QUARTERLY REVIEW REVUE TRIMESTRIELLE VIERTELJAHRESSCHRIFT

DIALECTICA

7/8



INTERNATIONAL REVIEW OF PHILOSOPHY OF KNOWLEDGE
REVUE INTERNATIONALE DE PHILOSOPHIE DE LA CONNAISSANCE
INTERNATIONALE ZEITSCHRIFT FÜR PHILOSOPHIE DER ERKENNTNIS
Dialectica Vol. 2 Nº 3/4, pp. 305-424 Neuchâtel, Suisse, 15. 8.-15. 11. 1948

DIALECTICA

VOL. 2 * NO. 3/4

15. 8.-15.11. 1948

THE CONCEPT OF COMPLEMENTARITY *DIE IDEE DER KOMPLEMENTARITÄT*
L'IDÉE DE COMPLÉMENTARITÉ

This issue is edited by Dieses Heft ist redigiert von
Fascicule publié sous la direction de

Wolfgang PAULI

Contents Sommaire Inhalt

Editorial.		307
BOHR (N.)	On the Notions of Causality and Complementarity. .	312
EINSTEIN (A.)	Quanten-Mechanik und Wirklichkeit	320
BROGLIE (L. de)	Sur la complémentarité des idées d'individu et de système	325
HEISENBERG (W.)	Der Begriff « Abgeschlossene Theorie » in der modernen Naturwissenschaft	331
REICHENBACH (H.)	The Principle of Anomaly in Quantum Mechanics . .	337
DESTOUCHES (J.-L.)	Quelques aspects théoriques de la notion de complémentarité	351
DESTOUCHES (M^me^ P.)	Manifestations et sens de la notion de complémentarité	383
GONSETH (F.)	Remarque sur l'idée de complémentarité	413

REVIEWING STUDIES *ÉTUDES CRITIQUES* *BETRACHTUNGEN ZUR LITERATUR*

FIERZ (M.)	Werner HEISENBERG. *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaften.*	421

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE PARIS
ÉDITIONS DU GRIFFON NEUCHATEL SUISSE

REMARQUE SUR L'IDÉE DE COMPLÉMENTARITÉ

I.

Dans les quelques remarques qui vont suivre, je ne chercherai pas à entrer dans le détail des circonstances qui ont conduit à introduire l'idée de complémentarité dans la description des « réalités physiques ». Je me bornerai, tout au contraire, à présenter et à faire valoir un aspect sommaire et simplificateur des choses. Il peut paraître paradoxal de vouloir juger en gros les résultats de l'expérience scientifique du dernier demi-siècle qui est précisément une *expérience fine*. Cette expérience comporte cependant certains enseignements de caractère presque élémentaire, malgré leur radicale nouveauté. L'un de ceux-ci concerne ce qu'on pourrait appeler le *dévoilement progressif* de la réalité. Nous commencerons par en dire quelques mots.

Un désir profond de l'homme est d'aller « toucher » l'ultime réalité des choses : le dévoilement progressif de la réalité par la connaissance scientifique déçoit progressivement cette espérance. Le monde naturel est tel et nous sommes tels que la réalité ne se donne pas à nous dans une connaissance achevée, dans son essence même. Elle se présente (du moins quant à nos moyens d'investigation) comme porteuse de structures caractérisant plus ou moins nettement des aspects spécifiques, des niveaux de réalité, nous dirons des horizons de réalité. En simplifiant à dessein (cette simplification étant un élément actif de la connaissance et la possibilité de simplifier révélant une propriété de ce qui est à connaître), nous envisagerons trois horizons de réalité, celui de la connaissance naturelle, celui de la physique classique, celui, enfin, de la physique quantique.

II.

En disant que la connaissance du monde que nous rencontrons se structure en horizons de réalité ou que la réalité du monde se présente à nous comme organisée à différentes échelles, comme structurée selon un grain plus ou moins fin, mais qu'elle ne se donne pas à nous dans sa structure ultime, nous ne faisons qu'une constatation. Que la chose nous plaise ou non, c'est ainsi que le progrès de la connaissance du monde naturel se présente *en fait*. Or cette constatation a une portée philosophique considérable — je veux dire une portée qui atteint tous ceux qui s'occupent sérieusement de l'œuvre de connaissance — car c'est l'idée de la réalité et, derrière celle-ci, l'idée même de l'être qui se trouvent mises en question.

