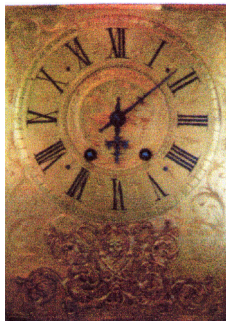


ORDRE TEMPOREL ET ENCHAINEMENT CAUSAL

**Corrélations entre événements
Convergences; anastomoses; foisonnements
Orientation de l'événement : polarité causale**

« Ce n'est pas le temps qui détermine l'ordre,
ce sont les choses »
(G. Berger)



Comment un événement détermine-t-il un autre événement ? Peut-il le faire ?

Leurs corrélations sont-elles spatiales ? Peuvent-elles être existentielles, c'est-à-dire dépendre de la qualité des phénomènes concernés ?

En résulte-t-il une évolution rectiligne ? En résulte-t-il un certain équilibre conduisant à une statique d'ensemble ?

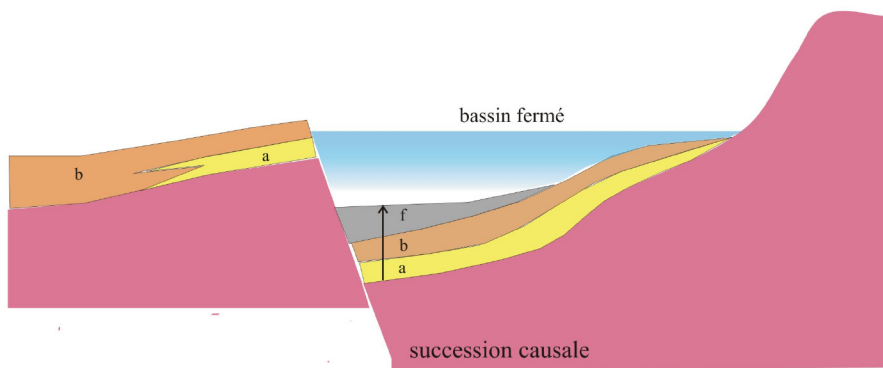
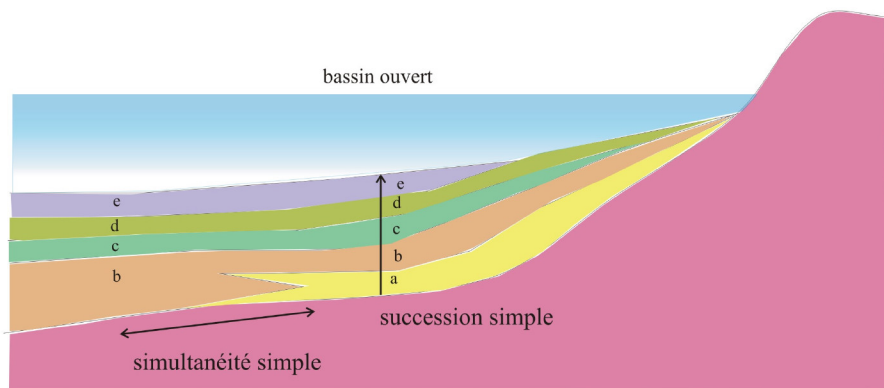
Quelles sont les propriétés des durées partielles, c'est-à-dire des espaces inter-événements ?

Essayons d'entrevoir les forces qui enchaînent les événements les uns aux autres.

Nous chercherons les réponses dans l'observation directe de processus géologiques de longue durée que nous comparerons avec des processus dynamiques, biologiques, historiques ou autres.

2.1. CORRELATIONS ENTRE EVENEMENTS

Graphique 1 :
PILES STRATIGRAPHIQUES



Processus 1 : succession simple

Séquence sédimentaire comportant les lithopes suivants de haut en bas :

- (e) calcaires marneux,
- (d) argiles noires,
- (c) alternance grès-argiles,
- (b) grès grossiers arkosiques,
- (a) conglomérat à galets volcaniques.

Chaque lithope représente un dépôt dont les composants sont de nature différente [par exemple (a) et (e)] ou ont une granulométrie différente [par exemple (b) et (c)].

Chaque lithope est une unité pétrographique différente de celle qui la surmonte et de celle sur laquelle elle repose. Il en résulte une collection d'objets discontinus dont on sait qu'ils constituent une pile stratigraphique.

