Méréologie

Guillaume Bucchioni

Méréologie

Guillaume Bucchioni
Aix-Marseille Université

(À paraître dans l'Encyclopédie Philosophique)

Résumé

La méréologie est la théorie des parties et des touts. Littéralement le terme « méréologie » signifie la science des parties (du grec ancien *μέρος*, « partie »). Cette théorie décrit les différentes relations que peuvent entretenir les parties avec un tout et les parties entre elles à l'intérieur d'un tout. La méréologie est aujourd'hui une théorie importante de l'ontologie formelle. En tant que telle elle se révèle très utile pour l'analyse et la clarification de nombreux problèmes et questions métaphysiques contemporaines. La méréologie joue par exemple un rôle essentiel dans l'analyse du problème de la composition des objets matériels (van Inwagen 1990 ; Markosian 1998a) et dans la définition des différentes théories ontologiques comme l'Organicisme (van Inwagen 1990), le Nihilisme (Sider 2011 ; Dorr 2003), l'Universalisme (Heller 1990 ; Rea 1998), le Monisme de Priorité (Schaffer 2010), ou le Blobjectivisme (Horgan et Potrc 2008). Elle est aussi utilisée dans l'analyse des questions portant sur l'identité synchronique et diachronique des objets matériels (Sider 2001 ; Heller 1990), sur leur coïncidence (Wiggins 1968), sur l'existence et la nature des simples ontologiques (Markosian 1998b ; Zimmerman 1996), sur l'existence du gunk (Arntzenius 2012), et plus généralement pour les nombreuses questions métaphysiques portant sur les objets matériels.
Le but de cet article est de proposer une présentation la plus claire possible du système formel et axiomatisé de ce que nous appelons la méréologie extensionnelle classique. Nous présenterons les concepts basiques de la méréologie et son axiomatique complète pour en avoir une description et une compréhension claire. Cependant, nous ne devons pas perdre de vue le rôle que joue la méréologie en métaphysique. Ainsi une fois celle-ci présentée, nous analyserons certains problèmes que cette théorie pose en métaphysique contemporaine.

Plan

1. La méréologie, le calcul des individus et la méréologie extensionnelle classique

La méréologie, considérée au sens général d'étude non systématique des relations entre les parties et les touts, existe depuis la naissance de la philosophie. Elle a connue un premier développement dans la philosophie antique notamment dans l'œuvre de Platon (dans le *Parménide* ou encore le *Théétète*) ou d'Aristote (dans la *Métaphysique*), puis au Moyen Age avec Boèce (*De divisione*) ou encore pour ne citer que quelques exemples, avec Pierre Abélard, Thomas d'Aquin, Duns Scot, Guillaume d'Ockham. (Pour une présentation et une analyse détaillée de la méréologie médiévale voir Henry 1991). Nous trouvons aussi une étude non systématique des relations touts/parties dans l'œuvre de philosophes modernes tels que par exemple Leibniz ou encore Kant. Cependant le premier philosophe à avoir développé une analyse systématique d'une théorie des touts et des parties est sûrement Franz Brentano, dans son ouvrage posthume *The Theory of Categories* (Brentano 1933/1981). Bien que non-formalisée et non-axiomatisée, la théorie des touts et des parties de Brentano peut être considérée comme la première formulation systématique de la méréologie (Kriegel à paraître). Cette théorie connaît ensuite un autre développement historiquement remarquable avec les travaux du plus fameux élève de Brentano, Edmund Husserl. Dans sa troisième *Recherche Logique* de 1913 (Husserl 2011), Husserl développe une théorie (pure) des touts et des parties semi-formalisée qui, bien que systématique, n'est n'y symbolisée ni axiomatisée. La formalisation et l'axiomatisation de la théorie des touts et des parties seront le fait d'un philosophe et logicien polonais : Stanislaw Lesniewski. C'est à partir de Lesniewski que cette théorie formelle et axiomatisée va se développer et connaître trois phases historiques majeures : la méréologie, le calcul des individus et la méréologie extensionnelle classique.

Nous devons la première phase à Stanislaw Lesniewski (1916/1992) qui a axiomatisé puis formalisé cette théorie dans une série d'articles (Lesniewski 1928/1992 ; 1930a/1992 ; 1930b/1992). C'est à ce moment qu'elle a pris l'appellation de « méréologie ». Elle a été ensuite développée indépendamment des travaux de Lesniewski par Henry. S. Leonard et Nelson Goodman sous le nom de « calcul des individus » (Leonard et Goodman 1940), puis modifiée par ce dernier dans son ouvrage *La Structure de l'apparence* (Goodman 1951). Nous devons enfin sa formalisation et son axiomatisation contemporaine à Peter Simons dans son ouvrage magistral *Parts a study in ontology* (Simons 1987), sous le nom de « méréologie extensionnelle classique ». Ces trois théories, ces trois systèmes méréologiques, sont formellement indistinguables ou équivalents. Bien qu'étant formellement indistinguables, la méréologie et le calcul des individus diffèrent par les logiques sur lesquelles ils reposent. La méréologie de Lesniewski repose sur ce qu'il nomme la Protothétique et l'Ontologie. La Protothétique est un système logique qui correspond au calcul des propositions et l'Ontologie est un calcul des noms qui remplace le calcul classique des prédicats (Miéville 2001 ; 2004). Le calcul des individus de Leonard et Goodman repose quant à lui sur la logique standard des prédicats du premier ordre. Peter Simons choisira aussi cette logique pour développer la méréologie extensionnelle classique.

a. La méréologie de Lesniewski

Pour comprendre la « naissance » de la méréologie il est nécessaire de comprendre la raison qui a poussé Lesniewski à développer un tel système. Le but de Lesniewski est de proposer une théorie axiomatique et formelle qui ne soit pas sujette au fameux paradoxe des classes découvert par Bertrand Russell (1903). Ce paradoxe provient de ce que l'on autorise l'appartenance d'une classe à elle-même. Puisqu'une classe peut s'appartenir à elle-même il est possible de formuler la question suivante : est-ce que la classe des classes qui ne s'appartiennent pas à elles-mêmes s'appartient à elle-même ? Si la réponse est oui alors puisqu'elle s'appartient à elle-même, elle ne s'appartient pas à elle-même. Si la réponse est non alors puisqu'elle ne s'appartient pas à elle-même, elle s'appartient à elle-même. La contradiction apparaît donc dans les deux cas. Lesniewski propose de résoudre ce paradoxe en redéfinissant la notion de classe et la notion d'éléments d'une classe (Lesniewski 1989). Il propose de substituer à la notion classique de classe, à savoir la classe distributive (Frege 1884/1969 ; Russell 1903), la notion de tout concret. Pour le logicien polonais une classe n'est pas une entité abstraite distincte de ses éléments mais est un tout concret, un simple agrégat de parties. En définissant les classes comme des touts concrets il rejette alors la possibilité de la classe vide, il ne peut y avoir de tout sans partie, la possibilité de la classe unitaire distincte de son unique élément, un tout qui n'a qu'une seule partie est un simple, et enfin la possibilité de la classe qui ne s'appartient pas à elle-même, un tout est toujours une partie de lui-même. Puisqu'il n'y a pas de classe qui n'appartient pas à elle même il n'y a pas de paradoxe des classes. La méréologie est donc un système formel qui échappe au paradoxe des classes en substituant au concept de classe le concept de tout concret et en substituant au concept d'élément d'une classe celui de partie d'un tout.

b. Le calcul des individus de Leonard et Goodman

Le second développement historique majeur de la théorie des touts et des parties est le calcul des individus de Leonard et Goodman. Il se différencie de la méréologie par la logique sous-jacente au système mais aussi par le but qui a mené à la formalisation de cette théorie. Le calcul des individus n'a pas pour but de répondre au paradoxe des classes mais de formaliser les relations parties/touts dans un langage accessible et clair en vue de clarifier de nombreux problèmes philosophiques (Leonard et Goodman 1940). Il est à noter qu'il existe deux calculs des individus distincts, celui proposé par Leonard et Goodman (1940) et celui proposé par Goodman (1951). La différence essentielle entre ces deux systèmes est que le premier calcul est un système formel qui contient des classes, bien qu'il exclue, à la différence de la théorie classique des classes, la notion de classe nulle, alors que le second calcul des individus est un système formel sans classes qui répond au réquisit nominaliste de Goodman (Goodman 1951). Le calcul des individus peut être comparé à l'algèbre des classes de Boole à l'exception notable que le calcul refuse de postuler la classe nulle. En effet le calcul des individus prend en compte la totalité des opérations possibles à l'intérieur du calcul des classes de Boole mais ne possède pas d'élément nul tel qu'on le trouve dans la fonction $x.y = 0$.

c. La méréologie extensionnelle classique (CEM)

Le dernier développement historique majeur de la théorie des touts et des parties est la méréologie extensionnelle classique (*Classical Extensional Mereology*), CEM, développée par Peter Simons (1987). CEM est formellement équivalente à la méréologie de Lesniewski et au calcul des individus de Leonard et Goodman. Cependant elle se différencie de la méréologie en utilisant pour logique la logique standard des prédicats du premier ordre et se différencie du premier calcul des individus en bannissant les classes. La méréologie formalisée par Simons est dite extensionnelle et classique car

1/ elle est atemporelle
2/ elle est non-modale
3/ elle possède un principe d'extensionnalité
4/ elle possède un principe de somme générale.

Un système méréologique sera dit « classique » s'il est atemporel et non-modal et sera dit « extensionnel » s'il possède un principe d'extensionnalité et un principe de somme générale. Il est néanmoins possible de développer des systèmes de méréologie non-classique (Whitehead 1916 ; Simons 1987, pp. 175-187 ; Bittner et Donnelly 2006 ; 2009 ; Hovda 2013) ou non-extensionnelle (Cotnoir 2010 ; Cotnoir et Bacon 2012).

Le système exposé ci-dessous suit le formalisme et le développement axiomatique proposé par Peter Simons dans son ouvrage *Parts, a Study in Ontology* (Simons 1987, pp. 26-45).

Dans le système S, il n'y a pas d'ensemble, la relation de partie propre est primitive et on accepte une relation primitive d'identité.

Dans le système S, tout comme dans la méréologie de Lesniewski et dans le second calcul des individus de Leonard et Goodman, les ensembles sont bannis. De plus, la constante logique de l'identité est présupposée et n'est pas définie méréologiquement. Enfin, la relation de partie propre est choisie comme primitive de la théorie. Les variables du système S, « x », « y », « z », etc..., représentent des individus ou objets concrets. Lesniewski utilise les termes « ingrédient » ou « objet » pour désigner les entités représentées par les variables alors que Leonard et Goodman utilisent le terme « individu ». Dans les deux cas, les entités désignées par les variables du système S sont des particuliers concrets et donc ne sont ni des classes, ni des fonctions, ni des attributs, etc... Dans la suite, nous utiliserons le terme « objet » pour désigner ces particuliers concrets.

Avant d'examiner l'axiomatique de CEM nous devons présenter le formalisme du système S et les principales définitions et théorèmes concernant les concepts basiques de la méréologie extensionnelle classique.