Je ne crois pas qu'il soit utile de passer sous silence les difficultés philosophiques que cette seule affirmation soulève, difficultés qui regardent, je le répète, tous ceux qui sont engagés dans l'investigation. En imaginant que l'idée de l'être puisse être mise en question, on suscite immédiatement l'antinomie du commencement sous sa forme la plus aiguë. Je ne crois pas qu'il convienne de feindre de l'ignorer. C'est ici, au contraire, que se place un des moments cruciaux dans l'appréciation de ce que peut et doit être une méthodologie des sciences.

Cette antinomie saute aux yeux: « Vous n'avez plus le droit, dira-t-on, de remettre la notion de l'être en cause, car dès le moment où vous avez formé une pensée et formulé un jugement, vous n'avez pas cessé de l'employer. Tout à l'heure, vous disiez « ... ce que peut et doit *être* une méthodologie... ». Pour parler ainsi, vous deviez savoir ce que le mot « être » veut dire. Vous deviez lui attribuer un sens déterminé. Bien davantage, vous ne parliez pas pour vous seulement. Ceux auxquels vous vous adressiez devaient aussi vous comprendre. Vous avez donc supposé que le sens que vous donniez au mot « être » est aussi le sens que les autres lui donnent. Ce sens est donc fixé et vous n'êtes plus libre de le reprendre. *Il ne peut pas vous échapper*, continuera-t-on, *que sans l'idée de l'être il est impossible de commencer aucune œuvre de pensée.*

Cette objection, disais-je, saute aux yeux. Elle comporte de nombreuses variantes. On la retrouve chaque fois qu'une notion de base doit être revisée. Il était inévitable qu'elle fît obstacle à la relativité einsteinienne. Elle s'oppose aujourd'hui, pour beaucoup, à la compréhension des rapports de la vision classique de la réalité à la vision quantique. Elle ne peut d'ailleurs pas être clairement réfutée et conjurée si l'on ne se libère pas des principes d'une méthodologie traditionnellement ontologique que beaucoup acceptent sans presque y prendre garde.

III.

Il est clair, en effet, qu'on évite *l'antinomie* du commencement en acceptant la solution ontologique du *problème* du commencement, c'est-à-dire en posant que dès le début les notions fondamentales interviennent avec un sens définitif et achevé. Certes, c'est une solution qui est théoriquement possible, le mot « théoriquement » prenant ici un sens assez analogue à celui qu'il a aujourd'hui dans les sciences. Mais on ne peut se dispenser de poser encore les deux questions suivantes:

cette solution est-elle nécessaire?
cette solution est-elle idoine, acceptable?

La réponse à la seconde question est tout-à-fait claire: la solution ontologique n'est pas idoine. C'est là, précisément, l'enseignement global à tirer de l'évolution de la connaissance scientifique. Affirmer que l'idée de l'être

est remise en question par cette évolution, par exemple, n'a rien d'un acte arbitraire. C'est simplement constater un fait, nous l'avons déjà dit. Bien entendu, on peut, si l'on y tient, se rallier à cette solution ontologique. Mais la conséquence en sera qu'on perdra le contact avec l'authenticité du savoir.

La solution ontologique n'est-elle pas la seule qui soit théoriquement possible, la seule qu'on puisse imaginer ? S'il en était ainsi, nous serions véritablement enfermé dans l'antinomie du commencement. Mais nous sommes loin d'être réduits à cette extrémité. Il existe une autre solution du problème du commencement, une solution radicalement différente de la première, la solution dialectique. Cette solution a été déjà présentée et commentée plusieurs fois dans cette revue. Je m'en vais cependant en exposer encore une fois très succinctement les caractères essentiels.

