteur et dans ce cas, la grandeur de sortie est une différence de potentiel. Le nombre des lois physiques permettant une telle transformation est limité, on peut donc recenser facilement les capteurs actifs (dont le nombre est fini). Toutefois, les domaines d'application sont, eux, très étendus.

De même :

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie.

Et il y a les :

Capteurs analogiques : La sortie des capteurs analogiques est une grandeur électrique dont la valeur est une fonction de la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues. Le signal des capteurs analogiques peut être du type :

- sortie tension ;
- sortie courant ;
- règle graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide) ; etc.

Quelques capteurs analogiques typiques :
capteur à jauge de contrainte ; LVDT ; thermocouple ; etc..

Puis les Capteurs numériques : La sortie des capteurs numériques est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre un grand nombre de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être du type :

- train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise ;
 - code numérique binaire ;
 - bus de terrain ;
- etc.

Quelques capteurs numériques typiques : codeur rotatif incrémental ; codeurs référentiels AA34 etc..

Pour le reste, il faut que je vous renvoie à Wikipedia car c'est un article très riche ! Néanmoins, il me faut ajouter que l'apport des phénomènes électro-magnétiques a été énorme ! Et, enfin, les critères actuels donnés pour Caractériser er les capteurs sont très redondants :

Un capteur est caractérisé selon plusieurs critères dont les plus courants sont :

- la grandeur physique observée (bien entendu !)
- son étendue de mesure (gamme de mesure, portée)'Voir ces mots) ;
- sa bande passante (qui conditionne l'étendue et la finesse des résultats) ;
- sa sensibilité ;
- sa résolution ; (sensibilité relative à la portée) ;
- sa précision (sic !)
- sa reproductibilité (la fidélité des instruments en dépend) ;
- sa linéarité ;
- sa rapidité (temps de réponse) ;
- son hystérésis (avec le temps de réponse, conditionne la fréquence maximale des mesures) ;
- sa gamme de température d'utilisation ; etc..

Pour utiliser un capteur dans les meilleures conditions, il est souvent utile de pratiquer un **étalonnage** (Pour la Justesse de mesure !) et de connaître les incertitudes de mesure relatives à celui-ci.

Force :

C'est une **Grandeur** Vectorielle Extensive.

Ce n'est pas directement mesurable, et les Capteurs des Instruments qui donnent des Valeurs en Newtons détectent en réalité des différences de positions ou autres Grandeurs intensives.

Ils mesurent en réalité une autre grandeur, généralement donc un déplacement ou des variations d'autres grandeurs, comme la résistivité, qu'un déplacement, ou un changement de température, produit, y compris pour les Capteurs Biologiques ou Robotiques, en particuliers de Proprioception.

Archimède, lors de l'étude du problème du bras de levier qu'il effectue dans *De l'équilibre des figures planes* évoque le poids des corps, sans expliquer plus explicitement ce qu'il entendait par là.

Lors de son étude sur les poulies, la notion de force est utilisée confusément comme étant la **tension** dans les fils, les câbles. Dans son *Traité des corps flottants* il utilise explicitement la notion de force, mais toujours en la comparant au poids.

Galilée, quand il traite le problème du plan incliné ou celui de la chute des corps, continue dans la même veine : la notion de force n'est pas explicitement utilisée alors que **masse**, **vitesse** et **temps** le sont.

Un peu auparavant, la **composition des forces** apparaît implicitement dans les travaux de Simon

Stevin (*De Beghinselen der Weeghconst*), 1586), cependant la distinction entre la notion de force et de vitesse n'y est pas encore nette.

À la suite des travaux de Huygens, Leibniz définit mathématiquement la **force vive** comme la masse multipliée par le carré de la vitesse, ainsi que l'action comme cette force ($m \cdot v^2$) multipliée par le temps, autrement dit la somme de toutes les forces vives d'un système pendant une durée, concept que répandront Wolff, Maupertuis et Lagrange.

Isaac Newton est celui qui définit ce qu'on entend par force en physique de nos jours. Il l'appelle *force accélératrice* dans ses *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687), et cela lui permet une présentation simple de la mécanique classique (lois du mouvement de Newton). Newton prévient toutefois qu'il ne considère pas ces « forces » d'un point de vue physique mais seulement mathématique et il précise par ailleurs que l'action à distance (que la force permet) lui paraît absurde, de sorte qu'il y a forcément quelque chose d'autre, encore inconnu, qui justifie la gravité.

Le Paradigme en la matière de nos jours est le **Gradient de Champ** !
Et certains de bannir « force » de leur vocabulaire !

Aujourd'hui, la notion de force en physique reste néanmoins très utilisée, en particulier dans l'enseignement et dans l'ingénierie. Pourtant, alors que les **moments**, l'**énergie** et les quantités de mouvement ou **impulsions** sont des grandeurs fondamentales de la physique, la force peut être vue comme un artifice de modélisation, commode mais non indispensable. En mécanique analytique existent des formulations de la mécanique classique qui n'utilisent pas le concept de force.

Ces formulations, apparues après la mécanique newtonienne, font cependant appel à des notions encore plus abstraites que le **vecteur force**, et on considère en conséquence qu'il vaut mieux les introduire seulement dans l'enseignement supérieur.
Les Gradients de Champs ne sont pourtant pas si abstraits !

Les forces sont d'autre-part souvent confondues avec le concept de contrainte mécanique, et notamment avec les **tensions**.

La **force** est donc une grandeur de nature vectorielle. Une force peut être complètement représentée par un vecteur lié (ayant une direction, un sens et une intensité) et un point d'application, voir « Vecteur force ».

Quand un ensemble de forces est appliqué à un système indéformable (un solide parfait), cet ensemble peut être complètement représenté par un torseur (caractérisé par un vecteur et le moment en un point).

Parmi les forces entre plusieurs objets il peut être commode de distinguer celles qui s'exercent à leur contact de celles qui s'exercent à distance, mais il n'y a pas entre elles de différence de nature (les forces de contact sont de nature électrostatique). Voir aussi à « Choc ».