2. Les concepts basiques de CEM

a. La partie (impropre et propre)

Le concept le plus basique de la méréologie est celui de *partie*. Il y a cependant deux notions distinctes de parties, la relation de partie impropre (ou de partie tout court que nous appellerons simplement « partie » par la suite) et la relation de partie propre. La différence essentielle entre ces deux relations est que celle de partie est une relation réflexive alors que celle de partie propre est une relation irréflexive. Un objet est donc toujours une partie de lui-même alors qu'il ne peut pas être une partie propre de lui-même. Dans le système de Lesniewski, la relation de partie (et son caractère réflexif) garantit l'inexistence de la classe qui ne s'appartient pas à elle-même, permettant d'échapper au paradoxe de Russell. Un objet est *toujours* une partie de lui-même et n'est *jamais* une partie propre de lui-même.

Tout comme dans la méréologie de Lesniewski, la relation de partie propre est la relation primitive du système S. La relation de partie propre est une relation *d'ordre stricte*. Une relation est dite d'ordre stricte si et seulement si elle est irréflexive, transitive et asymétrique. Prenons l'exemple du pouce qui est une partie propre de la main. L'irréflexivité de la relation de partie propre signifie que le pouce n'est pas une partie propre du pouce. Sa transitivité signifie que si le pouce est une partie propre de la main et la main une partie propre du corps alors le pouce est une partie propre du corps. Enfin son asymétrie signifie que si le pouce est une partie propre de la main alors la main n'est pas une partie propre du pouce.
Il est bien évidement possible de choisir une autre relation comme primitive. Dans leur premier calcul des individus, Leonard et Goodman choisissent la relation de disjonction comme relation primitive (Leonard et Goodman 1940) alors que dans son second calcul des individus la relation primitive du système de Goodman est celle de chevauchement (Goodman 1951). Il est aussi possible de prendre pour primitive du système la relation de partie, c'est le cas notamment d'Eberle (1970) ou d'Achille Varzi (1996).

Puisque la relation primitive du système S est celle de partie propre elle ne va pas être définie à l'intérieur du système mais va être utilisée pour définir la relation de partie.
x est une partie propre de y est exprimé par $x << y$

La relation de partie est définie à l'aide de celle de partie propre. C'est la première définition du système S.
x est une partie de y est exprimée par $x < y$
Sa définition est la suivante :

SD1 $(\forall xy)\ [(x < y) \equiv ((x << y) \vee (x = y))]$

x est une partie de y si et seulement si x est une partie propre de y ou x est identique à y.

La relation de partie est une relation *d'ordre* c'est-à-dire qu'elle est réflexive, transitive et antisymétrique.

La réflexivité de la partie : $(\forall x)\ [(x < x)]$
Tout objet est une partie de lui-même.

L'antisymétrie de la partie : $(\forall xy)\ [((x < y) \wedge (y < x)) \equiv (x = y)]$
x est une partie de y et y est une partie de x si et seulement si x et y sont identiques.

La transitivité de la partie : $(\forall xyz)\ [((x < y) \wedge (y < z)) \supset (x < z)]$
Si x est une partie de y et y une partie de z alors x est une partie de z.

b. Le chevauchement

La troisième relation du système S est celle de *chevauchement*.
x et y se chevauchent est exprimé par $x \text{ o } y$
Sa définition est :

SD2 $(\forall xy)\ [(x \text{ o } y) \equiv (\exists z)\ [(z < x) \wedge (z < y)]]$

Deux objets se chevauchent si et seulement si ils ont une partie en commun.

Par exemple la région PACA et la France se chevauchent puis que ces deux objets ont une partie en commun, à savoir le département du Var. La région PACA chevauche la France mais en est aussi une partie propre. Et comme tous les objets, elle est une partie d'elle-même. Un autre exemple de chevauchement est celui des frontières. Par exemple deux pays qui ont une frontière en commun, comme la France et l'Italie, se chevauchent. Un autre exemple est celui de la division des cellules œufs. Lors de la division cellulaire, la cellule œuf se divise en deux puis en quatre puis en huit, etc., pour aboutir à un embryon puis à un fœtus. Au premier stade de la division la cellule œuf se divise en deux cellules qui ont une frontière en commun : nous dirons alors que ces deux cellules se chevauchent.

La relation de chevauchement est définie à l'aide de la relation de partie que nous venons de définir. La relation de chevauchement est réflexive et symétrique.

La réflexivité du chevauchement : $(\forall x)\ [(x \text{ o } x)]$
Tout objet se chevauche lui-même.

La symétrie du chevauchement : $(\forall xy)\ [(x \text{ o } y) \supset (y \text{ o } x)]$
Si x chevauche y alors y chevauche x.

Le chevauchement est une relation non-transitive, autrement dit si x chevauche y et y chevauche z il ne s'en suit pas nécessairement que x chevauche z.

c. La disjonction

Nous pouvons ensuite définir la relation de *disjonction*.
x et y sont disjoints est exprimé par $x \wr y$
Sa définition est :

SD3 $(\forall xy)\ [(x \wr y) \equiv \sim (x \text{ o } y)]$

Deux objets sont disjoints si et seulement si ils ne se chevauchent pas, c'est-à-dire s'ils n'ont pas de partie en commun.

La relation de disjonction est définie à l'aide celle de chevauchement. La disjonction est une relation irréflexive et symétrique.

L'irréflexivité de la disjonction : $(\forall x)\ [\sim (x \wr x)]$
Aucun objet n'est disjoint de lui-même.

La symétrie de la disjonction : $(\forall xy)\ [(x \wr y) \supset (y \wr x)]$

Si x est disjoint de y alors y est disjoint de x.

Mon chat et le tapis sur lequel il dort sont deux objets disjoints car ils n'ont pas de parties en commun. De plus mon chat n'est pas disjoint de lui-même et s'il est disjoint du tapis sur lequel il dort alors le tapis est disjoint de lui.

d. Le produit binaire

Nous pouvons ensuite définir la relation de *produit binaire*. Le produit de x et y est l'objet qui est une partie des deux et qui est tel que toute partie commune à x et y est une partie de lui. La relation de produit est analogue à celle d'intersection de deux ensembles que nous trouvons dans la théorie des ensembles. Elle lui est analogue à ceci près que dans la théorie des ensembles, deux ensembles distincts ont une intersection qui est l'ensemble vide, alors que dans la méréologie, des individus disjoints n'ont pas de produit. Deux individus ont un produit *si et seulement* si ils se chevauchent.
Le produit binaire de x et y est exprimé par $x.y$
Sa définition est :

SD4 $(\forall xy)\ [(x\ .\ y) = (\iota z)(\forall w)\ [(w < z) \equiv ((w < x) \wedge (w < y))]]$

« ι » est un descripteur défini. Le symbole « ιz » se lit « l'unique objet z ». SD4 signifie que le produit binaire de x et y est l'unique objet z tel que toute partie de z est une partie commune de x et de y et que toute partie commune de x et de y est une partie de z.

Pour reprendre l'exemple des frontières, le produit binaire du département de Haute Corse et du département de Basse Corse est la frontière départementale car toutes les parties de cette frontière sont des parties communes à la Haute Corse et à la Basse Corse et toutes les parties communes aux deux départements sont des parties de la frontière départementale.

e. La limite supérieure

Il est aussi possible de définir une relation de *limite supérieure*

SD5 $z\, \tau x\, [Fx] \equiv (\exists x)\, [Fx] \wedge (\forall x)\, [Fx \supset (x < z)]$

Cette définition introduit l'opérateur « z τx [Fx] » qui se lit : « z est la limite supérieure des objets qui sont F ». SD5 signifie que z est la limite supérieure des objets qui sont F si et seulement si il y a des objets qui sont F et que tous ces objets sont des parties de z. Dire que des objets ont une limite supérieure revient donc à dire qu'il existe un objet dont ces objets sont tous des parties.

Si nous prenons pour prédicat F = « objet matériel », et que nous considérons que le Cosmos est l'objet matériel total qui a pour parties tous les objets matériels qui existent, alors tous les objets matériels ont pour limite supérieure le Cosmos.

f. La limite supérieure moindre

Il y a une autre relation de limite qui est celle de *limite supérieure moindre*

SD6 $(\forall xy)\, [(x +' y) = (\iota z)(\forall w)\, [((x < w) \wedge (y < w)) \equiv (z < w)]]$

Cette définition signifie que la limite supérieure moindre de deux objets, x et y, est l'unique objet z tel que tout objet qui a pour partie x et y a aussi pour partie z, et inversement.

La relation de limite supérieure moindre est une relation de limite moins générale, ou en un sens, une relation plus « précise » que celle de limite supérieure. En effet, comme nous l'avons vu, si nous considérons que tous les objets matériels qui existent sont des parties du Cosmos alors deux objets quelconques ont pour limite supérieur le Cosmos puisque tous les objets sont des parties du Cosmos. La limite supérieure moindre permet de restreindre la relation de limite. Par exemple, le manche et la tête de raquette (d'une raquette de tennis) ont pour limite supérieure moindre la raquette de tennis car la raquette est l'unique objet tel que tout objet qui a pour partie le manche et la tête de raquette a aussi pour partie la raquette de tennis.

g. La somme binaire

Ensuite vient le concept de *somme binaire*. La somme de x et y est l'objet tel que tout objet qui chevauche cet objet chevauche x ou y et tout objet qui chevauche x ou y chevauche cet objet. La somme binaire de x et y est exprimée par $x + y$

Sa définition est :

SD7 $(\forall xy)\ [(x + y) = (\iota z)(\forall w)\ [(w \circ z) \equiv ((w \circ x) \vee (w \circ y))]]$

SD7 signifie que la somme binaire de x et y est l'unique objet z tel que tout objet qui chevauche z chevauche x ou y et que tout objet qui chevauche x ou y chevauche z. A l'inverse de la relation de produit binaire, la relation de somme binaire n'impose pas à ses deux parties de se chevaucher. En d'autres termes deux objets disjoints ne peuvent pas avoir de produit binaire mais ont une somme binaire. La table de mon salon et mon chat ont donc une somme binaire, la tour Eiffel et la chaussure droite de David Beckham ont une somme binaire, etc.

Tout comme il existe des concepts de limite supérieure moindre, de somme binaire et de produit binaire, il existe des concepts de *limite supérieure moindre générale*, de *somme générale* et de *produit général* qui sont la généralisation des concepts de limite, de somme et de produit.

h. La limite supérieure moindre générale

La limite supérieure moindre générale est l'unique objet constitué par la limite moindre de tous les objets satisfaisant le prédicat « F ».

La limite supérieure moindre générale est exprimée par $\sigma' x[Fx]$

Cette formule se lit : la limite supérieure moindre générale de tous les objets qui sont F

Sa définition est :

SD8 $\sigma' x[Fx] = (\iota x)(\forall y)\ [(x < y) \equiv (\forall z)\ [(Fz) \supset (z < y)]]$

SD8 signifie que la limite supérieure moindre générale de tous les objets satisfaisant le prédicat F est l'unique objet x tel que tout objet dont x est une partie a pour partie un objet qui satisfait le prédicat F, et inversement.

i. La somme générale

La somme générale est l'unique objet constitué par la somme de tous les objets satisfaisant un certain prédicat « F ».