D'après la conception dialectique dont il est ici question, on ne commence jamais dans l'achevé. La connaissance commence au contraire comme elle peut, c'est-à-dire dans le provisoire et le relatif. Les moyens dont elle dispose ne sont pas définitifs, valables inconditionnellement et pour tous les temps. Ce sont des moyens qui conviennent provisoirement au but qu'on se propose. La connaissance qu'ils procurent n'est elle-même ni achevée ni définitive. C'est une connaissance inachevée comportant encore une certaine faculté de varier et de devenir. Elle comporte comme une marge d'indétermination. En un mot, elle a un certain degré, mais elle n'a que ce degré d'efficacité.

Si l'œuvre de connaissance commence ainsi dans une efficacité à la fois réelle et relative, son progrès se fait selon une double loi, celle de son extension et celle de sa revision.

En fait, *la connaissance scientifique commence par les expériences et s'ancre dans les évidences de notre horizon naturel de réalité.*

IV.

L'un des problèmes qui se posent dans l'organisation dialectique du système de nos connaissances est celui du rapport de deux horizons « successifs » de réalité. En traitant ce problème, l'idée de complémentarité s'introduit de façon presque élémentaire.

Nous allons donc imaginer deux horizons successifs de réalité, le premier devant être appelé l'horizon apparent ou l'horizon A et le second l'horizon profond ou l'horizon P. Conformément à ces dénominations, nous supposerons que l'horizon profond se dévoile par un approfondissement de l'horizon apparent, comme l'horizon quantique se dévoile par un approfondissement de l'horizon classique ou, de façon encore plus marquée, de l'horizon naturel. (Les relations entre ces trois horizons seront d'ailleurs reprises plus en détail tout à l'heure.)

Rendons-nous bien compte de ce que signifie la supposition de l'existence d'un horizon profond. Cette supposition, bien entendu, ne doit être ni gratuite ni arbitraire. Nous admettons que l'horizon A comporte toutes les

voies par lesquelles une connaissance puisse nous être apportée, en ce sens que rien, dans le monde physique, ne saurait être objet de connaissance qui ne se manifeste par quelque signe dans l'horizon apparent. (Le sens de cette supposition s'éclaircit immédiatement si l'on suppose que A est l'horizon de notre connaissance naturelle.) Mais comment comprendre que, dans ces circonstances, il soit utile ou même nécessaire d'imaginer un horizon profond, puisque tout vient s'inscrire aussi dans l'horizon apparent? La réponse est bien connue: l'horizon A s'est constitué et s'est organisé pour recueillir un certain ensemble d'expériences et de connaissances. Cette organisation se réalise par la mise en œuvre d'un certain nombre de notions et de conceptions entre lesquelles s'établissent certaines relations évidentes ou éprouvées, ces relations ayant d'ailleurs la signification de lois naturelles dans l'horizon en question. Nul besoin d'un nouvel horizon de réalité ne se fera sentir, tant que rien d'étranger, rien qui transgresse l'ordre naturel de l'horizon A ne s'y manifestera, spontanément ou non. Mais toute manifestation étrangère à cet ordre sera un appel à la constitution d'un horizon profond.

Portons maintenant notre attention sur l'horizon profond. Supposons qu'un événement s'y produise. Comment la connaissance peut-elle nous en venir? Cette connaissance ne peut être « immédiate » au sens de l'horizon A, car, dans ce cas, l'événement appartiendrait à cet horizon, se présenterait comme un « phénomène » au sens de N. Bohr. Cette connaissance est indirecte. L'événement profond induit certains signes phénoménaux de l'horizon apparent, signes qu'il est peut-être indiqué d'appeler ses *traces*.

En un mot: *un événement de l'horizon profond n'est connu expérimentalement que par ses traces phénoménales dans l'horizon apparent.*

Revenons maintenant à l'horizon A. Il possède (à une certaine échelle) sa structure et ses lois naturelles. Cet ordre naturel comportera, par exemple, l'enchaînement de tels ou tels phénomènes ou l'incompatibilité de tels autres. C'est ainsi que, dans l'horizon de la physique classique, un corpuscule et une onde sont deux réalités d'espèces différentes, un corpuscule n'y pouvant pas prendre tout à coup la figure d'une onde, et réciproquement.