Quand on s'intéresse à un système déformable (dispositif mécanique, solide élastique, fluide, etc.), il est utile de distinguer les forces intérieures (exercées entre les différentes parties du système) (Proprioception biologique ou robotique) des forces extérieures (exercées par des objets non inclus dans le système considéré).

Le concept de force est très utile pour « imaginer » le mouvement (dynamique), les efforts (statique) ou déformations (Résistance des matériaux) subis par un objet.

Quelle que soit la ou les causes du mouvement ou des efforts (freinage par frottement, accélération par moteur, portance sur une aile par les écoulements de l'air, attraction par la terre, attraction par un aimant, etc.), tout se passe comme si on attachait à cet objet des petits élastiques tendus avec la même tension que la force qui s'applique sur l'objet.

Qui plus est, il est possible de combiner les forces s'appliquant sur un même point, mais provenant de différentes causes, en une seule force. Pour cela, il suffit de sommer les vecteurs force (cette opération revient à remplacer deux élastiques attachés à un même point, mais tirant peut-être dans des directions différentes, par un seul élastique produisant la même tension).

C'est cette capacité à réunir et à combiner dans un même outil des phénomènes aussi variés qui confère toute sa puissance au concept de force.

Ainsi, une fois assimilées les lois du mouvement de Newton, on peut comprendre l'effet de n'importe quelle interaction sur un objet, pourvu, toutefois, de rester dans les conditions d'application de la mécanique classique :

Grandeur :

On appelle grandeur physique, ou simplement grandeur, toute propriété d'un phénomène physique, d'un corps ou d'une substance, qui peut être **mesurée ou calculée**, et dont les valeurs possibles s'expriment à l'aide d'un nombre (réel ou complexe) et d'une référence (comme une unité de mesure, une échelle de valeurs ou une échelle ordinale).

La précision de la mesure est indiquée par l'incertitude de mesure.

On parle de *grandeur physique algébrique* (par référence à la mesure algébrique utilisée en géométrie), ou simplement de *grandeur algébrique*, dans le cas des nombres réels, c'est-à-dire lorsque la grandeur peut prendre des valeurs négatives. Par exemple le temps et la longueur sont des grandeurs algébriques.

La présence d'une unité de mesure n'est pas nécessaire, au sens strict, pour exprimer une grandeur physique. Ainsi, si la masse et la longueur sont des grandeurs qui s'expriment respectivement en kilogrammes et en mètres (ou en multiples ou sous-multiples de ces unités de base), par contre l'indice de réfraction d'un milieu conducteur de la lumière s'exprime à l'aide d'un nombre sans unité, du fait qu'il est défini comme quotient de deux grandeurs exprimées avec la même unité ; il en est de même pour les lignes trigonométriques usuelles (sinus, cosinus, tangente) d'un angle dans un triangle rectangle. On parle dans ces cas de *grandeur sans dimension*.

Voir Dimension, Équation aux dimensions.

Une grandeur physique est définie par sa **mesure**, ce qu'elle **caractérise** et sa **fonction**. Elle incarne un **concept** particulier, une abstraction dont le statut est celui d'outil de la pensée au service des réponses que le scientifique apporte à ses questions.

Prenons par exemple la masse : nous pouvons mesurer la masse d'un objet à l'aide d'instruments conçus par le Laboratoire national de métrologie et d'essais. Nous obtenons un nombre qui caractérise la quantité de matière de l'objet, quelle qu'en soit la nature : plume, plomb, etc.

La grandeur physique « masse » a pour fonction d'intervenir dans les expressions des lois, comme celles des lois du mouvement de Newton.

En statistique, les grandeurs physiques sont considérées comme des variables quantitatives continues.

Mesure :

Voir aussi Dimension, Distance, Distorsion, Espace, Métrique.

Lorsque nous regardons l'histoire et la définition, la mesure est née d'un concept appartenant tant aux sciences humaines que physiques.

La mesure est "la détermination de certaines grandeurs par comparaison avec une grandeur de même espèce servant d'étalon ou prise comme unité".

La mesure « réglée » il y a très longtemps est apparue avec le commerce et le besoin de jauger des quantités échangées lors des trocs ou achats de vivres et matériaux.

La mesure de caractéristiques quantitatives présente dès les origines une forte analogie avec le dénombrement d'objets. C'était toujours des "**Mesures-de**" !

Des mesures ont sans doute été associées très tôt aux premières techniques artisanales (Donc dès les Chasseurs – Cueilleurs), agraires, médicales, hydrauliques, administratives, ou architecturales. Les plus anciens témoignages de comptages seraient les boules d'argile scellées contenant des jetons de différentes formes en Mésopotamie vers – 3400 / -3300.

Mais on a des gravures de séries de traits beaucoup plus anciennes ! Dans les 33 ka au moins !

Dès maintenant, disons que toute Mesure implique un "**Capteur**", ne serait – ce que l'oeil d'un **Observateur** sur une Règle. Et que les Instruments sont donc liés aux Capteurs et Observateurs !

Les règles graduées et « poids » (donc balances !), ne viennent que vers – 2200 / -2100.

Ce qui est logique. Les premiers besoins n'étaient pas en lien avec une nécessité de chiffrer pour intégrer dans des équations, mais de jauger de la quantité.

Et sous ce premier jour, il semble que la mesure soit une science de l'archéologie, paléontologie, anthropologie, bref, des sciences humaines et même biologie, les animaux ayant en général ces capacités sous diverses formes. En même temps que la capacité de dénombrer est associée aux premiers jours des mathématiques ...

Impossible de nier que les "Mesures" aient, dès le début une forte connotation psychologique et sociale !

Encore moins que les "Sciences Humaines" dans la mesure où cela se qualifie de Sciences, développent moyens et méthodes de mesure ! Tout commence, en effet par des dénombrements, des comptages.

Mais "mesurer" la taille d'un troupeau, voire compter ses pas ou même des pieds posés l'un devant l'autre relève de la "Comptabilité", de "nécessités pratiques" évidentes avant même l'élevage et l'agriculture !

Non, la Mesure liée à la Science, à commencer par la Physique, et qui a conduit aux Systèmes Modernes n'a rien à voir !