L'ordre dans lequel ils se succèdent est fréquemment observé en sédimentologie. Mais on observe également des cas où l'ordre est inversé ou même sans rapport avec celui-ci. Chaque lithope représente un événement différent dans la sédimentation.

L'existence ou la non-existence de chacun n'a aucune incidence sur l'existence ou la non-existence de son voisin.

Leurs interrelations sont uniquement spatiales : nous dirons qu'il s'agit d'une succession simple dans l'ordre donné par la pile stratigraphique.

On peut comparer cette succession à l'enregistrement des mouvements d'un diapason électrique vibrant : chaque oscillation est précédée ou suivie d'une autre oscillation sans que l'une d'entre elles n'ait de rapport autre que de voisinage dans la pile stratigraphique que constitue l'enregistrement.

De même, en biologie, la vie, la mort et la régénération de tissus cellulaires peuvent être réglées par des événements extérieurs et différents de ceux qui constituent les différents tissus qui se succèdent dans un

biotope particulier. Dans ce cas encore, il s'agit de succession simple d'ordre spatial. La pile stratigraphique ici n'est qu'une énumération de changements sans liaison interne.

En Histoire, les grandes épidémies de peste du Moyen Age sont une succession simple composée d'événements séparés par des intervalles de durée variable mais sans relations de conséquence.

Processus 2 : simultanété simple

Changement latéral de faciès du lithope (a) dans le processus 1 : le conglomérat à galets volcaniques passe horizontalement à un grès grossier arkosique de même nature que le lithope (b).

Dans ce cas, nous entendons par simultanété le fait que le grès arkosique et le conglomérat volcanique se situent au même niveau dans la pile stratigraphique. Cette variation horizontale est due à un changement des conditions extérieures à la séquence : l'existence ou la non-existence du conglomérat est totalement indépendante de l'existence ou la non-existence du grès arkosique; il s'agit de deux événements contigus topographiquement : nous l'appelons simultanété simple.

Lorsqu'on mesure la pile stratigraphique en la subdivisant en durées séparées par des instants, la configuration générale de l'univers à un instant donné est représentée par une multitude d'états matériels sans relations mutuelles apparentes autres que topologiques. La position et l'existence de l'un quelconque de ces états ne dépend en aucune manière de la position ou de l'existence des autres états.

Processus 3 : succession causale

Mouvement tectonique positif fermant et isolant une aire sédimentaire développement de conditions de dépôt euxiniques (sédimentation en milieu chimique réducteur).

Au cours du processus 1, un événement extérieur (x) intervient entre les lithopes (b) et (c) : une faille transforme le fond du bassin sur lequel

s'opère la sédimentation; il en résulte qu'un talus ferme maintenant une partie du bassin en l'isolant du large.

On observe qu'après le moment où cet événement a eu lieu [entre (b) et (c)] il y a modification fondamentale des dépôts qui suivent dans la pile stratigraphique, dans l'aire ainsi isolée :

- le milieu chimique aqueux antérieurement brassé par les courants et la houle, donc riche en oxygène, perd cet oxygène et se charge en gaz carbonique par suite de l'interruption des échanges gazeux,
- l'apport en matériel détritique quartzeux se tarit,
- les conditions biochimiques nécessaires à la formation de roches carbonatées disparaissent.

Il en résulte qu'à la place des lithopes (c), (d) et (e) il se dépose un lithope (f) unique composé d'argile noire bitumineuse, témoin d'une sédimentation uniquement vaseuse, riche en matière organique décomposée.

On observe donc que l'événement (x) détermine ou conduit à l'événement (f). L'événement (f) est conséquent à l'événement (x) et le suit dans la pile stratigraphique. Si l'événement (x) n'avait pas lieu, il n'y aurait pas d'événement (f) mais un événement (c) puis (d) puis (e), lesquels dépendent probablement d'autres événements non observés ici.

Il y a donc une distance logique entre (x) et (f) : on dit qu'il y a une relation causale entre les deux événements. (x) est la cause qui détermine l'effet (f).

Dans la pile stratigraphique, (f) suit (x). L'existence ou la non-existence de (x) est essentielle à l'existence ou à la non-existence de (f).