Un événement profond n'engendrera-t-il jamais qu'une seule espèce de trace? Nous savons que c'est précisément le cas contraire qu'il faut surtout envisager. Nous ne devons pas exclure la possibilité qu'un événement profond T ne puisse pas être adéquatement décrit (c'est-à-dire aussi adéquatement qu'il pourrait l'être) à partir d'un seul genre de traces T; mais qu'il y faille le concours de deux espèces de traces T' et T''. Dans ce cas, l'événement T apparaît dans l'horizon primitif A, et selon les circonstances, *soit sous l'une, soit sous l'autre des deux formes, aspects ou traces* T' *et* T'', ces deux dernières étant irréductibles l'une à l'autre en tant que « réalités » de A.

S'il n'y a lieu d'envisager que deux espèces de traces, celles-ci sont dites *complémentaires*.

Qu'on veuille bien ne pas se méprendre sur nos intentions: ce qui précède n'a rien d'une déduction de la catégorie de complémentarité. C'est simplement

une transcription, en termes à la fois abstraits et élémentaires, de la situation dans laquelle l'idée de complémentarité s'est présentée en physique. En termes abstraits, disons-nous, car ils ne sont plus engagés dans la spécificité de la discipline, dans la technicité de l'expérience où ils ont pris naissance. Tels qu'ils sont, ils pourraient servir à évoquer des aspects complémentaires dans d'autres disciplines que la physique, et même dans des domaines fort étrangers à celle-ci. En psychologie, par exemple, l'horizon A pourrait être identifié au théâtre de la conscience, donnant figure aux traces de l'horizon profond P qui serait ici le subconscient.

Par souci de simplification, nous renoncerons à en dire davantage sur les rapports des traces « révélatrices » entre elles.

V.

Il ne faudrait pas s'imaginer notre horizon naturel de connaissance comme un ensemble clos et assez simplement structuré de connaissances. Il est, au contraire, ouvert et d'une redoutable complexité. On peut cependant parler sans trop s'exposer de l'horizon naturel de réalité d'un adulte normal. Sans aucunement chercher à le circonscrire, nous en citons quelques moments constituants qui nous importent particulièrement : sa structure spatiale et temporelle ; la structure d'un certain ensemble de conduites élémentaires dont nous sommes capables (affirmation, négation, itération, etc.) ; les lois naturelles, exprimant les rapports possibles des objets (macroscopiques) entre eux (physique de l'objet quelconque) ; l'enchaînement des causes et des effets, etc. Si l'on voulait faire l'énumération exhaustive de tous les moments essentiels de cet horizon, c'est naturellement à une analyse de toute notre intuition, c'est-à-dire de toutes nos facultés naturelles qu'il faudrait se livrer, avec l'intention d'en apercevoir tous les éléments irréductibles. Il me paraît assez indiqué d'appeler l'horizon de réalité qu'on dessine et qui se dessine ainsi le *monde propre* de l'homme (*seine Eigenwelt*) : je m'en vais dire pourquoi.

A première vue, les deux parties de l'expression « le monde propre » ne s'accordent guère : la première met l'accent sur la réalité extérieure, sur la réalité du monde naturel ; la seconde évoque au contraire l'idée que la forme sous laquelle l'homme conçoit le monde n'est que la transcription de la structure même de ses facultés de connaître : la première partie est réaliste, la seconde idéaliste. C'est d'ailleurs aussi le cas de l'expression « horizon de réalité » dont la première partie relativise et subjectivise la seconde. Un tel mariage d'expressions tirant dans des directions aussi nettement opposées est-il admissible ? Je le crois nécessaire, pour éviter de tomber dans l'une ou dans l'autre de deux erreurs elles-mêmes opposées. La première consisterait à dire que notre conception du monde *n'est qu'une empreinte*, en nous, du monde extérieur existant en dehors de nous avec tous ses caractères objectifs ; la seconde serait d'affirmer, de façon en quelque sorte symétrique,

que la réalité telle que nous la concevons *n'est qu'une production* de notre esprit, qu'elle *n'est que la projection* de notre structure mentale. L'idée de « l'horizon de réalité » se détourne de l'une et de l'autre de ces interprétations trop simples, trop extrêmes. Cette idée est médiatrice entre celles de l'autonomie de l'esprit et de la prédétermination inconditionnelle de la réalité du monde. Elle ne fait que répondre à l'expérience de la connaissance scientifique sur laquelle nous insistions déjà tout au début: au dévoilement progressif de la réalité. Elle a été conçue pour recueillir cette expérience et lui donner sa forme conceptuelle.