La somme générale est exprimée par $\sigma x[F(x)]$.

Cette formule se lit : la somme générale de tous les objets qui sont F.

Sa définition est :

SD9 $\sigma x[Fx] = (\iota x)(\forall y)\ [(x \circ y) \equiv (\exists z)\ [(Fz) \wedge (z \circ y)]]$

SD9 signifie que la somme générale de tous les objets satisfaisant le prédicat F est l'unique objet x tel que tout objet qui chevauche x chevauche un objet satisfaisant le prédicat F et tout objet qui chevauche un objet satisfaisant le prédicat F chevauche x.

j. Le produit général

Le produit général est l'unique objet constitué par le produit de tous les objets satisfaisant un certain prédicat « *F* ».

Le produit général est exprimé par $\pi x[F(x)]$

Cette formule se lit : le produit général de tous les objets qui sont F.

Sa définition est :

SD10 $\pi x[Fx] = (\iota x)(\forall y)\ [(y < x) \equiv (\forall z)\ [(Fz) \supset (y < z)]]$

SD10 signifie que le produit général de tous les objets satisfaisant le prédicat F est l'unique objet x tel que toute partie de x est une partie de tout objet satisfaisant F et toute partie d'objet satisfaisant F est une partie de x.

k. La différence

Une autre relation que nous rencontrons dans le système S est celle de *différence*. La différence de x et y est l'objet le plus large dans x qui n'a pas de partie en commun avec y.

La différence de x et y est exprimée par $x - y$

Sa définition est :

SD11 $(\forall xy)\ [(x - y) = (\sigma x)\ [(z < x) \wedge (z \wr y)]]$

SD11 signifie que la différence de deux objets x et y est la somme générale des parties de x disjointes de y.

Par exemple, la différence de la France métropolitaine et de la région Bretagne sont les 21 régions françaises restantes. Ou si nous prenons l'exemple d'une table composée d'un plateau et de quatre pieds, la différence de la table et du plateau sont les quatre pieds.

l. L'Univers

Nous avons aussi la notion d'*Univers*. L'Univers est la somme générale de tous les objets, c'est l'objet dont tous les objets sont les parties.
L'Univers est exprimé par U

Si nous considérons qu'il n'existe aucun objet alors nous ne dirons pas qu'il existe un Univers vide mais nous dirons qu'il n'existe pas d'Univers. C'est une différence majeure avec la théorie des ensembles car il n'existe pas d'ensemble vide en méréologie, rappelons que le tout méréologique existe uniquement si ses parties existent.
Sa définition est :

SD12 $U = (\sigma x)\ (x = x)$

SD12 signifie que l'Univers est la somme générale de tous les objets identiques à eux-mêmes.

m. Le complément

Puis, il y a la notion de *complément*. Le complément d'un objet x est l'unique objet qui comprend la totalité de l'Univers à l'exception de x.
Le complément de x est exprimé par U – x et est désigné par $\overline{x}$

Sa définition est :

SD13 $(\forall xy)\ [\ \overline{x} = (U - x)]$

SD13 signifie que le complément d'un objet x est la différence de l'Univers et de x.

n. L'atome

Enfin, le système S contient aussi la notion d'*atome*. Un atome est un objet qui n'a pas de partie propre, qui est indivisible.
L'atome est exprimé par At x
At x se lit : x est un atome.
Sa définition est :

SD14 $(\forall x)\ [\mathrm{At}\ x \equiv\ \sim (\exists x)\ [z << x]]$

SD14 signifie que x est un atome si et seulement si x n'a pas de partie propre.
L'atome est aussi appelé un simple méréologique.

Maintenant que nous avons vu les principaux concepts de la méréologie, passons à son axiomatique.

3. L'axiomatique de CEM

Nous allons exposer la Méréologie Extensionnelle Classique par « palier ». Notre exposition du système S comportera six paliers qui sont : la Méréologie de Base (*Core Mereology*) M, la Méréologie Minimale (*Minimal Mereology*) MM, la Méréologie Extensionnelle (*Extensional Mereology*) EM, la Méréologie Extensionnelle Générale (*General Extensional Mereology*) GEM, La Méréologie Extensionnelle Générale Atomique (*Atomistic General Extensional Mereology*) AGEM et enfin la Méréologie Extensionnelle Générale Non Atomique (*Atomeless General Extensional Mereology*) ĀGEM.

a. La méréologie de base M

Les deux premiers axiomes du système S sont :

SA1 $(\forall xy)\ [(x << y) \supset \sim (y << x)]$

SA2 $(\forall xy)\ [((x << y) \wedge (y << z)) \supset (x << z)]$

SA1 est l'asymétrie de la relation de partie propre. Il signifie que deux objets distincts ne peuvent pas être des parties propres l'un de l'autre.

SA2 est la transitivité de la relation de partie propre. Il signifie que si x est une partie propre de y qui est elle même une partie propre de z alors x est une partie propre de z.

La méréologie de base M est constituée des axiomes SA1-2. Elle est appelée méréologie de base car ces axiomes constituent la base de toute théorie méréologique et sont en fait constitutifs de la signification même de la relation de partie. Pour reprendre les mots de Peter Simons :

> (…) quiconque n'est pas d'accord avec eux [les axiomes], n'a pas réussi à comprendre le mot [partie]. (Simons 1987, p. 20)

b. La méréologie minimale MM

Ces deux axiomes posés, nous devons faire face à une première question. *Un objet peut-il avoir une seule partie propre*? Intuitivement, nous devons répondre non à cette question car le contraire va à l'encontre de ce que signifie la notion de partie. Un tout est toujours composé (pour qu'il soit un tout) d'au moins deux parties. Autrement dit, un objet qui a une partie propre a besoin d'une autre partie propre, comme supplément, pour former un tout. C'est un principe intuitif car il correspond à la signification habituelle que nous donnons à la notion de partie. Par exemple, si je supprime une de mes parties propres, comme mon bras, il me reste quelque chose, le reste de mon corps. Il est à vrai dire difficile de trouver un exemple où cela n'est pas vrai.

Nous pouvons faire remarquer que la nécessité pour une partie propre d'avoir un supplément pour former un tout n'est pas partagée par tous les philosophes. En effet, pour Franz Brentano, il est possible qu'un tout ait une et une seule partie propre (Brentano 1933/1981). L'exemple le plus représentatif de cette position est sa définition de la substance comme partie propre de l'accident. Pour Brentano, Socrate (qui est une substance) est une partie propre de Socrate assis (l'accident), et rien n'est ajouté à Socrate pour former le tout Socrate assis. Nous pouvons néanmoins considérer que la relation entre la substance et l'accident n'est pas une pure relation méréologique et que, par conséquent, la nécessité d'un supplément reste valable pour le système S.

Le système S a donc besoin d'axiomes et de principes capables de symboliser la notion de supplément. Cet axiome est le Principe de Supplémentation Faible (*Weak Supplementation Principle*)

SA3 $(\forall xy)\ [(x \ll y) \supset (\exists z)\ [(z \ll y) \wedge (z\ \mathrm{l}\ x)]]$ WSP

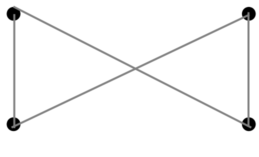
Cet axiome signifie que tout objet qui possède une partie propre en possède une autre disjointe de la première.

La méréologie minimale MM est composée des axiomes SA1-2 + SA3.

c. La méréologie extensionnelle EM

Les axiomes SA1-3 répondent de manière satisfaisante au problème du supplément nécessaire de toute partie pour former un tout. Cependant, un nouveau problème survient maintenant. SA1-3 laisse la place à un modèle qui est celui de deux objets distincts pouvant avoir exactement les mêmes parties propres. Ce modèle est représenté par le schéma suivant :

Schéma 1



Ce modèle doit être rejeté dans le système S en raison du principe d'extensionnalité méréologique.

Ce principe peut être compris par analogie avec la théorie des ensembles. Un des axiomes essentiel de la théorie des ensembles est l'axiome d'extensionnalité. Cet axiome affirme que si deux ensembles ont les mêmes éléments alors ils sont égaux. Par analogie, nous pouvons donc considérer que le système S doit posséder un axiome affirmant, en termes méréologiques, le fait que si deux objets ont les mêmes parties alors ils sont identiques.

Cet axiome doit être formulé non pas avec la relation de partie impropre mais avec la relation de partie propre. Nous devons donc trouver un axiome qui affirme que si deux objets ont les mêmes parties propres alors ils sont identiques. De plus, nous devons nous assurer que les objets concernés par cet axiome ne sont pas des atomes puisque si tel était le cas alors ils seraient toujours identiques du fait qu'ils auraient les mêmes parties propres, à savoir aucune, ce qui est absurde.

L'axiome qui permet de rendre compte du principe d'extensionnalité est le Principe des Parties Propres (*Proper Parts Principle*):

SA4 $(\forall xy)\ [((\exists z)\ [(z \ll x)] \wedge (\forall z)\ [(z \ll x) \supset (z \ll y)]) \supset (x < y)]$ PPP

Cet axiome signifie que s'il existe un objet x qui possède une partie propre et que toute partie propre de x est une partie propre de y alors x est une partie de y. Cet axiome permet donc de rejeter le cas des deux objets distincts avec les mêmes parties propres tout en se sortant du problème des atomes soulevé plus haut.

Il est possible de formuler un axiome plus fort que PPP permettant de bloquer le modèle des deux objets ayant les mêmes parties propres et qui, une fois posé, implique PPP ainsi que WSP. Cet axiome est appelé le Principe de Supplémentation Forte (*Strong Supplementation Principle*) et est formalisé comme suit :

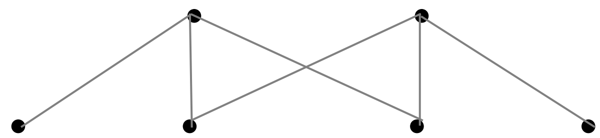
SA5 $(\forall xy)\ [\sim (x < y) \supset (\exists z)\ [(z < x) \wedge (z \wr y)]]$ SSP

Cet axiome signifie que si un objet x n'est pas une partie d'un objet y alors il existe une partie de x qui est disjointe de y. En d'autres termes cela signifie que si x et y sont distincts, x possède une partie que y ne possède pas. Cet axiome répond au Schéma 1 et implique PPP et WSP, alors que l'inverse n'est pas vrai.

La méréologie extensionnelle EM est composée des axiomes SA1-3 + SA5.

Le système formé des axiomes SA1-5 est cependant confronté à un nouveau modèle de partition problématique représenté par le Schéma 2.