La "Vision du Monde" du Tisserand et du Mercier, du Paysan ou du Forestier donnera l'Aune ou l'Arpent (les aunes et les arpents !), pas un vrai système de mesure !

D'après les livres sur les mesures anciennes et leurs histoires, il y a eu, fin XVIème - début XVIIème siècle, **un changement de Paradigme** en la matière !

Les "Mesures en Sciences Humaines" ne se soucieraient pas d'Incertitude et d'écart-type si les Physiciens ne s'en étaient pas souciés d'abord ?

Qui aurait pensé à unifier les Méthodes Comptables, les Recensements les "Tests d'Intelligence" si les Physiciens, dès, fin XVI – début XVIIème déjà n'avaient voulu une Mesure Universelle pour chaque dimension au sens physique ?

Ce Texte vise à établir ce que l'on doit entendre par Mesure au XXIème siècle ...
pas ce que les Humains "ont toujours fait" ! Ne pas confondre Mesurage et Métrologie !

τὰ μετὰ τὰ φυσικά Ta Meta Ta Physika ; *ta phusika Chose Physique ; le préfixe meta pouvant signifier "au-delà" autant qu'"après"* ;

'Aristote, est le premier à concevoir une « philosophie première », qu'il définit comme « la science de l'être en tant qu'être », ou « la science des premiers principes et des causes premières ».

Plus prosaïquement : Biblio – Theka = Bibliothèque ; où l'on range, où l'on pose les livres.
Ma Ta Théka Chose Posée, Opération ; Ma Ta Ma The ka : Au – delà (ou qui sous-tend)
l'opération ...

Les « mathématiques » de Mésopotamie ou d'Égypte étaient agraires, mercantiles, administratives. Rien à voir avec « La Mathématique » grecque !

Non que les Philosophes aient totalement dédaigné le commerce, ni même la Rhétorique sophistique !

Mais ils ont étudié Nombres et Figures sans aucune « vue pratique » !

Même si les travaux « pratiques », de l'antiquité à nos jours, ont pu les inspirer, c'est « l'Art pour l'Art » qui entraîne en fait leurs recherches !

Donc, comparer les Mesures avant Galilée et Huygens (jusqu'aux Tests Statistiques sur Résultats d'expériences en Psycho-sociométrie !), c'est comme comparer les savoirs Babyloniens et Égyptiens avec les recherches d'Euclide et Diophante !

En bref : avant les Grecs, pour les Calculs ou l'Arpentage, on "Posait des "Opérations"".

Avant les Physiciens de la Renaissance et les débuts du Classicisme, on "Posait des Poids, des Perches, etc.".

Après, on a réfléchi sur les "Opérations" en question, qu'elles soient de Nombres, Figures, ou Mesures ! On travaille sur des **Idéalités** !

La **mesure physique** est l'action de déterminer la ou les valeurs d'une **grandeur** (longueur, capacité, etc.), par comparaison avec une grandeur constante de même espèce prise comme terme de référence (étalon ou unité). Selon la définition canonique :

Mesurer une grandeur, c'est la comparer à une autre grandeur de même espèce prise comme unité.

La mesure physique vise à l'objectivité (Justesse et Universalité !), et à la reproductibilité. La comparaison est numérique ; on exprime une caractéristique bien définie de l'objet par un nombre rationnel multipliant l'unité.

Un résultat de mesure physique complet comprend une estimation numérique de la grandeur, la désignation de l'unité de mesure, une expression de l'incertitude de mesure et les principales conditions de l'épreuve. L'incertitude est partie intégrante de la mesure, et peut même être son résultat principal.

Particulièrement en physique, la mesure "physique" donc, se définit comme la détermination de la valeur numérique d'une grandeur par l'*interprétation* du résultat d'une expérience ou d'une observation. Les conditions et les méthodes de cette expérience ou observation déterminent l'incertitude.

Le Bureau international des poids et mesures a établi un Système international d'unités et des normes de publication des résultats de mesure permettant leur comparaison directe.

En mathématiques, une **mesure positive** (ou simplement **mesure** quand il n'y a pas de risque de confusion) est une fonction qui associe une grandeur numérique à certains sous-ensembles d'un ensemble donné.

Il s'agit d'un important concept en analyse et en théorie des probabilités.

Stella Baruck a bien posé le problème : « La plupart des gens pensent, et tous au quotidien, en « **Nombres-de** » alors que les Mathématiques s'occupent, au moins depuis Peano,

sinon depuis les Grecs, de « **Nombres** » tout court, de Nombres Purs ! ». Et de même, évidemment, pour la « **Mesure-de** » et « **La Mesure** » !

Intuitivement, la mesure d'un ensemble ou sous-ensemble est similaire à la notion de taille, ou de cardinal pour les ensembles discrets. Dans ce sens, la mesure est une généralisation des concepts de longueur, aire ou volume dans des espaces de dimension 1, 2 ou 3 respectivement.

L'étude des espaces munis de mesures est l'objet de la théorie de la mesure.

De façon informelle, une mesure a la propriété d'être monotone : si l'ensemble E est un sous-ensemble de F , la mesure de E est inférieure ou égale à celle de F . De plus, on impose à la mesure de l'ensemble vide la valeur 0. Voir l'Axiome d'Archimède aussi !

Définition — Soit (X, \mathcal{A}) , où \mathcal{A} est une tribu sur X , μ définie sur $\mathcal{A}[0, +\infty]$

est appelée **mesure** lorsque les deux propriétés suivantes sont satisfaites :

- L'ensemble vide a une mesure nulle, autrement dit,

$$\mu(\emptyset) = 0$$

- μ est σ -additive, c'est-à-dire que, si $E_1, E_2, \dots \in \mathcal{A}$

$$\mu\left(\bigsqcup_{k=1}^{\infty} E_k\right) = \sum_{k=1}^{\infty} \mu(E_k)$$

Définition — Soit \mathcal{C} un ensemble de parties de X , μ définie sur $\mathcal{C}[0, +\infty]$ est appelée **mesure** lorsque les deux propriétés suivantes sont satisfaites :

- L'ensemble vide a une mesure nulle, autrement dit,

$$\mu(\emptyset) = 0$$

- μ est σ -additive, c'est-à-dire que, si $E_1, E_2, \dots \in \mathcal{C}$, alors la mesure $\mu(E)$ de cette réunion est égale à la somme des mesures des parties, en somme,

$$\mu\left(\bigsqcup_{k=1}^{\infty} E_k\right) = \sum_{k=1}^{\infty} \mu(E_k)$$

Accélération :

En 1349, du Latin « acceleratio », depuis “accelerare”, de “celer”, rapide.

