



Comment prendre en compte la sémantique lexicale dans une grammaire catégorielle?

Christian Retoré
(Université de Bordeaux, LaBRI & INRIA)

Exposé au Laboratoire Parole et Langage

Aix-en-Provence, mercredi 19 janvier 2011, 15h



Table des matières

I	Aspects lexicaux de la sémantique compositionnelle	3
II	Le versant compositionnel : sémantique de Montague	7
III	Extension du système de types	17
IV	Les facettes dans un lexique catégoriel	23
V	Comptage, quantification et individuation	39
VI	Critiques et amélioration linéaire	43
VII	Conclusion	48



Première partie

Aspects lexicaux de la sémantique compositionnelle



1. Glissement de sens, facettes

- Qualia
 - *Une cigarette rapide* (télique)
 - *Un article engagé* (agentif)
- Dot Objects, Facettes (terminologie de J. Jayez)
 - *Un livre intéressant* (I)
 - *Un livre volumineux* (φ)

Pour que le prédicat associé à «*aimer*» soit plus qu'une simple constante indépendante «*aimer* : $e \rightarrow e \rightarrow t$ » mais qu'il soit inséré dans un tissu de relations entre lexèmes «*amour, passion, amitié, désir, apprécier, manger,...*».



2. Prédication sur une des facettes

- (1) Un livre lourd.
- (2) Un livre intéressant.
- (3) Un dîner a duré des heures.
- (4) Le dîner est délicieux.
- (5) Marseille bat parfois Bordeaux.
- (6) Marseille est un grand port.
- (7) Washington borde le Potomac.
- (8) Washington envoie des troupes en Afghanistan.
- (9) Un délicieux saumon.
- (10) Un saumon rapide.



3. Coprédication sur plusieurs facettes

La prédication simultanée sur plusieurs facettes est plus ou moins heureuse :

- (11) Un livre lourd mais intéressant.
- (12) Une ville portuaire et cosmopolite.
- (13) Le dîner était délicieux mais a duré des heures.
- (14) ? Un saumon rapide mais délicieux.
- (15) ? Marseille est un grand port et bat parfois Bordeaux.
- (16) ? Washington borde le Potomac et envoie des troupes en Afghanistan.



Deuxième partie

Le versant compositionnel :
sémantique de Montague



4. Sémantique de Montague. Types.

Entités : e Valeurs de vérité : t .

$$\text{types} ::= e \mid t \mid \text{types} \rightarrow \text{types}$$

Termes :

- pour chaque type U on se donne une infinité dénombrable de variables et de constantes de type U
- une variable ou une constante x de type U est un terme de type U
- si t est un terme de type $U \rightarrow V$ et u un terme de type U alors $(t(u))$ est un terme de type V
- si x est une variable de type U et t un terme de type V alors $\lambda x. t$ est une terme de type $U \rightarrow V$.



5. Sémantique de Montague : syntaxe et sémantique.

(Type syntaxique)* = Type sémantique

$S^* = t$ une phrase est une proposition

$np^* = e$ un groupe nominal est une entité

$n^* = e \rightarrow t$ un nom commun est une partie des entités

$(A \setminus B)^* = (B/A)^* = A \rightarrow B$ s'étend à toutes les catégories d'une grammaire catégorielle



6. Des constantes pour les opérations logiques

Constant	Type
\exists	$(e \rightarrow t) \rightarrow t$
\forall	$(e \rightarrow t) \rightarrow t$
\wedge	$t \rightarrow (t \rightarrow t)$
\vee	$t \rightarrow (t \rightarrow t)$
\supset	$t \rightarrow (t \rightarrow t)$



7. Des constantes pour les prédicats du langage

La dénotation des mots requiert des prédicats :

<i>aime</i>	$\lambda x \lambda y (\text{aime } y) x$	$x : e, y : e, \text{aime} : e \rightarrow (e \rightarrow t)$
« aime » est un prédicat binaire		
<i>Garance</i>	$\lambda P (P \text{ Garance})$	$P : e \rightarrow t, \text{Garance} : e$
« Garance » est décrite comme les propriétés de « Garance »		



8. Calcul de la forme logique : recette

1. Insérer sur les feuilles de l'arbre syntaxique les λ -termes fournis par le lexique, en respectant les applications.
2. Réduire le λ -terme de type t : c'est la forme logique de l'énoncé analysé.