Par contre, et ceci est très important, l'existence ou la non-existence de (f) est totalement indifférente à l'existence ou la non-existence de (x) : le fait qu'il y ait ou non un dépôt vaseux euxinique n'a aucune incidence sur la mise en place d'une barrière par faille. Par contre, la mise en place d'une barrière par faille entraîne la modification du processus sédimentaire qui conduit au lithope (f).

Il y a donc une dissymétrie fondamentale entre la dépendance de (f) par rapport à (x) et l'indépendance de (x) par rapport (f). Cette dissymétrie crée donc une polarité (ou stress) qui se traduit par un ordre de succession obligatoire dans la pile stratigraphique : (x) précède (f). (x) est un événement-cause et (f) un événement-effet : ils forment une succession causale.

D'autre part, si l'on essaie d'analyser tous les événements du processus, on s'aperçoit que chacun dépend lui-même d'un événement quelconque, en l'occurrence extérieur au processus 1.

Ainsi, le conglomérat à galets volcaniques est le résultat de l'érosion d'un volcan situé en bordure du bassin. Les grès arkosiques sont le résultat de l'érosion d'une côte granitique; les grès et argiles qui suivent probablement aussi. Les calcaires peuvent provenir d'un événement climatique qui favorise à partir d'un certain moment la prolifération d'organismes constructeurs de récifs.

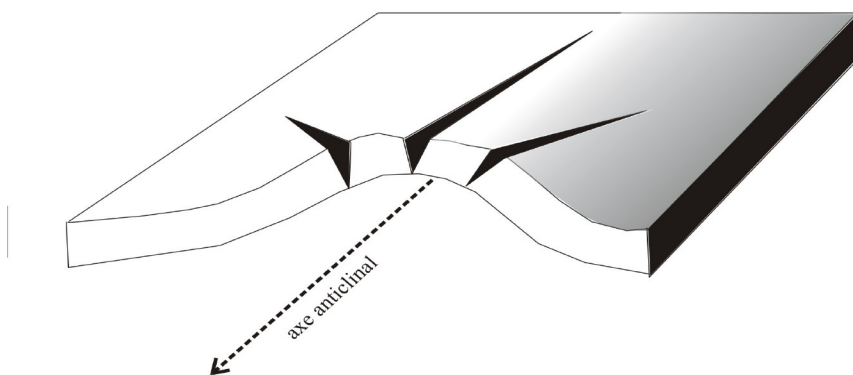
Jusqu'ici, nous n'avons déduit des événements du processus 1 que des causes directes déterminant chacune un effet différent : il s'agit donc ici de successions causales de premier ordre.

Si l'on replace le processus 3 dans son environnement régional voire planétaire, on observe que n'importe quel événement résultant d'un autre événement acquiert à son tour le potentiel de déclencher un nouvel événement : le mouvement tectonique qui ferme le bassin provient d'une rupture d'équilibre isostasique de la lithosphère. Si nous cherchions à analyser celle-ci, on trouverait qu'elle est aussi le résultat d'un autre événement. Dans l'autre sens, la fermeture du bassin entraîne la formation de couches bitumineuses, lesquelles comblent le bassin; le comblement du bassin entraîne la cessation du processus sédimentaire, laquelle entraîne le développement d'une végétation, laquelle peut plus tard dégrader par les acides humiques son soubassement, etc.

Dans un sens comme dans l'autre, il semble en apparence que chaque événement soit à la fois le résultat d'un autre événement et le générateur d'un troisième. On a alors des successions causales de premier, deuxième, troisième, *n* ordre : c'est l'enchaînement causal.

Graphique 2

PLISSEMENT ET FRACTURES : SIMULTANEITE CAUSALE



Soient deux événements occupant la même position sur la pile stratigraphique et contigus topographiquement : un plissement anticlinal et un système de fracturation proche de l'axe de l'anticlinal.

Le premier ploie une formation rocheuse donnée; le deuxième la casse. Le réseau de fractures est provoqué par une distension des roches à proximité du ploiement anticlinal : en effet, le modèle de ce processus peut être reconstitué à échelle réduite en laboratoire; on s'aperçoit alors que le réseau des fractures de distension se produit uniquement pendant et dans l'emprise immédiate du pli. La fracturation est une conséquence directe du ploiement. La fracturation et le pli anticlinal sont deux événements simultanés et en relation causale. Donc des événements simultanés peuvent se relier entre eux par enchaînement causal au même titre que des événements successifs.