Augmentation de Vitesse, Accroissement de Célérité.

Variation d'une Vitesse par unité de Temps. Dans un Repère : Vecteur dérivé par rapport au temps du Vecteur Vitesse.

Par ailleurs, quand une Impulsion, par exemple par la différence entre la Masse, le “Poids” d'un engin et une “Poussée” en Newtons, agit, l'Accélération est d'abord infinitésimale, puis augmente, et plafonne très vite si la Masse reste constante, mais peut augmenter fortement si la Masse diminue vite !

La valeur de l'Accélération de la “Pesanteur”, l'Attraction terrestre, est en effet souvent prise comme référence (soit “g” comme “gravité” !)

Lors des vols “Mercury”, les “astronautes” encaissaient jusqu'à 9 “g”. Et pour la “Navette”, les ingénieurs ont veillé à ne pas dépasser 4 à 5 !

À l'époque de Roberval, le Calcul Différentiel et Intégral n'était pas encore au point, et les Vecteurs n'étaient encore que des “Segments (voire des “parties”, des “portions” !) de Grandeurs Orientées” !

Par exemple, ce n'est que chez La Hire vers 1700 – 1702 que les Vitesses ont été notées “v” constamment. Encore que “c” pour Célérité soit fréquent, mais en abandonnant “e” “i” “s” ... et, de même noter les masses par “m” ! Et c'est Coriolis, vers 1830 – 1840 qui a commencé à “normaliser” “a” ou “g” ou “γ” pour les accélérations !

Pour une “grandeur économique”, c'est aussi le : Rapport Quantitatif entre la Production d'Articles finis et celle des Moyens de production nécessaires correspondants !

Décélération et Ralentissement en sont les antonymes.

Vitesse :

N. f. Vitesse est dérivé de Vite, « Vista » comme « Force de Vie », entre 1170 pour « Vitesse », habileté, vivacité; et 1536 - 1538. Pouvoir, et fait de parcourir un grand espace en peu de temps. Célérité, Vélocité, Rapidité. Diligence, Hâte, Promptitude, dans des sens plus figurés; Accomplir une Action en peu de temps.

La Quantité exprimée par le Rapport d'une Distance au Temps mis à la Parcourir. Cette Quantité Vectorielle est Définie par une grandeur Scalaire, sa Norme, et deux Grandeurs de Rotation au moins dans un Repère. Voir Degré de Liberté, Transverse, Tangentiel.

C'est donc, comme la Rapidité, de Détermination toute Relative, voire Relativiste, selon les Temps et Espaces considérés et les Objets, contrairement à une Énergie Intrinsèque ou Acquisée, ou une Quantité de Mouvement si l'on ne considère que l'Impulsion.

La Vitesse Instantanée est le Quotient d'un Quanton de Distance, une Différentielle infiniment petite au regard du Monde considéré, par un Quanton de Temps également en Différentielle infinitésimale.

La Célérité et la Rapidité d'un Déplacement appréciée par l'Espace parcouru et le Temps mis pour cela. Mais “Célérité” sera plutôt la “vitesse instantanée” et la “Vitesse” la “célérité moyenne” !

Un Vecteur Vitesse a sa Norme portée par une Tangente à une Trajectoire.

Tangente qui bien entendu peut être confondue avec elle, mais la Géodésique peut avoir une Courbure Intrinsèque supérieure, voire inférieure, à celle de la trajectoire elle-même.

C'est pour une Particule, qui pourra être un “Point Matériel”, la Dérivée Géométrique par rapport au Temps de son Déplacement en Cinématique.

Une Trajectoire est nécessairement un Espace ayant au moins Une Dimension, et pouvant être plongé dans un Espace qui en aura au moins Deux ! Voir Géodésique.

Bien des gens se contentent d'une Courbe dans un Plan ! Trop même, hélas, même si bien des Ingénieurs en pratique peuvent en rester là !

Voir par exemple Cubique e Quartique !

En fait, les meilleures Théories du Mouvement exigent un Espace Vectoriel à Quatre Dimensions ! Qui peut être Projeté commodément sur les X,Y, et Z d'un Espace à trois dimensions.

Voir à Relativité Restreinte et Générale.

Il existe aussi pour les Rotations des Vitesses Angulaires ; Pour un Nombre de Tours n d'un Rayon r, on a :

$\square = v/r$; $\square = \square n/\Gamma 30$, \square donnant donc une Vitesse Angulaire par Seconde de Temps Γ , étant entendu que les Unités de Mesure doivent être Homogènes, normalement en Radians par Seconde, mais les Degrés et parfois les Grades sont souvent présents.

Voir aussi à Tour, Polaire, Tangentiel, etc.

Si x_0 et x_1 sont les Abscisses des Points de Positions A et B sur Une Trajectoire d'un Objet m entre les Instants t_0 et t_1 , on aura : $v_m = (x_1 - x_0) / (t_1 - t_0) = \Delta x / \Delta t$; et si Δx et/ou Δt tend vers Zéro, on peut avoir $v = dx / dt$. Ce qui est une Dérivée première dans l'Espace par rapport au Temps.

Comme signalé plus haut, les « x », et donc les dx ne sont généralement qu'une des Projections de la véritable Trajectoire qui est normalement dans un Espace Tridimensionnel.

Donc $\Delta d = \{dx, dy, dz\} u, v, w$; Et dépend de la Métrique adoptée, généralement celle de Minkowski !

Les Vitesses sont Intégrales d'Accélérations comme les Positions sont Intégrales de Vitesses.