Schéma 2



Le Schéma 2 représente deux objets qui se chevauchent et qui n'ont pas un produit unique. Pour rappel, le produit de x et y est un objet qui est une partie des deux et qui est tel que toute partie commune à x et y est une partie de lui. Nous devons alors formuler un axiome capable de rendre compte du fait que si deux objets se chevauchent alors ils doivent avoir une partie commune maximale. Cet axiome est le suivant:

SA6 $(\forall xy)\ [(x \text{ o } y) \supset (\exists z)\ (\forall w)\ [(w < z) \equiv ((w < x) \wedge (w < y))]]$

Cet axiome signifie que si deux objets, x et y, se chevauchent alors il existe un objet z tel que toute partie de z est à la fois une partie de x et de y et que toute partie commune de x et y est une partie de z. En clair, si x et y se chevauchent alors ils ont une partie commune maximale.

L'axiome SA6 répond bien à la nécessité d'un unique produit binaire entre deux objets qui se chevauchent.

Une fois le produit défini, l'extension logique du système S consiste alors à ajouter des axiomes permettant de traduire les relations de *limite* et de *somme*.

Il y a deux façons différentes de penser la limite supérieure de deux objets. Une façon conditionnelle et une façon inconditionnelle.

La manière conditionnelle de penser la limite supérieure est de dire que deux objets qui se chevauchent ont une limite supérieure. Elle est exprimée par l'axiome suivant :

SA7 $(\forall xy)\ [(x \text{ o } y) \supset (\exists z)\ [(x < z) \wedge (y < z)]]$

Cet axiome signifie que si x et y se chevauchent alors il existe un objet dont x et y sont tous deux des parties. Il exprime le fait que si deux objets se chevauchent alors ils ont une limite supérieure.

La manière inconditionnelle de penser la limite supérieure se traduit par l'axiome suivant:

SA12 $(\forall xy)\ [(\exists z)\ [(x < z) \wedge (y < z)]]$

Cet axiome est similaire à SA7 mais ne pose pas la condition de chevauchement des deux objets et donc affirme que tout couple de *deux* objets a une limite supérieure.

La relation de limite supérieure définie est en un sens trop général. En effet, si nous acceptons l'existence de l'Univers alors tous les objets sont des parties de la limite supérieure qu'est l'Univers. Il nous faut cependant une relation de limite capable de rendre compte de cas plus spécifiques et pas seulement du cas le plus général de l'Univers comme limite supérieure. C'est la relation de limite supérieure moindre.

Il existe là encore deux façons de penser la limite supérieure moindre de deux objets : une façon conditionnelle et une façon inconditionnelle.

La manière conditionnelle est de dire que deux objets qui se chevauchent ont une limite supérieure moindre. Cette relation est exprimée par l'axiome suivant :

SA8 $(\forall xy)\ [(x \text{ o } y) \supset E!\ (x +' y)]$

Cet axiome signifie que si x et y se chevauchent alors il existe exactement une limite supérieure moindre de x et y. L'opérateur « +' » représentant la limite supérieure moindre.

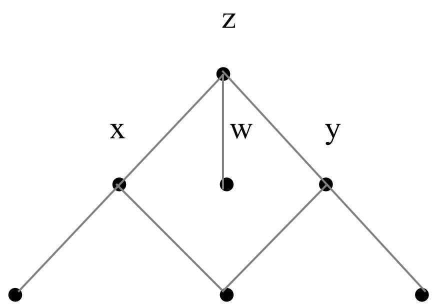
La manière inconditionnelle est exprimée par l'axiome suivant :

SA13 $(\forall xy)\ [E!\ (x +' y)]$

Cet axiome est similaire à SA8 mais ne pose pas la condition de chevauchement des deux objets et donc affirme que tout couple de *deux* objets possède une limite supérieure moindre.

La relation de limite supérieure moindre peut être considérée comme une relation de somme faible. Nous la qualifions de somme faible car elle ne permet pas de rendre compte du Schéma 3.

Schéma 3



Le Schéma 3 est un modèle de partition où z est une limite supérieure moindre de x et y mais où z ne peut être qualifié de somme de x et y car ses parties incluent aussi un troisième objet, w, disjoint de x et y. Le système S doit posséder une relation de somme capable de prendre en compte le Schéma 3. Cette relation est celle de somme binaire définie plus haut :

Il existe encore une fois deux façons de penser la somme : une façon conditionnelle et une façon inconditionnelle.

La manière conditionnelle revient à dire que deux objets qui se chevauchent ont une somme. Cette relation est exprimée par l'axiome suivant :

SA9 $(\forall xy)\ [(x \circ y) \supset E!\ (x + y)]$

Cet axiome signifie que si x et y se chevauchent il existe exactement une somme de x et y. Par exemple un marteau est la somme du manche et de la tête.

La manière inconditionnelle de penser la somme est exprimée par cet axiome :

SA14 $(\forall xy)$ [E! $(x + y)$] BSP

Cet axiome est similaire à SA9 mais ne pose pas la condition de chevauchement des deux objets et donc affirme que tout couple de *deux* objets possède une somme. Ce dernier axiome est appelé le Principe de Somme Binaire (*Binary Sum Principle*). D'après ce principe mon ordinateur et mon chat forment une somme, c'est-à-dire un objet qui a exclusivement mon ordinateur et mon chat pour parties.

Les concepts de limite supérieure, de limite supérieure moindre et de somme binaire peuvent être liés ensemble à l'aide de nouveaux axiomes. Considérons, par exemple, l'axiome suivant :

SA10 $(\forall xy)$ $[((x < z) \wedge (y < z)) \supset$ E! $(x +' y)]$

Cet axiome signifie que si deux objets x et y sont des parties de z alors il existe exactement une limite supérieure moindre de x et y. La partie gauche de la formule étant la formalisation de la relation de limite supérieure, nous devons comprendre cet axiome comme signifiant : si x et y ont une limite supérieure alors ils ont exactement une limite supérieure moindre. La relation de limite supérieure entraîne nécessairement celle de limite supérieure moindre. En d'autres termes, tout couple de deux objets ayant une limite supérieure a nécessairement une limite supérieure moindre.

SA11 $(\forall xy)$ $[((x < z) \wedge (y < z)) \supset$ E! $(x + y)]$

Cet axiome signifie que si deux objets x et y sont des parties de z alors il existe exactement une somme de x et y. La partie gauche de la formule étant la formalisation de la relation de limite supérieure nous devons comprendre cet axiome comme signifiant : si x et y ont une limite supérieure alors ils ont nécessairement une somme. De ce fait, deux objets ayant une limite supérieure ont nécessairement une somme.

SA10 et SA11 expriment les relations d'implications logiques entre la relation de limite supérieure et celles de limite supérieure moindre et de somme. Nous pouvons formaliser un autre axiome concernant ces relations :

SA15 $(\forall xy)\ [((z)\ o\ (x +' y)) \supset ((z\ o\ x) \vee (z\ o\ y))]$

Cet axiome signifie que si un objet z et la limite supérieure moindre de x et y se chevauchent alors z chevauche x ou z chevauche y. En clair, un objet qui chevauche la limite supérieure moindre de deux objets chevauche au moins l'un de ces deux objets.

Ces trois axiomes sont la formalisation des rapports existant entre les relations de limite supérieure, de limite supérieure moindre et de somme binaire. Cependant, ces trois relations ne garantissent pas l'existence de l'Univers. Il faut introduire à l'intérieur du système S un axiome garantissant l'existence de l'Univers. Cet axiome est le suivant :

SA16 $(\exists x)(\forall y)\ [(y < x)]$

Cet axiome est la formalisation de ce que nous avons appelé l'Univers et qui est représenté par le symbole « U ». L'Univers est un objet dont tous les objets sont des parties.

Le système S peut être enrichi par trois nouvelles relations qui sont la généralisation des relations de limite, de somme et de produit, à savoir : *la limite supérieure moindre générale*, *la somme générale* et *le produit général*.
Comme pour les relations de limite supérieure moindre et de somme binaire, il y a deux façons de considérer la limite supérieure moindre générale et la somme générale : une façon conditionnelle et une façon inconditionnelle. Ces deux façons de considérer ces relations sont déterminées par la manière dont peut être déterminé le prédicat F.

Commençons par les façons conditionnelles de définir les relations de limite supérieure moindre générale et de somme générale. Il y a trois manières de déterminer le prédicat F pour avoir des relations de limite supérieure moindre générale et de somme générale conditionnelles.

La première façon est de dire que tous les objets qui satisfont le prédicat F ont une partie en commun, c'est-à-dire, qu'ils se chevauchent. Il est à noter que c'est la seule façon de considérer le produit général puisque, comme nous l'avons vu, pour qu'il y ait produit il est nécessaire que les objets se chevauchent. Elle est formalisée par les axiomes suivants.

L'axiome d'existence de la limite supérieure moindre générale (conditionnelle 1) :

SA17 $(\forall xy)\ [((Fx) \wedge (Fy)) \supset (x \text{ o } y)] \supset E!\ (\sigma' x[Fx])$

Cet axiome signifie que si toute paire d'objets qui satisfont un prédicat F se chevauchent alors il existe une limite supérieure générale des objets satisfaisant F.

L'axiome d'existence de la somme générale (conditionnelle 1) :

SA18 $(\forall xy)\ [((Fx) \wedge (Fy)) \supset (x \text{ o } y)] \supset E!\ (\sigma x[Fx])$

Cet axiome signifie que si deux objets qui satisfont un prédicat F se chevauchent alors il existe une somme générale des objets satisfaisant F.

Si le prédicat F est restreint à la relation de chevauchement alors nous avons deux axiomes d'existence conditionnelle des relations de limite supérieure moindre et de somme générale.

La seconde façon de déterminer le prédicat F pour avoir des relations conditionnelles n'est pas effectuée à l'aide de la relation de chevauchement mais à l'aide d'une chaîne de chevauchement. Il n'est pas nécessaire, pour que deux objets soient connectés, qu'ils se chevauchent, mais simplement qu'ils soient connectés par une chaîne de chevauchement. Dans ce cas, nous pouvons définir deux axiomes d'existence conditionnelle pour la limite supérieure moindre générale et la somme générale à l'aide de relation de chaîne de chevauchement représentée par le symbole « o* ».

La limite supérieure moindre générale (conditionnelle 2) :

SA19 $(\forall xy)\ [((Fx) \wedge (Fy)) \supset (x \text{ o* } y)] \supset E!\ (\sigma' x[Fx])$

Cet axiome signifie que si deux objets qui satisfont un prédicat F sont liés par une chaîne de chevauchement alors il existe une limite supérieure générale des objets satisfaisant F.

La somme générale (conditionnelle 2) :

SA20 $(\forall xy)\ [((Fx) \wedge (Fy)) \supset (x\ o^*\ y)] \supset E!\ (\sigma x[Fx])$

Cet axiome signifie que si deux objets qui satisfont un prédicat F sont liés par une chaîne de chevauchement alors il existe une somme générale des objets satisfaisant F.

La troisième et dernière façon de formuler les deux axiomes d'existence conditionnelle est de connecter les relations de limite supérieure moindre générale et de somme générale avec la relation de limite supérieure définie plus haut. En d'autres termes, au lieu d'utiliser le chevauchement ou la chaîne de chevauchement il est possible d'utiliser la relation de limite supérieure pour déterminer l'existence des relations de limite supérieure moindre générale et de somme générale. Cette façon de faire est formalisée par les deux axiomes suivants.