2.2. CONVERGENCES, FOISONNEMENTS, ANASTOMOSES

Processus 5

Dans l'île de Vulcano (archipel des Lipari) il existe un dépôt de sulfures de fer (pyrite et marcassite). L'île est formée en partie par un volcan trachytique dont l'activité actuelle est uniquement fumerollienne.

Le dépôt de sulfures est localisé en un point de la baie d'Acqua Calda (nord-est de l'île) où l'activité solfatarienne est particulièrement abondante. A l'époque actuelle, le processus de formation de ces sulfures est en cours; par conséquent son origine est directement observable.

On observe donc que son existence est déterminée non par un mais par quatre événements distincts :

(a) effondrement tectonique ayant créé le réceptacle qui constitue la baie d'Acqua Calda,

(b) recouvrement de la zone par l'eau de mer : existence d'un milieu aqueux alcalin,

(c) émissions de gaz sulfureux à travers le soubassement rocheux de la baie,

(d) présence de minéraux riches en fer dans le soubassement.

La précipitation de Fe_2S se fait par le soufre du gaz H_2S et les ions ferreux amenés par ce gaz qui les a pris aux minéraux ferromagnésiens qu'il a décomposés à haute température.

La coexistence spatiale des événements (a) (b) (c) (d) permet la création de l'événement (e) : dépôt de sulfures de fer. L'absence d'un ou plusieurs parmi les quatre événements cités en premier détruit la possibilité pour l'événement (e) d'exister.

Le phénomène causal est donc constitué ici par un faisceau d'événements qui aboutit à la création d'un seul. Nous disons qu'il y a convergence causale. Comme dans les cas de causalité simple, l'événement-effet succède ou est simultané au faisceau causal.

Le processus 5 est apparemment un cas de convergence causale de premier ordre si l'on s'en tient aux événements (a) (b) (c) (d) et (e).

Cependant, en poursuivant l'analyse des événements qui composent le faisceau causal, on s'aperçoit que chacun d'eux peut être lui-même la résultante d'une convergence.

Ainsi :

- | | |
|--------------------------------------|--|
| - l'événement (a) peut provenir de : | retrait en profondeur du magma sous-jacent |
| dans le manteau | présence d'une zone de faiblesse volcanique solidifié |
| - l'événement (b) peut provenir de : | oscillation du talus continental événement (a) |
| - l'événement (c) peut provenir de : | présence d'une zone de fractures par où passe la colonne fumerollienne |
| | présence de soufre libre dans le magma d'où provient le gaz |
| - l'événement (d) peut provenir de : | conditions de températures et de pression permettant la formation de minéraux ferro-magnésiens |
| | composition chimique du magma |

On obtient ainsi des convergences de deuxième ordre. En continuant l'analyse, on peut trouver des convergences de troisième, quatrième, n ordre.

Dans l'analyse ci-dessus, on observe que les faisceaux conduisant aux événements (a) (b) (c) peuvent comporter des événements communs. Il s'agit ici d'anastomose causale.

En physico-chimie, on peut citer comme exemples de convergence causale tous les cas où l'expérience en cours dépend des conditions de température (1) et de pression (2). D'une manière générale, les

conditions de réalisation d'une expérience donnée forment par définition une convergence causale par rapport à l'expérience considérée comme événement-effet.

En biologie, l'exemple le plus évident et le plus simple est celui de la filiation d'un individu issu d'un père et d'une mère. Ceux-ci sont également chacun issus de deux autres individus, etc. Une filiation génétique est par définition une convergence causale de n ordre, pouvant comporter des anastomoses (mariages entre cousins).

Processus 6

Eruption volcanique nouvelle. On observe une somme d'événements qui se déclenchent simultanément ou postérieurement à l'éruption :

- (a) création d'un nouveau relief (cône volcanique),
- (b) comblement d'une partie des fonds marins adjacents,
- (c) élévation de température de l'air et de l'eau,
- (d) précipitations atmosphériques dues aux émissions de poussières,
- (e) accumulation de dépôts divers (laves, tufs) sur le sol primitif.

Les événements (a) (b) (c) (d) (e) sont la conséquence directe de l'événement-origine. Celui-ci est donc la cause unique d'une pluralité d'effets. On dit qu'il y a foisonnement causal.