Il y a d'ailleurs également des Vitesses Aréolaires, voire Volumiques comme dans les Dilatations et/ou les Propagations d'Ondes. Entre un Observateur et un Corps, le Rayon qui les Joint peut subir une Vitesse Radiale.

Quand un Milieu est Dispersif, Dissipatif, une Vibration aura une Célérité dépendante de la Fréquence, et, donc, sa Phase pourra changer. Avec « Modulation ».

Ce Changement de Phase pouvant sembler se Propager plus vite que la Lumière, ou le Son, dans le Milieu des Ondes Électromagnétiques ou Mécaniques. Voire « Remonter le Temps », comme en Stroboscopie ! Mais la Phase peut plus dépendre de l'Angle d'Observation et non pas du Parcours effectif.

En Milieu Dispersif également, la Crête d'un Groupe d'Ondes en Battement, en Interférences, se propage à la Célérité de la Lumière ou du Son dans le Milieu.

Toute Modulation d'une Onde entraîne un Groupe de Fréquences particulières, donc une Dissociation, une Décohérence en Paquet, en Parties indépendantes qui se propagent en Décalage de Phase, parfois lui-même Variable, comme la Vitesse de Groupe du Signal.

Enfin, si il n'y a pas Déformation du Signal, l'Énergie se propage comme le Groupe d'Ondes Associées, sinon, il y a Décomposition selon la Déformation. Voir aussi, supra, Phase et Modulation.

C'est la Phase des Variations d'Amplitudes des Signaux Électromagnétiques, Électroniques, ou Sonores qui sera surtout Détectée, et, donc, sa Vitesse mesurée, plutôt que celle des éventuels déplacements des particules réglés, eux, par les équations de la Physique Quantique et la Thermodynamique.

— La Promptitude a d'autres Aspects, comme la Diligence ou la Précipitation, l'Allure et le Train ; et les Régimes, dès 1866 – 1896, ont Caractérisé surtout les Machines où la Rotation d'un Arbre Moteur est transmise à la part de l'Appareil Propulsif en rapport avec le Milieu. Voir Régime.

— Par Extension, tout Phénomène pourra avoir une Vitesse Propre, puisque alors un Temps Propre au sens de Rythme et Cadence dans un Espace Propre, comme une Sédimentation ou une Abrasion, une Réaction Chimique ou des Mouvements Socio-économiques, Division d'une cellule vivante, Reproduction dans une espèce, etc.

Et s'Accomplira et se Propagera selon ses Modalités Propres en un Temps Donné. Un « Nombre de Coups, de Mesures, de Lectures ou Écritures, ... », en un Temps donné, par exemple, par la Durée Nécessaire à un Changement Élémentaire. Voir Transformation, et, plus tard sans doute, à « Vite » !

Un Décrochage interdit le Contrôle de la Vitesse, pour laquelle il faut alors sacrifier de l'Altitude, de l'Énergie Potentielle et une Réserve, une Marge de Sécurité.

De même, quand la Vitesse n'est plus connue avec certitude, vouloir aussitôt prévenir le Risque de Décrochage peut faire que le Pilote soit tenté de Cabrer l'Appareil.

Or, même si Autopropulsé, un Engin Volant a nécessairement une Portance Propre, même si de médiocre Finesse. Par exemple, un Appareil volant entre 9600 et 10000 m d'Altitude, avec une Vitesse de Croisière d'environ 880 km/h, peut parcourir 200 à 250 km moteurs arrêtés, en Vol Plané.

Donc, il faut, si l'on ne peut se fier aux Instruments pour la Vitesse, mettre la Propulsion à son maximum, par exemple pour aller en principe à environ 900 km/h, puis très légèrement Piquer de deux ou trois degrés ou pour cents, tout en surveillant le Variomètre si il fonctionne, plus encore que l'Altimètre, pour, dès que la Variation dépasse 2 ou 3m/s, ou une centaine de mètres à la minute, redresser légèrement de un ou deux degrés. Ainsi, l'Aéronef ne devrait pas Décrocher ni perdre de Vitesse, et parcourir assez de chemin pour sortir de la Région de Givrage avant d'être descendu sous les 100 à 400m de sécurité nécessaires ! Ceci a été écrit par quelqu'un qui n'avait pourtant jamais piloté d'avion, vers 1996 !

Un Projectile, un Engin, dans un Champ de Gravitation, peut s'éloigner de l'Attracteur et, selon le Champ, il y a une Vitesse de Libération du Bassin d'Attraction, par exemple d'environ 11 200 m/s pour la Terre. Voir aussi à Pesanteur, Masse, Accélération, Champ, Accélération, Gravitation.

— Par Unité de Volume et Unité de Temps, un Type de Particule peut apparaître ou disparaître en un certain Nombre, une certaine Quantité, par Unité de Temps. Voir aussi Activité, Vie, Réaction, Transformation, Désintégration.

L'Impulsion Spécifique en "Secondes" d'un Propulsif dépend de la Vitesse d'Éjection. Par exemple, avec O₂ liquide comme Comburant, de 4250 m / s et $I_s = 404$ secs, pour l'Alcool éthylique comme Combustible ; à 5200 m/s et $I_s = 495$ secs pour O₂ / H₂. Il est bien d'autres Ergols.

Les Propulsifs ou Ergols donneront aussi une Poussée Réactive, et donc une Quantité de Mouvement communiquée qui dépendra en partie des Masses Spécifiques des Éjectats.

En tout cas, l'Impulsion dépend de Flux Énergétiques, donnant l'Accélération qui en dépend, puis la Vitesse, enfin les Portées atteignables en Positions.