Le monde propre de l'homme ou l'horizon naturel de réalité de l'homme a donc sa face subjective et sa face objective: du côté subjectif, il faut inscrire que cet horizon ne nous confère pas une connaissance définitive et achevée de *ce* qui est à connaître, mais une connaissance provisoire et sommaire, une connaissance d'un grain assez grossier; du côté objectif, il faut inscrire qu'il convient à notre activité naturelle, qu'il nous confère la possibilité d'une action efficace, et qu'enfin il comporte toutes les voies par lesquelles la connaissance d'un réel plus profond peut nous être accessible. Rien ne peut être rejoint expérimentalement si ce n'est à travers notre propre monde et par l'intermédiaire des formes sommaires de connaissance qui s'y réalisent.

En un mot, pour toute investigation expérimentale qui voudra dépasser notre monde propre, celui-ci jouera le rôle de l'horizon A. C'est par les traces qui viendront s'inscrire dans cet horizon que toute réalité plus fine ou plus profonde nous sera manifestée.

Notre horizon naturel de réalité n'est pas clos. On peut à volonté y intégrer un appareillage expérimental et les lectures ou les constatations auxquelles celui-ci donnera lieu.

VI.

On se souvient de la façon dont l'empirisme logique pensait pouvoir unifier la science: à partir des « énoncés de lecture ou de constatation » *(Protokollsätze)*, une syntaxe générale devait conduire aux énoncés de valeur scientifique. Cette théorie de la science revenait à une réduction de la perspective scientifique à notre monde propre. Cette méthodologie ne me semble pas conforme au développement réel des sciences: s'il est vrai que l'expérimentation finit toujours par avoir notre monde propre pour siège, le travail théorique semble avoir constamment eu l'édification d'un nouvel horizon de réalité pour but.

Dans la perspective de la science actuelle, notre monde propre peut être appelé à bon droit un horizon A. Dans cette perspective, l'être humain peut être comparé, pour ses rapports avec l'extérieur, à un appareillage expérimental. En ce sens, tous les éléments de notre horizon naturel et particulièrement ceux que nous avons déjà cités (la structure spatio-temporelle, la logique classique sous ses différents aspects, etc.) deviennent *assimilables à des traces* d'un univers plus finement structuré.

Le rapport de la physique classique à notre horizon naturel est assez simple à préciser. Une notion telle que celle de potentiel ou même de force (au sens précis de la mécanique) n'appartient pas naturellement à notre monde propre. Mais elle peut y être intégrée, par une construction intellectuelle, sans que les éléments originairement constitutifs aient à subir un remaniement ou une revision. Il en est de même de la plupart des notions fondamentales classiques. L'horizon classique constitue donc une extension homogène accompagnée d'un certain achèvement théorique de l'horizon naturel.

On a trop souvent insisté sur le remaniement sérieux auquel a conduit la physique relativiste pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter ici. Faisons seulement la remarque suivante: même dans l'horizon relativiste, le cadre spatio-temporel reste, en gros, intact. Il n'a plus que la signification d'une trace par rapport à l'horizon quantique.

Les explications précédentes ont surtout pour but de faire voir comment l'horizon classique peut aussi jouer le rôle d'horizon A par rapport à l'horizon quantique P en voie de constitution.

Ce qu'on appelle les « observables[1] » (position, impulsion, etc. dans l'espace naturel de l'observateur) sont des notions conçues dans l'horizon classique, appartenant par essence à cet horizon, à l'aide desquelles on cherche, avec un succès qui n'est que partiel, à décrire les « objets » de l'horizon quantique.