La limite supérieure moindre générale (conditionnelle 3) :

SA21 $(\exists x)\ [x\ \tau y\ [Fy]] \supset E!\ (\sigma' x[Fx])$

Cet axiome fait intervenir l'opérateur « $z\ \tau x\ [Fx]$ » qui se lit : « z est une limite supérieure pour les x qui sont F ». SA21 signifie que si x est une limite supérieure des objets satisfaisant le prédicat F alors il existe exactement une limite supérieure moindre générale des x satisfaisant le prédicat F.

La somme générale (conditionnelle 3) :

SA22 $(\exists x)\ [x\ \tau y\ [Fy]] \supset E!\ (\sigma x[Fx])$

Cet axiome signifie que si x est une limite supérieure des objets satisfaisant le prédicat F alors il existe exactement une somme générale des x satisfaisant le prédicat F.

d. La méréologie extensionnelle générale GEM.

Nous venons de voir comment nous pouvons considérer les relations de limite supérieure moindre et de somme générale de façon conditionnelle. Ceci peut être fait en restreignant le prédicat F soit à la relation de chevauchement, soit à la relation de chaîne de chevauchement, soit à la relation de limite supérieure. Il est également possible de considérer ces relations de façon inconditionnelle. Pour cela nous devons rendre compte du cas où les objets satisfont F *quelle que soit la nature de F.* Nous le faisons à l'aide des deux axiomes suivants :

La limite supérieure moindre générale (inconditionnelle) :

SA23 $(\exists x)\,[(Fx)] \supset (\exists x)(\forall y)\,[(x < y) \equiv (\forall z)[(Fz) \supset (z < y)]]$

Cet axiome signifie que si un prédicat F est satisfait par au moins un objet, x, tout objet dont x est une partie a pour partie un objet qui satisfait le prédicat F, et inversement.
Cet axiome peut être simplifié en utilisant la définition SD8, ce qui nous donne :

SA23' $(\exists x)\,[(Fx)] \supset E!\,(\sigma' x[Fx])$

qui signifie que si un prédicat F est satisfait par au moins un objet alors il existe un unique objet qui est la limite supérieure moindre générale de tous les objets satisfaisant ce prédicat.
Cet axiome représente la limite supérieure moindre générale inconditionnelle, c'est-à-dire quel que soit le prédicat F.

La somme générale (inconditionnelle) :

SA24 $(\exists x)\,[(Fx)] \supset (\exists x)(\forall y)\,[(y \text{ o } x) \equiv (\exists z)\,[(Fz) \wedge (y \text{ o } z)]]$ GSP

Cet axiome signifie que si un prédicat F est satisfait par au moins un objet, x, alors tout objet qui chevauche x chevauche un objet satisfaisant le prédicat F et tout objet qui chevauche un objet satisfaisant le prédicat F chevauche x.
Cet axiome peut aussi être simplifié en :

SA24' $(\exists x)\,[(Fx)] \supset E!\,(\sigma x[Fx])$

qui signifie que si un prédicat F est satisfait par au moins un objet alors il existe un unique objet constitué de tous les objets satisfaisant ce prédicat.

L'axiome SA24 définit la somme générale inconditionnelle. C’est le Principe de Somme Générale (*General Sum Principle*). Ce principe est le plus puissant de la méréologie extensionnelle classique et permet de clore le système S.

La méréologie extensionnelle générale GEM est donc composée des axiomes SA1-3 + SA5 + SA24.

e. L'atomicité.

Le système S tel que nous l'avons exposé est un système complet de méréologie. Nous pouvons cependant l'enrichir. Ceci peut être fait en posant la question de l'atomisme méréologique.

L'atome est défini comme suit :

SD14 $\quad$ At x ≡ ~ (∃z) [(z << x)]

Cette définition signifie que x est un atome si et seulement si x n'a pas de partie propre.

Il y a deux possibilités pour compléter le système S à l'aide du concept d'atome selon que nous postulons ou nous l'existence d'atomes méréologiques. La décision d’accepter ou non l’existence d’atomes méréologiques est en réalité une décision extra-méréologique, une décision métaphysique. Il existe aujourd’hui un débat métaphysique portant sur l’existence ou non d’un niveau fondamental de la réalité (Bohn 2009). Ce débat met en jeu les partisans de l’existence des atomes méréologiques ou simples ontologiques, qui sont les éléments basiques, les « briques » constitutives de la réalité (Markosian 1998b ; McDaniel 2007a, 2007b ; Scala 2002), et les partisans de ce que l’on nomme la « théorie du gunk », théorie selon laquelle le monde est infiniment divisible en des parties toujours plus petites (Arntzenius 2012, pp. 102-124 ; McDaniel 2006 ; Sider 1993 ; Zimmerman 1996).
Ces deux possibilités nous donnent soit une méréologie atomique, soit une méréologie non-atomique.

Nous pouvons formaliser respectivement ces deux possibilités comme suit :

SF1 $(\forall x)(\exists y)\ [(At)y \wedge (y < x)]$

SF2 $(\forall x)(\exists y)\ [(y << x)]$

SF1 signifie que tout objet possède une partie atomique alors que SF2 signifie qu'aucun objet n'est un atome.

Il est donc possible d'inclure ces deux principes dans le système S ce qui donnera d'un coté une méréologie extensionnelle générale atomique et de l'autre une méréologie extensionnelle générale non-atomique.

f. La méréologie extensionnelle générale atomique AGEM

L'introduction de l'atomisme consiste à remplacer deux axiomes du système S par deux nouveaux axiomes introduisant le concept d'atome méréologique.

Un système atomique doit avoir les moyens d'affirmer qu'un objet est une partie d'un autre si et seulement si tous les atomes du premier sont des atomes du second. Nous pouvons symboliser ce principe de la façon suivante :

SF3 $(\forall xy)\ [(\forall z)\ [((At)z \wedge (z < x)) \supset (z < y)] \supset (x < y)]$

Ce principe signifie que si tous les atomes d'un objet x sont des parties d'un autre objet y, alors x est une partie de y.

SF3 remplace le Principe de Supplémentation Forte du système S.

Nous remplaçons ensuite le Principe de la Somme Générale par ce nouveau principe :

SF4 $(\exists x)\ [(Fx)] \supset (\exists x)(\forall y)\ [(At)y \supset ((y < x) \equiv (\exists z)\ [(Fz) \wedge (y < z))]]$

Ce principe signifie que s'il y a un prédicat F qui est satisfait par au moins un objet alors il y a un objet dont toutes les parties atomiques sont des parties d'un objet qui satisfait le prédicat F, et inversement.

SF3 et SF4 sont des versions atomiques du Principe de Supplémentation Forte et du Principe de Somme Générale. Ces deux principes suffisent à former un système S atomique.
Il est aussi possible de déduire un principe concernant l'identité de deux objets.

SF5 $(x = y) \equiv (\forall z)\ [(At)z \supset ((z < x) \equiv (z < y))]$

Ce principe signifie que deux objets sont identiques si et seulement si ils ont les mêmes parties atomiques.

g. La méréologie extensionnelle générale non atomique ĀGEM.

Considérons maintenant le système méréologique non-atomique. La notion centrale de ce système est celle de *base*. (Cette notion permettra de sauvegarder la condition d'identité de deux objets qui, voir SF5, repose sur la notion d'atomes). Posons le prédicat « F » qui va jouer le rôle de base et de formuler les deux principes suivants :

SF6 $(\forall x)(\exists y)\ [(Fy) \wedge (y < x)]$
SF7 $(\forall z)\ [(Fz) \supset ((z < x) \equiv (z < y))] \supset (x = y)$

SF6 remplace SF1 et SF7 remplace SF5 dans le sens où SF6 et SF7 sont des versions sans atomes de SF1 et SF5. Dans ces principes nous remplaçons la notion d'atome, « At », par celle de *prédicat basique* « F », ce dernier se substituant à la notion d'atome. Au lieu de poser des atomes comme briques élémentaires de la composition il est possible d'utiliser des objets tombant sous un certain prédicat basique tout en affirmant la divisibilité méréologique de ces objets, c'est-à-dire, leur non-atomicité.

Il est de plus possible d'enrichir le système en « relativisant » la notion de base à différents types d'objets. En clair, nous pouvons dire que la propriété F forme une base pour les objets de types G de telle façon que les deux principes suivants soient assurés :

SF8 $(\forall x)\ [(Gx) \supset (\exists y)\ [(Fy) \wedge (y < x)]]$

SF9 $(\forall xy)\ [((Gx) \wedge (Gy)) \supset (\forall z)\ [(Fz) \supset ((z < x) \equiv (z < y)] \supset (x = y)]$

SF8 et SF9 sont deux versions plus riches de SF6 et SF7 car en plus du prédicat basique F, elles postulent un prédicat G, c'est-à-dire elles relativisent la possession d'une base à certains types d'objets. Ces deux derniers principes ont l'avantage de nous donner de nombreuses possibilités quant aux bases et aux objets correspondant à ces bases que nous pouvons utiliser à l'intérieur du système S. Nous pouvons dire par exemple que les composants manufacturés forment une base pour les machines et que les cellules forment une base pour les organismes. Mais nous pouvons trouver d'autres exemples simplement en remplaçant F par un type de base et G par un type d'objet.

h. Résumé

Il est possible de résumer le système S en définissant les différents paliers qui le composent :

1/ La méréologie de base M

SA1	$(\forall xy)\ [(x \ll y) \supset \sim (y \ll x)]$	asymétrie
SA2	$(\forall xy)\ [((x \ll y) \wedge (y \ll z)) \supset (x \ll z)]$	transitivité

2/ La méréologie minimale MM

M +

SA3	$(\forall xy)\ [(x \ll y) \supset (\exists z)\ [(z \ll y) \wedge (z \wr x)]]$	WSP

3/ La méréologie extentionnelle EM

MM +

SA5	$(\forall xy)\ [\sim (x < y) \supset (\exists z)\ [(z < x) \wedge (z \wr y)]]$	SSP

4/ La méréologie extensionnelle générale GEM

EM +

SA24 $(\exists x)\ [(Fx)] \supset (\exists x)(\forall y)\ [(y \text{ o } x) \equiv (\exists z)\ [(Fz) \wedge (y \text{ o } z)]]$ GSP

5/ La méréologie extensionnelle générale atomique AGEM

MM +

SF3 $(\forall z)\ [((At)z \wedge (z < x)) \supset (z < y)] \supset (x < y)$ +

SF4 $(\exists x)\ [(Fx)] \supset (\exists x)(\forall y)\ [(At)y \supset ((y < x) \equiv (\exists z)\ [(Fz) \wedge (y < z))]]$

6/ La méréologie extensionnelle générale non atomique ĀGEM

MM +

SF8 $(\forall x)\ [(Gx) \supset (\exists y)\ [(Fy) \wedge (y < x)]]$ +

SF9 $(\forall xy)\ [((Gx) \wedge (Gy)) \supset (\forall z)\ [(Fz) \supset ((z < x) \equiv (z < y)] \supset (x = y)]$ +

SA24

4. La méréologie extensionnelle classique et la métaphysique

La méréologie extensionnelle classique soulève plusieurs questions spécifiques à la métaphysique contemporaine. Nous souhaitons examiner ici trois problèmes ontologiques spécifiques auxquels CEM est soumise. Le premier problème concerne le principe d'extensionnalité de la méréologie, formalisé par le principe SSP, le second concerne le principe de somme générale GSP et enfin le troisième problème vient de l'insuffisance de CEM à fournir une notion de tout intégral.

a. Le problème concernant le principe d'extensionnalité

Comme nous l'avons vu, la méréologie extensionnelle EM a pour axiome principal SSP. Cet axiome permet d'affirmer que deux objets qui possèdent exactement les mêmes parties sont identiques. Cet axiome est en adéquation avec le fameux principe du nominalisme formulé par Nelson Goodman selon lequel il n'y a pas de distinction d'entité sans différence de contenu (Goodman 1951). Pourtant cet axiome semble poser certains problèmes ontologiques et de ce fait a subi de nombreuses critiques. En effet, il semble que nous puissions trouver des contre-exemples au principe d'extensionnalité méréologique, c'est-à-dire des exemples d'objets différents qui possèdent exactement les mêmes parties propres.