Voir à : Quantité, Rapport, Distance, Temps, Cadence, Rythme, Vitesse, Rapidité, Mouvement, Parcours, Vecteur, Vectoriel, Définition, Détermination, Valeur, Scalaire, Norme, Direction, Célérité, Vite, Quanton, Différentielle, Infinitésimal, Déplacement, Espace, Instant, Moment, Tangente, Trajectoire, Cinématique, Relativité, Rotation, Angulaire, Attitude, Degré de Liberté, Cap, Tour, Rayon, Unité, Homogène, Abscisse, Ordonnée, Cote, Dérivée, Intégrale, Projection, Linéaire, Aréolaire, Volumique, Linéarisable, Normalisable, Renormalisable, Accélération, Position, Impulsion ;

Origine, Distance, Repère, Propagation, Énergie, Radial, Milieu, Dispersif, Dissipatif, Vibration, Onde, Soliton, Crête, Amplitude, Phase, Battement, Interférence, Modulation, Intensité, Tension, Impédance, Groupe, Paquet, Fréquence, Dissociation, Décohérence, Pompage, Variation, Signal, Énergie, Réel, Imaginaire.

Prompt, Promptitude, Diligence, Précipitation, Allure, Train, Cadence, Rythme, Régime, Accomplissement, Exécution, Modalité, Propre, Local, Contrôle, Pesanteur, Champ, Accélération, Gravitation, Impulsion, Masse, Molarité, Flux, Unité de Volume, Unité de Temps, Type de Particule.

Instrument :

Vers 1120 – 1200, du Latin “instruere” Outiller, Instruire.

Objet fabriqué servant à faire une Opération quelconque. L’Outil est plus particulier au travail des Matériaux ; Appareil est plus complexe et/ou compliqué, comme une Machine qui, de plus, est normalement mue par un Moteur.

Ustensile, et, quand même, souvent, un Appareil servant à exécuter quelque chose, une Mesure en particulier.

Moyen servant à obtenir un résultat quelconque. Voir à Physique et Mesure.

Mètre :

En 1360, du Grec “Metron”, par le Latin “Metrum”, Mesure. Paronyme de Maître, ici comme Référence.

Unité principale de Mesure de Longueur, ici depuis 2019, distance parcourue en 1/299792458 seconde par la lumière dans le vide !

Objet concret, gradué, Règle ou Ruban, servant à Mesurer des Longueurs.

Les Étalons de la Toise et de l’Aune étaient eux aussi dits des “Mètres”.

Toisé en 1644 se disait pour le Mesurage. 1823 Métrage, 1834 Métrer, 1846 Métré, Métreur viennent donc bien plus tard.

Il faut dire que ce qui a déclenché un fièvre de Mesurages, en particulier le Cadastre, fut le “Système Métrique” de 1795 pour ce qui est “Relatif aux distances et Théorie de la Mesure dans un Espace défini, basée sur la Distance , la Norme, entre deux Points de cet Espace en Référence.

Grader :

Si “Graduation” ou “Gradation” sont de 1320 – 1370 à 1450 – 1464, pour une Progression par Degrés, ou Grades, successifs, en principe ascendante. Aussi, Grade pour Degré, Palier, Échelon, Titre est de 1578 ;

Grader, pour la Division selon une Unité de Mesure, en degrés d’égales longueurs, d’Arcs d’abord pour les Angles, effectuée sur un Instrument de Mesure, apparaît vers 1625 – 1634 mais est rare jusque 1690.

Roberval fabriquait lui – même ses Instruments de Mesure !

Gradient, en hiérarchie, n’est que de 1888 – 1898 !

Impulsion :

En 1315, du Latin “Impellere” : Pousser vers; “Impulsio” : Ce qui pousse, et action de pousser.

Produit d’une Force par son Temps d’Application, donc en $I = m \gamma t$.

Variation de grande Amplitude et de courte durée d’une grandeur. Impression, Poussée, Mouvement ...; En 1370, Influence, Principe de Mouvement, Dynamique, Énergie communiquée.

Énergie :

Vers 1500, du Grec “energeia”, force en action; de “ergon”, force ; par le Latin “energia”. Pouvoir, Efficacité, Vigueur, Dynamisme; Entre 1807 et 1852, en Anglais d’abord, en 1875 en Français :

Ce que possède un Système capable de fournir un Travail; Potentielle pas Position dans un Champ, et Cinétique par Masse et Vitesse.

Il faut bien se rendre compte, quand l’on se penche sur les progrès de l’esprit humain, comme dirait Condorcet, que la :

Joule, unité de symbole J pour le Travail d’une “Force” de 1 Newton se déplaçant de 1 mètre dans sa Direction initiale; pour l’Énergie, la “Chaleur”, puis pour le Watt, le Travail.

Et donc le Newton, unité de symbole N pour une Masse de 1kg accélérée de 1 mètre/seconde par seconde, pour la “Force”;

N’ont été “formalisés” que entre 1831 et ... 1950 !

Travail :

N.m. de Travailler, 1080, d’abord Torturer avec un « tripalium » Contraindre, puis : faire souffrir, tourmenter, torturer, gêner, endommager, dévaster. D’où Souffrance, puis, affaibli, Action nécessaire pour Produire, Acquérir.

C’est une Grandeur, une Unité Quantitative dont l’Équation aux Dimensions est : (ML^2T^{-2}) , soit la Quantité d’Énergie impliquée dans le déplacement, le Mouvement ; de **1 m** du point d’application d’une force de **1 newton** dans la direction de la force, sachant qu’il y a équivalence entre « Chaleur » au sens de Capacité Thermodynamique et Mesure de Travail ; défini donc comme le **Joule** (Voir à Force). Un Travail se définit comme : $\mathbf{W} = \mathbf{F} \rightarrow \mathbf{x} \cdot \mathbf{d} \cdot \mathbf{x} \cdot \cos\alpha$, donc dans un Espace Vectoriel.

Produit d’une Force par le Déplacement de son Point d’Application.

Énergie communiquée ; Voir Joules, « Watt – Heures »

Voir Mouvement, Masse, et, donc, Force et Énergie.

Si l’Espace est à quatre dimensions, dont x, y, z, c’est en général à une Résultante Composée $w = f(x,y,z)$, que l’on s’intéresse, avec Dérivation par rapport au Temps sur quelque Variété.

La Notion d’Énergie gagne à être complétée par celles de Forces et de Travail, voire de Fatigue !