En bref: *si l'expérimentation se fait en termes de notre monde propre, et si l'interprétation de toute théorie doit y revenir, aucune raison de principe, aucune raison méthodologique ne s'oppose à ce que la théorie se constitue dans un horizon autonome adéquat.*

VII.

Une dernière remarque, enfin, sur le droit à généraliser l'application de l'idée de complémentarité.

Notre matériel mental comprend un bon nombre de paires de notions qui sont dans un certain rapport de polarité: elles s'excluent, mais ne peuvent guère être conçues l'une sans l'autre. Telles sont, par exemple, les paires

(un-multiple)
(particulier-universel)
(discret-continu)
(localisé-diffus)
etc.

Envisagés comme des réalités de l'horizon classique, le corpuscule et l'onde réalisent la dernière des oppositions polaires précédentes. Envisagés

[1] Qu'on voudra bien ne pas confondre avec les possibilités de « lecture » sur les instruments.

comme traces, ils ne réalisent plus qu'une opposition complémentaire. Ainsi l'introduction efficace de l'idée de complémentarité prend l'aspect d'une expérience métaphysique dans laquelle, par un changement de perspective, une opposition polaire s'est transformée en opposition complémentaire. Cette seule expérience suffit pour que nous ayons perdu le droit de prétendre de toute autre paire de notions polaires que jamais elle ne pourra subir une mutation semblable. Toutes ont d'ores et déjà le droit méthodologique à un destin analogue. Il n'y a plus de raison théorique de penser que deux notions quelconques opposées par polarité ne puissent pas apparaître un jour comme deux aspects complémentaires d'une même « réalité » d'un autre horizon.

Il n'y a plus de raison théorique, il n'y a plus que des raisons de fait. L'expérience, c'est-à-dire le succès, en décidera. Mais cette expérience ne peut être arbitrairement anticipée.

F. GONSETH.

Résumé

L'intention est de présenter l'idée de complémentarité de façon à la fois générale (abstraite) et élémentaire, convenant à la fois en physique et dans d'autres domaines. Le progrès se fait par dévoilement d'horizons de réalité successifs, dont trois sont envisagés ici: l'horizon naturel (Eigenwelt), l'horizon classique, l'horizon quantique.

L'idée de complémentarité se présente assez élémentairement dans le raccordement de deux horizons, dont l'un joue le rôle d'horizon apparent et l'autre d'horizon profond.

Le cadre « obligé » de considérations de ce genre est une méthodologie dialectique ouverte. Dans ce cadre, l'idée de la complémentarité « onde-corpuscule » apparaît comme une spécialisation d'un schéma plus général. — F. G.

Zusammenfassung

Die Idee der Komplementarität soll zugleich generell (abstrakt) und elementar, auf eine für die moderne Physik und für andere Gebiete passende Art, dargelegt werden.

Der Fortschritt der Erkenntnis führt zu der Konstituierung von aufeinander folgenden Wirklichkeitshorizonten. Es werden hier drei solche Horizonte besprochen: der natürliche Horizont (Eigenwelt), der klassische und der quantische Horizont.

Die Idee der Komplementarität spielt eine Hauptrolle in der Beziehung zweier Wirklichkeitshorizonten zueinander, eines phänomenalen und eines tieferen Horizonts.

Der notwendige erkenntnistheoretische Rahmen für derartige Betrachtungen ist eine dialektisch-offene Methodologie (wie sie in dieser Zeitschrift dargelegt wird). In diesen Rahmen erscheint die « übliche » Komplementarität (Korpuskel-Welle) als eine Spezialisierung eines allgemeineren Schemas.

Summary

The concept of complementarity is here presented in a manner both general (abstract) and elementary, suitable for physics as for other fields. Knowledge progresses throught an unveiling of successive horizons of reality, three of which are here considered: The natural horizon (Eingenwelt), the classical horizon and the horizon of quantum theory.

The concept of complementarity appears at a fundamental level in the relationship between any two horizons of which one plays the role of an apparent, the other of a deeper horizon.

The « compulsory » framwork for considerations of this kind is a methodology of open dialectic. Within this framework, the concept of the complementarity « wawe-corpuscle » appears as a specialisation of a more general scheme.