Chacun des événements-effets issus d'une même cause peut à son tour déclencher plusieurs événements :

- l'événement (a) provoque un enfoncement du soubassement antévolcanique et par érosion crée des sédiments nouveaux,
- l'événement (b) arrête un processus sédimentaire en cours au moment de l'éruption et entraîne une modification du milieu chimique environnant,
- l'événement (c) entraîne la destruction des organismes existants au moment de l'éruption et permet la prolifération d'un milieu biologique totalement nouveau,
- l'événement (d) accélère le processus érosif résultant directement de l'événement (a) : cas d'anastomose; de plus, il enrichit en ozone les bassins aqueux adjacents,

- l'événement (e) provoque un enfoncement du soubassement antévolcanique (anastomose avec l'événement (a)); de plus, emprisonnant une certaine quantité d'eau, il se crée une pression hydrostatique qui n'existait pas avant le déclenchement de l'événement-origine.

Chacun de ces nouveaux événements peut à son tour déclencher plusieurs événements subséquents. Il y a donc un foisonnement causal de premier, deuxième, troisième, n ordre à partir de l'événement-origine.

En biologie, le phénomène de "sicciparité" de certains organismes unicellulaires est un exemple de foisonnement causal car on observe que chaque individu se sépare en deux automatiquement dès que sa croissance atteint une certaine limite.

En conclusion, il ne semble pas qu'il y ait de limites à l'enchaînement causal. Tous les événements qui constituent la trame de l'univers apparaissent connectés de proche en proche, à l'échelle de l'atome, à l'échelle des systèmes intermédiaires complexes comme à l'échelle cosmique où la loi de Newton est valable quel que soit l'éloignement des masses.

Les différents domaines de la connaissance qui constituent les sciences ne sont pas séparés par des bannières naturelles mais par des frontières conventionnelles qui n'existent pas pour les enchaînements causals. Les événements psychologiques se rattachent aux événements biologiques qui se rattachent aux phénomènes physiques et chimiques, lesquels se rattachent aux phénomènes cosmiques.

Toute évolution simple comporte un événement à chaque extrémité; l'existence de l'un est déterminée et créée par l'existence de l'autre : le premier est la cause du second. Aucun événement ne se crée du néant. Il se crée à partir d'un autre événement même si ce dernier est inobservable.

Ceci est le cas le plus simple : il est même pratiquement théorique. En fait, chaque événement pris isolément doit son existence à une convergence

multiple d'événements et une multitude d'événements doivent leur existence à cet événement pris en particulier. Chaque événement pris en particulier est le siège d'une convergence causale d'un côté et d'un foisonnement d'effets divergents de l'autre.

La complexité et l'étendue du faisceau causal aboutissant à un événement donné sont telles que la suppression ou l'adduction d'un des composants de ce faisceau a une chance infime d'aboutir à la non-existence de l'événement-résultant.

Par exemple, supposons que nous échangions l'ancêtre d'un individu à la $n^{ième}$ génération avec un autre ancêtre. La somme totale des ancêtres aboutissant à cet individu est si importante que sa formule génétique n'en sera pratiquement pas affectée et que cet individu existera quand même avec ses caractères propres.

Ainsi si Rémus avait réussi à tuer son frère Romulus, un autre fondateur aurait quand même été à l'origine de Rome et , de toutes façons, l'empire romain aurait existé.

Le caractère aléatoire du sort d'une bataille ne peut changer que localement la configuration générale de l'Histoire.

2.3. ORIENTATION CAUSALE

Revenons aux remarques faites à propos du processus 3 (succession causale simple) : nous avons dit qu'il y avait une dissymétrie de fait dans l'interdépendance entre deux événements conséquents et que cette dissymétrie paraissait entraîner une orientation particulière. Qu'entendons-nous ici par orientation ?

Nous avons vu qu'un événement est un objet observable de l'espace généralisé. Un tel objet constitue un nœud dans l'enchaînement causal universel, situé entre un faisceau d'événements-causes et un faisceau d'événements-effets. Il est observable, mesurable et par conséquent dimensionnel, notamment dans la direction dite « temporelle ».