Le Produit $\mathbf{m} \cdot \boldsymbol{\gamma} = \mathbf{F} \rightarrow$ peut lui-même être introduit dans $\|\mathbf{F} \rightarrow\| \cdot \mathbf{d} = \mathbf{W}$, le Point d’Application d’une Force, par son Effet même, pouvant se déplacer de ‘dP’ suivant la Direction et dans le Sens du Vecteur d’Action d’une Impulsion.

Des Ergs, Kilogrammes-mètres et autres (dont, dans encore trop d’ouvrages publiés après 1961, les « dynes »), il y a eu passage aux **Joules** et **Watts** du Système International Normalisé d’Unités, (MKSA / SI).

Les Physiciens ont toujours eu une volonté farouche de se dégager de toute Métaphysique, mais les Métaphysiciens, puis tous les Théoriciens des Sciences Humaines n’ont pas souvent eu leur souci de Rigueur. Voir à Force.

La Quantité de Travail que peut fournir une Machine, Humaine comprise, par Unité de Temps est une Puissance, et il est évident que l’Équivalence Masse – Énergie a pour pendant celle de la Thermodynamique entre Chaleur et Rendement d’une Quantité de Chaleur au sens d’Énergie communiquée à des Quantités de Mouvement résultantes.

Les autres acceptions ne sont pas, bien entendu, décrites ici !

Annexe Personnages :

Cavalieri ((R. P. Francesco Bonaventura) Milan 1598 – Bologne 1647).

Rencontre Galilée en 1616 à Pise.

Met au point entre 1629 – 1635 et 1647 la Méthode d'Intégration directe des « Indivisibles » qui, avec les notations actuelles donne :

$$\int_0^a x^k dx = \frac{a^k + 1}{k + 1}$$

La différence entre le nombre π la somme des angles d'un triangle est son « excès », et il en démontre la proportionnalité avec l'aire.

Entre 1632 et 1647 il publie six ouvrages dont des Tables à huit décimales de Logarithmes qu'il introduit, et de Trigonométrie, les Coniques, et la Géométrie Sphérique.

Fermat ((Pierre de) Beaumont de Lomagne 1601 – Castres 1665).

Rencontre Bachet de Méziriac, traducteur de Diophante.

Correspondance avec Mersenne, Roberval, Huygens, Torricelli, Descartes et Pascal, entre autres. Crée la Méthode de « Descente infinie », la récurrence descendante.

Dès 1629 – 1639, il travaille à la Géométrie Analytique en parallèle avec Descartes, en adoptant et répandant son système de coordonnées, mais s'oppose souvent à lui.

Comme Maupertuis ((Pierre de (1698 – 1759)), plus tard, il étudie les « chemins » de durée minimale ou maximale, donc « de moindre action ». Dans « De linearum ... », il « rectifie » de nombreuses courbes algébriques.

Dès 1654 - 1658, avec Pascal, c'est la « Théorie des chances et des risques », ainsi que la Théorie des Nombres.

Ses principaux écrits sont posthumes, publiés en 1670 - 1675 par son fils Clément – Samuel.

Torricelli ((Evangelista) Faenza 1608 – Florence 1647).

Il suit à Rome les cours de Mathématiques de Castelli, ancien élève de Galilée, devient assistant de Galilée en 1642.

Dès 1640 – 1641, il « rectifie » la spirale logarithmique.

Pour l'étude des Quadratures, il crée en 1641 la « Méthode Cinématique » où le « Mouvement » (dl) est décomposé en deux composantes ((du) et (dv)). Obtient des Quadratures des Cycloïdes et Hyperboles en 1644, développe et systématise le « Mouvement des Corps pesants de Galilée » ; et établit aussi l'Hydrodynamique.

En effet, dès 1643, il crée des « pompes à vide », monte des « Baromètres », d'abord à eau, puis à Mercure.

La « Météorologie », dès Aristote, (-384 - -322) avec « Les Météorologiques », s'est voulue rationnelle. Théophraste, vers -300 écrit « Les Signes des Temps ».

Ktésibios (-310 - -250), vers -280, parle de « Thermoscopes », ayant constaté que « la chaleur dilate l'eau », d'une quantité mesurable ! À la même époque, Straton de Lampsaque dit que « le

feu raréfie l'air », mais c'est en combustions. Entre -100 et la « Tour des Vents » d'Athènes, et +40 avec Hippalos et les moussons, plus grand-chose, et encore moins entre +800 (les Girouettes avec « Roses » de 32 – 36 parts) et :

Leone Battista Alberti (1404 – 1472 et ses « Anémomètre » vers 1450, inspirés par les Moulins à vent (apparus vers 940 – 1080 en Anatolie et Crète, chez nous vers 1140 – 1180).

Benedetto Castelli (1577 – 1644) créa les premiers « Pluviomètres ».

Jean-Baptiste van Helmont (1579 – 1644) distingue « Airs » et « Gaz ».

Jean Rey (1583 – 1645) relie, en 1630 - 1632 les « Poids des Corps » et la « Chaleur » en des « Thermomètres à eau », que reprend Ferdinand de Toscane (1610 – 1670).

Isaac Beeckman (1588 – 1637) étudie les « Pompes aspirantes » des Alexandrins, relie « Poids des Corps » selon Archimède et « Pression de l'atmosphère ».

Raffaello Magiotti (1597 – 1656) et Gaspard Berti (1600 – 1643) construisent des « Baromètres à eau ».

Pascal (Blaise (Clermont – Ferrand 1628 – Paris 1662)).

Étienne Pascal vint à Paris en 1631, rencontra Mersenne, chez qui Blaise rencontre Desargues (((Gérard (ou Girard) Lyon 1591 – Lyon 1661), créateur de la Géométrie Projective entre 1629 et 1639).

Marin Mersenne et Pierre Petit (1598 – 1677), refont à Rouen et Paris, en 1646 l' « Expérience du Vide » que Evangelista Torricelli, avec Claude Beaugard (1591 1664), proposait en Italie en 1643 – 1644 et avec des « Baromètres à Mercure ».

Blaise Pascal, avec l'aide de son beau-frère Florin Périer le 09/09/1648 au Puy de Dôme (1810m), constate que le « Baromètre » peut être aussi « Altimètre ».