L'exemple le plus connu est celui de la statue et du morceau d'argile dont elle est constituée (Gibbard 1975 ; Heller 1990 ; Rea 1997). L'histoire est la suivante :

Dans un premier temps, à t0, il existe un morceau d'argile. Puis, à t1, ce morceau d'argile est modelé en statue par un sculpteur. A ce moment, t1, il semble y avoir deux choses à la même place au même moment, le morceau d'argile et la statue. Enfin, à t2, la statue est détruite ou remodelée par le sculpteur. A ce moment, t2, la statue n'existe plus puisqu'elle a été détruite mais le morceau d'argile quant à lui existe toujours.

Cet exemple pose un problème car il contredit le principe d'extensionnalité méréologique. Au moment t1 où le morceau d'argile est modelé en statue il semble qu'il y ait deux objets qui possèdent exactement les mêmes parties et pourtant qui ne sont pas identiques, à savoir le morceau d'argile d'une part et la statue d'autre part. Ces deux objets possèdent exactement les mêmes parties propres car la statue et le morceau d'argile à partir duquel elle est formée sont tous deux composés des mêmes molécules, atomes, etc... Ils ont exactement les mêmes parties physiques. Pourtant, ils ne sont pas identiques puisqu'ils ne possèdent pas les mêmes propriétés et plus exactement les mêmes propriétés temporelles : le morceau d'argile existe avant la statue, à t1, et existe après la statue, à t2. Par converse du principe de l'identité des indiscernables, si ces deux choses ont des propriétés différentes alors elles ne sont pas identiques.

Nous avons donc ici un exemple de deux objets qui ont exactement les mêmes parties et qui ne sont pas identiques. Si tel est le cas alors le principe d'extensionnalité méréologique est faux.

Il existe néanmoins une façon de résoudre ce problème et de sauver le principe d'extensionnalité méréologique. Pour cela, il est nécessaire de faire appel aux théories de la persistance des objets à travers le temps. En métaphysique, il existe principalement deux théories rivales de la persistance des objets à travers le temps : l'endurantisme et le perdurantisme (Lewis 2007 ; Sider 2001 ; entrée sur le temps de cette encyclopédie).

Le tridimensionnalisme : un objet persiste par *endurance* si et seulement si il est *présent tout entier* à différents moments. Par exemple la bougie endure si et seulement si la bougie est elle-même présente toute entière à *t* (le matin lorsque je la pose sur l'étagère), et est aussi présente toute entière à un moment différent *t'* (dans l'après midi quand je reviens).

La notion d'être « tout entier présent » doit être comprise en comparaison avec la notion perdurantiste d'être « présent en partie », c'est-à-dire avec la notion de partie temporelle.

Le perdurantisme : un objet persiste par *perdurance* si et seulement si il a des parties temporelles à différents moments. Par exemple la bougie perdure si et seulement si la bougie a une partie temporelle à *t* (le matin lorsque je la pose sur l'étagère), et une autre partie temporelle à un moment différent *t'* (dans l'après midi quand je reviens). C'est la totalité des parties temporelles de l'objet qui forment l'objet en tant que tout.

Pour le perdurantisme, de la même façon que la bougie a des parties spatiales, c'est-à-dire qu'elle est étendue à travers l'espace, elle est étendue temporellement. Dans l'espace un objet occupe une certaine longueur, largeur et profondeur. Il est divisible en parties spatiales et l'ensemble de ces parties forment l'objet en tant que tout. De manière équivalente, le perdurantisme attribue aux objets matériels des parties temporelles.

Une des façons de sauver le principe d'extensionnalité méréologique est de faire appel à la théorie du perdurantisme. C'est la solution adoptée notamment pas Goodman (1951) et Rea (1997). Pour une autre approche, la théorie des étapes, voir Sider (2001).
Considérons de nouveau l'exemple de la statue et du morceau d'argile. Le problème est que la statue et le morceau d'argile possèdent exactement les mêmes parties mais ne sont pas identiques. Cependant, ceci est vrai uniquement si nous considérons que ces deux objets n'ont pas de parties temporelles. Si à l'inverse nous considérons qu'ils ont des parties temporelles alors ils n'ont pas les mêmes parties car le morceau d'argile possède des parties que la statue n'a pas : les parties précédant l'existence de la statue (à t1) et les parties postérieures à la destruction de la statue (à t2). Le morceau d'argile est « plus grand » temporellement que la statue. Puisqu'ils ne possèdent pas les mêmes parties alors ils ne sont pas identiques et le principe d'extensionnalité méréologique reste valide.
Un des moyens de sauver le principe d'extensionnalité méréologique est donc d'accepter la théorie du perdurantisme selon laquelle les objets persistent dans le temps en ayant des parties temporelles. Il est toutefois à noter que le perdurantisme est une théorie contestée, notamment par Thomson

(1983), Geach (1967), Haslanger (1989), Mellor (1981) ou encore Markosian (2002). Plusieurs philosophes qui refusent cette théorie au profit du tridimensionnalisme, la théorie selon laquelle les objets persistent en endurant à travers le temps, proposent alors de renoncer au principe d'extensionnalité méréologique. Voir par exemple Simons (1987) et Cotnoir (2010).

b. Le problème concernant le principe de somme générale

La méréologie extensionnelle générale GEM a pour axiome principal GSP, selon lequel s'il existe au moins un objet qui satisfait le prédicat F alors il existe un unique objet constitué de tous les objets satisfaisant ce prédicat. Cet axiome pose l'existence d'une somme non-restreinte (ou somme générale) pour tout groupe ou toute collection d'objets qui sont des F. Il faut comprendre le fonctionnement du prédicat F comme un engagement sur un domaine ontologique. En effet, une fois que nous avons défini la nature du prédicat nous avons un domaine ontologique déterminé d'objets satisfaisant ce prédicat. Par exemple, nous pouvons considérer que F est un concept sortal désignant un individu. Dans ce cas les objets qui satisfont le prédicat F sont des individus. Nous appliquons alors le principe de somme générale à tous les individus et nous pouvons affirmer que pour tous les individus il existe une somme constituée de ces individus, c'est-à-dire une somme ayant pour parties tous les individus. Ce qu'il faut comprendre est que le prédicat F n'est pas une condition de restriction de la somme générale mais qu'il permet de déterminer un domaine ontologique où la somme va s'appliquer de façon non restreinte.
La principale critique adressée à GSP est qu'il introduit en ontologie une infinité d'objets et de ce fait nous donne une ontologie beaucoup trop riche. En effet, si nous acceptons dans notre ontologie les entités telles que la Tour Eiffel, mon ordinateur et le pied droit de David Beckham alors l'axiome de somme générale implique l'existence d'une autre entité constituée de ces trois objets. L'axiome de somme générale implique, par conséquent, l'existence d'une infinité d'objets en plus de ceux que nous sommes prêts à accepter dans notre ontologie.

Cette critique de l'axiome de somme générale peut être considérée comme infondée car elle provient d'une mauvaise compréhension de la nature de la somme générale. Pour le dire simplement, la somme n'est pas un engagement ontologique supplémentaire par rapport à ses parties propres. La somme générale n'est pas une entité ontologique supplémentaire, elle n'est pas quelque chose de plus que ses parties. Cette caractéristique essentielle de la somme provient de ce que David Lewis nomme l'innocence ontologique de la méréologie. Dans *De la pluralité des mondes* Lewis dit :

> Étant donné un engagement préalable, disons, envers les chats, un engagement envers les fusions [sommes méréologiques] de chats n'est pas un engagement supplémentaire. La fusion n'est rien en plus des chats qui la composent. Elle est simplement eux. Ils sont simplement elle. Pris ensemble ou pris séparément, les chats sont la même portion de Réalité. (Lewis 2007, p. 81)

Notre seul et unique engagement ontologique se fait donc sur la caractérisation du prédicat F qui nous donne un domaine d'entités. La somme générale ne nous engage absolument pas sur de nouvelles entités. Cette innocence ontologique de la méréologie vient de la définition même de la notion de tout. La méréologie naît d'une redéfinition de la notion de classe, redéfinition qui permet d'éviter ce que Lesniewski appelle les « monstres ontologiques » que sont les classes en tant qu'entités différentes de leurs éléments et plus particulièrement les classes vides et les classes unitaires différentes de leur seul élément. La somme générale n'est quant à elle rien de plus que ses parties.

L'innocence ontologique de la méréologie n'est toutefois pas acceptée par tous les philosophes. En effet certains philosophes, comme par exemple Byeong-Uk Yi (1999), la rejettent. Cependant, si le principe de somme générale est ontologiquement innocent alors il ne nous engage pas sur de nouvelles entités et par conséquent n'implique pas un foisonnement d'objets dans l'ontologie.

c. La méréologie et la notion de tout intégral

L'innocence ontologique du principe de somme générale pose (s'il est accepté) un problème important à la méréologie car elle implique que la méréologie extensionnelle classique ne nous permet pas de définir et déterminer ce que nous appelons les touts intégraux. Les touts intégraux sont des objets qui sont quelque chose de plus que la somme de leurs parties. Cette sorte de tout a comme caractéristique une unité forte, elle n'est pas simplement une somme ou un agrégat de parties mais est véritablement une unité différente de la pluralité de ses parties composantes. Nous considérons habituellement que la réalité contient de nombreux touts de cette sorte, que ce soit les artefacts comme les ordinateurs ou les organismes vivants comme vous et moi. Un organisme vivant est une véritable unité supplémentaire par rapport à ses parties et non une simple somme méréologique ou un simple agrégat comme le sont les tas de pierres ou les tas de sable.

La méréologie extensionnelle classique permet donc uniquement de définir des agrégats à l'aide de l'axiome de somme générale. Elle ne permet pas de définir des touts plus « forts » comme les touts intégraux. Il est par conséquent nécessaire de trouver un moyen de rendre compte des touts intégraux. La principale façon d'atteindre ce but est de faire appel aux théories de la composition.