Supposons que, tout en gardant les trois dimensions morphologiques, nous ramenions à zéro sa dimension temporelle : quelle serait la configuration environnante à cet événement observable à l'instant de son présent ? Nous observerions alors deux éventails d'événements opposés et contigus par leurs sommets au point exact où se trouve l'événement considéré. Nous constatons alors que, si nous supprimons un des éventails, cet événement ne peut pas se matérialiser. Si nous supprimons l'autre, cet événement peut néanmoins se matérialiser. Or nous admettons que les deux éventails sont composés eux-mêmes d'événements substantiellement identiques à l'événement intermédiaire. On ne peut donc invoquer la différence de nature entre les composants de l'ensemble. Et, si on ne peut l'invoquer, il ne nous reste qu'à admettre que l'événement possède une double entité qui fait que son existence est la résultante d'une collection d'événements (dépendance causale) mais est indépendante d'une autre collection d'événements identiques (indifférence aux effets).

Ayant donné à l'événement une épaisseur zéro dans la dimension temporelle, il s'assimile géométriquement à un fragment de plan possédant deux faces, l'une tournée vers l'éventail des événements-causes, l'autre tournée vers l'éventail des événements-effets. Les propriétés de l'une et l'autre face diffèrent : l'une se manifeste par la dépendance causale, l'autre par l'indifférence aux effets.

Or chaque événement aux nœuds de la trame qui forme les deux éventails étant identique à l'événement zéro se trouve donc dans le même cas que celui-ci, c'est-à-dire avec une double face dépendance-indépendance.

Par définition, deux événements conséquents ne peuvent être indépendants l'un de l'autre sans sortir de la trame causale. Un événement donné a donc une face de dépendance tournée vers la ou les faces d'indépendance d'un ou plusieurs événements contigus et une face d'indépendance tournée vers une ou des faces de dépendance d'un ou plusieurs événements différents des premiers.

Ceci étant valable pour chaque point de l'ensemble de la trame causale, il existe donc une orientation générale de l'ensemble. Nous avons pris ici

le cas le plus simple : une trame causale d'événements identiques sans dimensions temporelles. On peut le comparer au processus de formation des feuillets d'une argile : celle-ci est formée de minéraux en paillettes composées de deux couches de molécules de nature différente. Au moment de la floculation, les paillettes s'accolent par leurs faces opposées pour former des flocons qui s'accolent ensuite aux flocons voisins par les faces opposées des paillettes les constituant, le tout finissant par former sur le fond du bassin un dépôt composé de minéraux en feuillets à deux couches accolés par leurs couches opposées, donc tous orientés de la même manière.

Dans la réalité, les événements ont toujours une certaine épaisseur temporelle finie et sont rarement identiques dans un fragment donné de trame causale. Le principe d'orientation demeure cependant qui fait qu'un événement dépend d'un autre, alors que ce dernier est indépendant du premier sur le plan existentiel.

Nous en arrivons donc à admettre que l'enchaînement causal est un milieu discontinu, composé d'événements-causes déterminant des événements-effets qui sont eux-mêmes les causes d'effets différents. Ce milieu discontinu contient des éléments orientés interdépendants.

« L'effet suit la cause et ne la précède point ». Dans cette définition du sens commun on retrouve l'identité entre causalité et succession temporelle: ces deux concepts sont indifférenciés.

Le « discontinuum » qui constitue la trame universelle est un réseau polarisé par le fait même que les grains (événements) qui le composent ont les uns sur les autres des influences à sens unique, se traduisant aux yeux de l'observateur par le mouvement et l'énergie avec leurs paramètres : force, travail, vitesse, accélération.

Un univers figé, composé d'éléments indifférents les uns aux autres, est un univers incohérent.

La flèche du temps est l'expression même de la mobilité et la conséquence directe du fait que l'énergie est une propriété d'échange entre les composants de l'univers.

En revenant aux concepts de la durée et de l'événement qui ont été nos matériaux principaux pour tenter une définition sémantique du temps (cf. §1), on aboutit pratiquement au même point. D'où, par analogie :

Le concept sémantique du temps et de ses composants (instant, durée, événement) s'assimile et se confond avec le phénomène matériel de l'enchaînement causal.

Les relations causales déterminent la flèche du temps par leur orientation. La succession des causes et des effets est observable et mesurable par rapport à un système évolutif de référence indépendant du champ d'observation que nous appellerons détecteur temporel.

La division arbitraire du temps en passé et futur dépend du champ d'investigation propre au détecteur utilisé.