Ses résultats de 1647 – 1657 sont publiés en 1663 dans son Traité d'Hydrostatique de 1663 où il dit que, dans les Fluides incompressibles, les Pressions s'équilibrent « instantanément » (en réalité selon la vitesse du son dans le milieu).

Avec, entre autres, Fermat et Huygens, il étudia les « Cycloïdes » et les « Indivisibles », et fonde les « Probabilités » car sollicité par le Chevalier de Méré sur « les risques et les chances ».

Vers 1652 – 1657, il est plus tourné vers les « Art d'agrée » et « Art de persuader » !

Maurolico (Francesco da Messina (1494 – 1575)).

Optique, Prismes et Miroirs, connu par Kepler et Roberval entre autres, pour ses travaux publiés entre 1575 et 1611.

Étudie aussi les Coniques, les Polyèdres (Sommets, Arêtes, Faces). Algébriste, utilise des voyelles pour les variables, des consonnes pour les « données ».

Enfin développe les Méthodes d'Induction Mathématique.

Vernier (Pierre : Ornans (Doubs) 19/08/1580 – Ornans 14/09/1637 ou 1638)).

Jean Vernier, son Père, Homme de Loi et Professeur de Sciences, lui fait découvrir Christophorus Clavius et Tycho Brahé. Pierre devient Administrateur Royal et Ingénieur.

En 1631, il publie en Belgique son « Quadrant Topographique », puis fabrique les premiers « Pieds à Coulisse modernes ».

La Partie fixe de l'instrument est graduée en « Degrés » ou en « Lignes ».

La Partie mobile comprend son « Trait Principal » qui donne les entiers, et des traits espacés de « 0,9 » (ou « 11/12 » à l'époque !) de l'unité.

Il est alors assez facile de voir la Coïncidence décalée éventuellement de 1 à 9 dixièmes (ou 1 à

11 douzièmes à l'époque) !

Généralement, les verniers sont au 1/10 ou au 1/20, mais peuvent aller jusque 1/50 et 1/60, surtout sur des Goniomètres.

Très vite adoptés dans toute l'Europe, par Roberval en particulier, qui était très bon « Facteur d'Instruments » !

Mersenne : (Marin : Oizé, (Maine); La Soultière, (Sarthe); 1588 – Paris 1648).

Religieux qui consacra sa vie à des travaux scientifiques collectifs ou personnels.

Organise une “Academia Parisiensis” en 1635. Il publie Galilée et des ouvrages de vulgarisation. Entre les visites et les correspondances avec, entre autres : Fermat, Pascal (Étienne(Père), et Blaise(Fils)), Desnoyers, Saccheri, Le Tenneur, Le Pailleur, Auzout, Carcavi, René Descartes, Torricelli, Cavendish, John Pell, Desargues, Debeaune, Beaugrand, Blondel, La Hire, Barrow, Wallis, Beeckman, ...

il participe à l'institution d'une Physique Quantitative, et non plus seulement descriptive. Avec, par exemple, des mesures de “gravités” avec des pendules, et des mesures de vitesse du son. Son Cabinet de Physique a été un Laboratoire fameux de fabrication d'Instruments et d'Étalons. Il y étudie la Chute des “Graves” et les Pendulesn entre 1626 et 1644, les Miroirs Paraboliques et l'Acoustique de 1636 à 1646.

Beeckham : (1588 – 1637) : Physicien Hollandais. En 1613, il énonce les Règles de Chocs des Corps et les Lois de Conservation du Mouvement.

Quelques sources :

Gilles Personne de **Roberval**, à Paris chez Antoine Berthier, Paris ;
Dédicace à Pierre Brulart de Saint Martin :
Aristarque de Samos (1644, p9 à 60) ; Projet de Balance (1644, p61 à 63); Traité de Mécanique
(édité par Richard Charlemagne à Paris, 1636; dédicace à Mr de Montholon), (p65 à 105) ;
Et divers autres écrits.
Traductions depuis le Latin par Jean Peyroux, mises en typographie et orthographe modernes,
avertissement et notes: pour “Librairie Blanchard”, Paris 2002 (181p).
Cote Médiathèque de la Cité des Sciences de La Villette : XC 0343 **ROBEGP**.

“Principaux écrits mathématiques de Gilles Personne de Roberval”,
à Paris chez A. Blanchard (2003); par Jean Peyroux, mises en typographie et orthographe
modernes, avertissement et notes: D’après les Manuscrits de la BN cotes 12279, 9544, 5561,
5575, etc.. Et les Mémoires de l’Académie des Sciences 1666 – 1670 (1671 – 1675 ont disparu !).
Cote Médiathèque de la Cité des Sciences de La Villette : XA 0343 **ROBEGP**.

“Éléments de Géométrie de G. P. de Roberval”, Recension de Vincent Julien chez Vrin
1996; d’après Manuscrits de la BN cotes 12279, 9544, 5561, 5575, etc..
Il est notoire que Roberval travaillait en 1671 – 1674 sur un Traité de Mathématiques, à
commencer par les “Éléments de Géométrie” quand son décès a empêché la publication.
Jusque 1693, l’Académie a tenté de faire publier ce qui était disponible.

« Gilles Personne de Roberval » par Léon Auger Librairie Scientifique A. Blanchard 1962.
Très bonne biographie !

« Dictionnaire pratique de Métrologie » par Christophe Bindi, AFNOR 2006.
Donne naturellement toutes les “Normes” du domaine en question !

“Histoire universelle de la mesure” par Frank Iedrzejewski chez Ellipses, 2020.

“Physique et Mesure” par Michaël Melzani chez Ellipses 2022.

“L’évolution des concepts de la physique” par Jean-Lois Farvaques, Ellipses 2012.

“De la Mesure en toute chose” Fabrice Boudjaaba; CNRS Éditions 2021.
Cite David Chavalarias : ISC-PIF.

“Aide-mémoire (de) Métrologie Dimensionnelle” par Michel Dursapt chez Dunod –
L’Usine Nouvelle 2009.