Définir une théorie de la composition revient à définir un principe ontologique qui lie des entités entre elles pour former une nouvelle entité, un tout composé de ses parties. Aujourd'hui la recherche d'une telle théorie se déroule dans un cadre précis développé par Peter van Inwagen (van Inwagen 1990). Van Inwagen a défini ce qu'il nomme la Question Spéciale de la Composition (SCQ). Les différentes théories de la composition seront des réponses à cette question. Il est possible de formuler SCQ comme suit :

La Question Spéciale de la Composition (SCQ) : Quelles sont les conditions conjointement nécessaires et suffisantes pour que plusieurs xs satisfassent le fait qu'il y ait un objet composé de ces xs ? (Markosian 1998).

Une théorie de la composition permet de déterminer, en répondant à SCQ, ce que sont les objets composés. Il faut tout d'abord noter qu'un objet composé n'est pas une somme méréologique. Un objet composé est une entité nouvelle par rapport à la somme de ses composants. Il faut donc bien distinguer la notion de composition de celle de somme méréologique. Ces deux notions peuvent être méréologiquement définies ainsi :

Les xs composent y = df (i) les xs sont tous des parties de y ; (ii) aucun des xs ne se chevauchent; (iii) toute partie de y chevauche au moins un des xs.

y est une somme des xs = df (i') les xs sont tous des parties de y, (ii') toute partie de y chevauche au moins un des xs

La notion de composition est identique à celle de somme méréologique plus la condition de non-chevauchement des xs. La composition est donc une somme méréologique dans laquelle les xs sont disjoints. Il est alors possible de reformuler la notion de composition :

y est composé des xs = df y est une somme des xs et les xs sont deux à deux disjoints (c'est à dire qu'aucune paire de xs n'a de partie en commun).

SCQ est un cadre contraignant dans lequel toute théorie de la composition doit se développer (Markosian 1998). SCQ est un cadre contraignant car elle pose une condition nécessaire que doit remplir toute théorie de la composition. Cette condition est une condition de non-circularité : une réponse à SCQ ne doit pas contenir le moindre terme méréologique. Puisque la question est posée à l'aide de la notion de composition et que cette notion est une notion analysable en termes méréologiques, une réponse qui utiliserait des termes méréologiques tomberait inévitablement dans un cercle vicieux. Une telle réponse serait, pour reprendre les termes de Markosian, une réponse triviale. Une réponse non triviale, c'est-à-dire informative, à la question spéciale de la composition peut alors prendre la forme générale suivante :

La Réponse à la Question Spéciale de la Composition (RSCQ) : Les xs composent y, c'est-à-dire chaque xs est une partie de y, aucun des xs ne se chevauchent et toute partie de y chevauche au moins un des xs si et seulement si, (…).

Où (…) est un principe de composition qui ne fait intervenir aucun concept méréologique.

Définir une théorie de la composition revient donc à formuler une réponse à SCQ. Ce sera cette théorie qui permettra de déterminer les touts intégraux que la méréologie est incapable de formuler. Les touts intégraux seront alors les entités composées c'est-à-dire les entités résultant du principe de composition.

Il existe trois types de réponses à SCQ : la composition restreinte, le nihilisme de la composition et l'universalisme de la composition.

1/ La composition restreinte : il y a des cas où les xs composent y et des cas où les xs ne composent rien.

Un principe restreint de composition est un principe suivant lequel il existe des cas de composition et des cas de non-composition. En d’autres termes il y a certains cas où des entités sont liées entres elles par un principe et composent une entité et certains cas où ces entités ne sont pas liées par un principe et donc ne composent rien. Ce principe est défendu entre autres par Peter van Inwagen (1990), Ned Markosian (1998) ou Kathrin Koslicki (2010). Il existe plusieurs théories de la composition ayant pour principe de composition la composition restreinte. Nous pouvons en donner quelques exemples :

La théorie du contact : les xs composent y si et seulement si les xs sont en contact.
Selon la théorie du contact il y a composition uniquement lorsque les entités sont en contact. Dans tous les autres cas il n'y a pas composition. Si cette théorie est vraie alors lorsque deux entités, quelles qu'elles soient, sont mises en contact, elles forment une nouvelle entité composée des deux premières. Prenons l'exemple de deux cubes d'aluminium : selon la théorie du contact, il suffit de poser ces deux cubes l'un sur l'autre pour qu'ils composent un nouvel objet.

La théorie de la fusion : les xs composent y si et seulement si les xs sont fusionnés.
Pour la théorie de la fusion il y a composition uniquement lorsque les entités sont « fusionnées ». Dans tous les autres cas, il n'y a pas composition. Nous disons que deux entités sont « fusionnées » s'il n'existe pas de frontière discernable entre ces deux objets. La ligne de contact entre deux objets fusionnés disparaît et nous nous retrouvons face à un seul objet d'apparence homogène. Reprenons l'exemple des deux cubes d'aluminium : selon la théorie de la fusion, pour que ces deux cubes composent un nouvel objet nous devons par exemple faire fondre une partie de chaque cube puis les assembler. Dans ce cas il n'y aura plus de frontière entre les deux cubes : nous disons que ces deux cubes sont « fusionnés ».

La Composition Restreinte (Koslicki) : Certains objets, *m1*, …, *mn*, composent un objet, *O*, d'une sorte K, uniquement dans le cas où *m1*, …, *mn*, satisfont les contraintes dictées par certains composants formels *tout court*, *f1*, …, *fn*, associés avec les objets de la sorte K.

Pour Koslicki, un objet a deux types de composants, les composants formels et les composants matériels. Les composants matériels sont analogues à la matière aristotélicienne et les composants formels sont analogues à la forme aristotélicienne, même si Koslicki se place dans un cadre non-téléologique. Les composants formels sont par conséquent ce qui individualise la matière pour former des unités spécifiques. La réponse de Koslicki à SCQ peut être résumée ainsi : pour qu'il y ait composition d'un objet d'une certaine sorte, il faut que les composants matériels de cet objet satisfassent les conditions imposées par les composants formels de cet objet. Ces conditions vont être ce qui va faire que l'objet composé est un objet d'une sorte *spécifique*. Si un objet *O* est de type K, alors il possède des composants formels associé à ce type K spécifique. *O* est alors composé des composants matériels « acceptés » par les composants formels. Cette théorie est bien un principe restreint de composition puisque les composants formels *activent ou n'activent pas* la composition d'un objet.

L'organicisme : les xs composent y si et seulement si (i) y est un organisme et l'activité des xs constitue la vie de y ou (ii) il y a seulement un xs.
Selon l'organicisme, qui est la position défendue par van Inwagen, deux objets composent un nouvel objet si et seulement si leur activité constitue la vie d'un organisme. Dans tous les autres cas ils ne composent rien. Le terme « xs » fait référence, dans la théorie de van Inwagen, aux simples ontologiques. Pour Peter van Inwagen, les simples ontologiques sont les entités sans parties propres de la science physique, à savoir : les quarks, les leptons, les gluons et les photons. Ces entités, désignées par le terme « xs », sont les particules subatomiques de la physique. Selon l'organicisme, les *xs*, c'est-à-dire les simples ontologiques, composent un nouvel objet si et seulement si cet objet est un organisme et que l'activité des simples constitue la vie de cet organisme.

Ces différentes théories de la composition restreinte nous donnent différents touts intégraux. Pour le dire simplement, selon la théorie du contact les touts intégraux sont les entités dont les parties sont en contact ; selon la théorie de la fusion les touts intégraux sont les entités dont les parties sont fusionnées ; selon la théorie de Koslicki les touts intégraux sont les entités dont les composants matériels satisfont les conditions imposées par les composants formels de ces objets ; et selon l'organicisme les touts intégraux sont les organismes vivants et les simples ontologiques.

2/ Le nihilisme de la composition : les xs composent y si et seulement si il n'y a qu'un seul xs.

Selon le nihilisme de la composition il n'existe pas de principe de composition. Cette théorie est soutenue notamment par Cian Dorr (2002), Cian Dorr et Gideon Rosen (2003), Jeffrey Grupp (2006), ou encore Ted Sider (2011, 2013). De ce fait, il n'y a pas d'entités composées mais uniquement une ou des entités sans parties propres. Selon cette théorie, les seuls touts intégraux sont donc les simples ontologiques.

3/ L'universalisme de la composition : Les xs composent toujours y.

Selon l'universalisme de la composition, toutes entités, quelles qu'elles soient, composent automatiquement une nouvelle entité. Cette théorie est défendue notamment par Mark Heller (1990), Michael Jubien (1993) et Jonathan Schaffer (2009). Cette théorie peut être considérée comme le pendant ontologique de la relation de somme méréologique non-restreinte ou générale. Tout comme il y a des sommes méréologiques de n'importe quelles entités, il y a des objets ou touts intégraux composés de n'importe quelles entités. Les partisans de cette théorie acceptent donc un nombre incalculable de touts intégraux.

Les théories de la composition permettent donc de déterminer les touts intégraux, ce que la méréologie ne permet pas de faire. Le problème sera alors de savoir laquelle de ces théories de la composition peut être considérée comme la théorie « valide » ou acceptable. Ce problème est aujourd'hui largement discuté en métaphysique mais c'est un problème qui dépasse le cadre de la méréologie.

5. Bibliographie

a. Travaux cités

Arntzenius, Frank, *Space, Time, and Stuff*, Oxford University Press, 2012.

Bittner, Thomas et Donnelly, Maureen, « A Temporal Mereology for Distinguishing Between Integral Objects and Portions of Stuff », in H. Guesgen, ed., *IJCAI-07 Workshop on Spatial and Temporal Reasoning*, 2006.

Bittner, Thomas et Donnelly, Maureen, « Summation Relations and Portions of Stuff », in *Philosophical Studies* 143, 167-185, 2009.

Bohn, Einar Duenger, « Must there be a top level », in *Philosophical Quarterly 59 (235)* : 193-201, 2009.

Brentano, Frank, *Kategorienlehre*, ed. A. Kastil, Leipzig, Meiner, 1933 ; trad. anglaise, R. Chisholm et N. Guterman, *The Theory of Categories*, La Hague, Nijhoff, 1981.

Byeong-Uk, Yi, « Is Mereology Ontologically Innocent ? », *Philosophical Studies : An International Journal for Philosophy in the Analytic Tradition*, Vol. 93, No 2, 141-160, 1999.

Cotnoir, Aaron. J., « Anti-Symmetry and Non-Extensional Mereology », Philosophical Quarterly, 60: 396–405, 2010.

Cotnoir, Aaron. J., et Bacon, Andrew, « Non-Wellfounded Mereology », *Review of Symbolic Logic*, 5: 187–204, 2012.

Dorr, Cian, *The Simplicity of Everything*. Ph.D. Thesis, Princeton University, 2002.

Dorr, Cian et Rosen Gideon, « Composition as a Fiction », *The Blackwell Guide to Metaphysics*, ed. Richard M. Gale, Oxford : Blackwell, 2003.

Eberle, Rolf, *Nominalistic Systems*, Dordrecht : Reidel, 1970.

Frege, Gottlob, *Die Grundlagen der Arithmetik. Eine logisch-mathematische Untersuchung über den Begriff der Zahl,* Breslau, W. Koebner, 1884 ; trad. Claude Imbert in *Les fondements de l'arithmétique*, L'ordre philosophique, Paris, Seuil, 1969.

Geach, Peter, « Identity », in *Review of Metaphysics* 21, 3–12, 1967.

Gibbard, Allan, « Contingent Identity », *Journal of Philosophical Logic*, 4: 2, 1975.

Goodman, Nelson, *The Structure of Appearance*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1951

Goodman, Nelson et Leonard, Henry, « The calculus of individuals and its uses », *in The Journal of Symbolic Logic*, Vol 5, Numéro 2, pp. 45-55, 1940.

Grupp, Jeffrey, « Mereological nihilism : quantum atomism and the impossibility of material constitution », *Axiomathes*, pp. 245-386, 2006.

Haslanger, Sally, « Endurance and Temporary Intrinsics », in *Analysis* 49, 119–25, 1989.

Heller, Mark, *The ontology of physical objects : Four-dimensionalism hunks of matter*, Cambridge University Press, 1990.

Henry, Desdemond Paul, *Medieval Mereology*, Amsterdam : Grüner, 1991.

Horgan, Terence et Matjaž, Potrč, *Austere Realism: Contextual Semantics Meets Minimal Ontology*. Cambridge MA : MIT Press, 2008.

Hovda, Paul, « Tensed Mereology », Journal of Philosopical Logic, 42: 241–283, 2013.

Husserl, Edmund, *Recherches Logiques, Tome 2. Recherche pour la phénoménologie et la théorie de la connaissance, vol 2*, trad. H. Elie, A. L. Kelkel et R. Schérer, PUF, coll. Epimethée, Paris, 2011.

Jubien, Michael : *Ontology, Modality, and the Fallacy of Reference*, Cambridge University Press, 1993.

Koslicki, Kathrin, *The structure of objects*, Oxford University Press, 2010.

Kriegel, Uriah, « Brentano's Mereology », Forthcoming in U. Kriegel (ed.), *Routledge Handbook of Brentano and the Brentano School*.

Lesniewski, Stanislaw : *Sur les fondements de la mathématique. Fragments (Discussions préalables, méréologie, ontologie)*, trad. G. Kalinowski, préf. D. Miéville, Hermès, 1989.

Lesniewski, Stanislaw, « Foundations of the General Theory of Sets. I » (1916), trad. anglaies D. I. Barnett in *Lesniewski, Stanislaw, Collected Works, vol. 1*, ed. S. J. Surma et al., Polish Scientific

Publishers-Kluwer, coll. Nijhoff International Philosophy Series, Dordrecht, pp. 129-173, 1992.

Lesniewski, Stanislaw, « On "Foundations of the General Theory of Sets. I." » (1928), trad. anglaise D. I. Barnett in *Lesniewski, Stanislaw, Collected Works, vol. 1*, ed. S. J. Surma et al., Polish Scientific Publishers-Kluwer, coll. Nijhoff International Philosophy Series, Dordrecht, pp. 227-263, 1992.

Lesniewski, Stanislaw, « The axiomatization of the "General Theory of Sets" from the year 1918 » (1930 a), trad. anglaise D. I. Barnett in *Lesniewski, Stanislaw, Collected Works, vol. 1*, ed. S. J. Surma et al., Polish Scientific Publishers-Kluwer, coll. Nijhoff International Philosophy Series, Dordrecht, pp. 315-320, 1992.

Lesniewski, Stanislaw, « The axiomatization of the "General Theory of Sets" from the year 1920 » (1930b), trad. anglaise D. I. Barnett in *Lesniewski, Stanislaw, Collected Works, vol. 1*, éd. S. J. Surma et al., Polish Scientific Publishers-Kluwer, coll. Nijhoff International Philosophy Series, Dordrecht, pp. 321-327, 1992.

Lewis, David, *De la pluralité des mondes*, Éditions de l'Eclat, 2007.

Markosian, Ned, « Brutal Composition », in *Philosophical Studies* 92, pp. 211-249, 1998a.

Markosian, Ned, « Simples », in *Australasian Journal of Philosophy* 76**,** pp. 213-226, 1998b.

Markosian, Ned, « Time », in *the Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2002.

McDaniel, Kris: « Gunky Objects in a Simple World », in *Philo* Volume 9, Issue 1, Spring/Summer 2006.

McDaniel, Kris, « Brutal Simples », in *Oxford Studies in Metaphysics*, 2007a.

McDaniel, Kris, « Extended Simples », in *Philos Stud* 133, 131-141, 2007b.

Mellor, Hugh, *Real Time*, Cambridge University Press, 1981.

Merricks, Trenton, *Objects and Persons*, Oxford, UK, Clarendon Press, 2001.

Miéville, Denis, *Introduction à l'œuvre de S. Lesniewski. Fascicule I : la protothétique*, Travaux de logique, Centre de Recherches Sémiologiques, Neuchâtel, 2001.

Miéville, Denis, *Introduction à l'œuvre de S. Lesniewski. Fascicule II : l'ontologie*, Travaux de logique, Centre de Recherches Sémiologiques, Neuchâtel, 2004.

Rea, Michael, *Material Constitution*, Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 1997.

Rea, Michael, « In Defense of Mereological Universalism », in *Philosophy and Phenomenological Research* 58, 347-60, 1998.

Russell, Bertrand, *Principles of Mathematics*, London, Allen et Unwin, 1903.

Scala, Mark, « Homogeneous Simples », in *Philosophy and Phenomenological Research 64*: 393-397, 2002.

Schaffer, Jonathan, « Spacetime the one substance », in *Philosophical Studies* 145.1, 131-48, 2009.

Schaffer, Jonathan, « Monism : The Priority of the Whole », in *Philosophical Review* 119.1, 2010.
Sider, Theodore, « Van Inwagen and the Possibility of Gunk », in *Analysis* 53**,** pp. 285-289, 1993.
Sider, Theodore, *Four-Dimensionalism*, *An ontology of persistence and time*, Oxford: Oxford University Press, 2001.
Sider, Theodore, *Writing the Book of the World*, Oxford University Press, 2011.
Sider, Theodore, « Against Parthood », Forthcoming in Karen Bennett and DeanW. Zimmerman, eds., *Oxford Studies in Metaphysics*, volume 8 Oxford: OUP, 2013.
Simons, Peter, *Parts a study in ontology*, Oxford University Press, 1987.
Thomson, Judith Jarvis, « Parthood and Identity Across Time », in *Journal of Philosophy*, 80, 201–20, 1983.
Van Inwagen Peter, *Material Beings*, Cornell University Press, 1990.
Varzi, Achille, « Parts, Wholes, and Part-Whole Relations : The Prospects of Mereotopology », in *Data and Knowledge Engineering*, 20:3, 259-86, 1996.
Whitehead, Alfred North, « La Théorie Relationiste de l'Espace », in *Revue de Métaphysique et de Morale 23* : 423-454, 1916.
Wiggins, David, « On Being in the Same Place at the Same Time », in Philosophical Review, 77(1), 90-95, 1968.
Zimmerman, Dean, « Could Extended Objects Be Made Out of Simple Parts? An Argument for "Atomless Gunk" », in *Philosophy and Phenomenological Research* 56 (1), 1-29, 1996.

b. Autres travaux

Baumgartner, W. et Simons, Peter, « Brentano'sMereology », Axiomathes, 1, pp. 55-76, 1994.
Casati, Roberto et Varzi, Achille, *Parts and Places: The Structures of Spatial Representation*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1999.
Chisholm, Roderick, « Parts as Essential to Their Wholes », in *Review of Metaphysics* 26, 581–603, 1973.
Fine, Kit, « Compounds and Aggregates », in *Noûs* 28, 137–58, 1994.
Fine, Kit., « Part-Whole », in *The Cambridge Companion to Husserl*, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
Gessler, Nadine, *Introduction à l'œuvre de S. Lesniewski. Fascicule III : la méréologie*, Travaux de logique, Centre de Recherches Sémiologiques, Neuchâtel, 2005.
Gessler, Nadine et Miéville, Denis, « Lesniewski, lecteur des *Principia Mathematica*. Ou l'émergence d'une logique maximale. », in *Autour des Principia Mathematica de Russell et*

Whitehead, Editions Universitaires de Dijon, Dijon, 2012.
Lesniewski, Stanislaw, « Is the class of classes not subordinated to themselves, subordinated to itself? » (1914), trad. anglaise D. I. Barnett *in Lesniewski, Stanislaw, Collected Works*, vol. 1, ed. S. J. Surma *et al.*, Polish Scientific Publishers-Kluwer, coll. Nijhoff International Philosophy Series, Dordrecht, pp. 115-128, 1992.
Lewis, David, *Parts of Classes*, Oxford : Basil Blackwell, 1991.
Luschei, Eugene. C., *The Logical Systems of Lesniewski*, North-Holland, Amsterdam, 1962.
Markosian, Ned, « Restricted Composition », *in* John Hawthorne, Theodore Sider, and Dean Zimmerman (eds.), *Contemporary Debates in Metaphysics* (Basil Blackwell), pp. 341-363, 2008.
Oaklander, L. Nathan, *The Ontology of Time*, *Studies in Analytic Philosophy*, Quentin Smith, Series Editor, 2004.
Rea, Michael, *Material Constitution*, Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 1997.
Rescher, Nicholas, « Axioms for the Part Relation », in *Philosophical Studies* 6, 8–11, 1955.
Schaffer, Jonathan, « Monism : The Priority of the Whole », in *Philosophical Review* 119.1, 2010.
Smith, Barry, *Parts and Moments : Studies in Logic and Formal Ontology*, Philosophia, Munich, 1982.
Sobocinski, Boleslaw, « Atomistic Mereology », Notre Dame Journal of Formal Logic, 12: 89–103 et 203–213, 1971.
Thomson, Judith Jarvis, « Parthood and Identity Across Time », in *Journal of Philosophy*, 80, 201–20, 1983.
Unger, Peter, « The Problem of the Many », in *Midwest Studies in Philosophy*, vol. 5, pp. 411-467, 1980.
Varzi, Achille, « Basic Problems for Mereotopology », in Nicola Guarino (ed.), *Formal Ontology in Information Systems*, Amsterdam, IOS Press, pp. 29-38, 1998.
Varzi, Achille, « Mereological Commitments », in *Dialectica*, 54:4, 283-305, 2000.
Varzi, Achille, « Spatial Reasoning and Ontology: Parts, Wholes, and Locations », in Marco Aiello, Ian E. Pratt-Hartmann, and Johan van Benthem (eds.), *Handbook of Spatial Logics*, Berlin, Springer-Verlag, pp. 945-1038, 2007.
Varzi, Achille, « The Extensionality of Parthood and Composition », in *The Philosophical Quarterly* 58, 2008.
Vernant, Denis, « Sur les fondements de la mathématiques de Stanislaw Lesniewski », in *Mélanges offerts à Paul Gochet,* F.Beets & E.Gillet éds., Bruxelles, Ousia, 2000.

Wolenski, Jan, *L'école de Lvov-Varsovie, Philosophie et logique en Pologne (1895-1939)*, VRIN,

2011.