9. Exemple de calcul de forme logique

word	type sémantique u^* semantics : λ-terme de type u^* <i>x_v la variable ou constante x est de type v</i>
certain	$(e \rightarrow t) \rightarrow ((e \rightarrow t) \rightarrow t)$ $\lambda P_{e \rightarrow t} \lambda Q_{e \rightarrow t} (\exists_{(e \rightarrow t) \rightarrow t} (\lambda x_e (\wedge_{t \rightarrow (t \rightarrow t)} (P x)(Q x)))$
énoncés	$e \rightarrow t$ $\lambda x_e (\text{statement}_{e \rightarrow t} x)$
parlent_de	$e \rightarrow (e \rightarrow t)$ $\lambda y_e \lambda x_e ((\text{speak_about}_{e \rightarrow (e \rightarrow t)} x)y)$
eux-mêmes	$(e \rightarrow (e \rightarrow t)) \rightarrow (e \rightarrow t)$ $\lambda P_{e \rightarrow (e \rightarrow t)} \lambda x_e ((P x)x)$



10. Exemple de structure syntaxique

La syntaxe fournit un λ -terme de ce genre :

((some statements) (themselves speak_about))

de type $S^* = t$

11. Calcul...

$$\begin{aligned} & \left(\left(\lambda P_{e \rightarrow t} \lambda Q_{e \rightarrow t} (\exists_{(e \rightarrow t) \rightarrow t} (\lambda x_e (\wedge (P x) (Q x)))) \right) \right. \\ & \quad \left. (\lambda x_e (\text{statement}_{e \rightarrow t} x)) \right) \\ & \quad \left(\left(\lambda P_{e \rightarrow (e \rightarrow t)} \lambda x_e ((P x)x) \right) \right. \\ & \quad \left. (\lambda y_e \lambda x_e ((\text{speak_about}_{e \rightarrow (e \rightarrow t)} x)y)) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \quad \downarrow \beta \\ & (\lambda Q_{e \rightarrow t} (\exists_{(e \rightarrow t) \rightarrow t} (\lambda x_e (\wedge_{t \rightarrow (t \rightarrow t)} (\text{statement}_{e \rightarrow t} x) (Q x)))) \\ & \quad (\lambda x_e ((\text{speak_about}_{e \rightarrow (e \rightarrow t)} x)x)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \quad \downarrow \beta \\ & (\exists_{(e \rightarrow t) \rightarrow t} (\lambda x_e (\wedge (\text{statement}_{e \rightarrow t} x) ((\text{speak_about}_{e \rightarrow (e \rightarrow t)} x)x))) \end{aligned}$$



12. Résultat

Sous une forme plus agréable :

$$\exists x : e (\text{statement}(x) \wedge \text{speaks_about}(x, x))$$

Un peu trop simple, non ?



Troisième partie

Extension du système de types



13. Extensions : une logique multisorte, TY_n

Le type e des entités est divisé en plusieurs sortes :

TY_n extension sans surprise,

il s'agit d'une ontologie plate : événements, objets, concepts,

mais comme le seul connecteur est \rightarrow , les réunions et intersections posent des problèmes (surmontables).



14. Extension : types du second ordre (Système F, Girard)

Variables de type et quantification sur les type.

- Types de base : constantes e and t , ainsi que des variables de type α in P .
- Quand T est un type et α une variable de type variable présente ou non dans T , $\Lambda\alpha. T$ est un type.
- Quand T_1 et T_2 sont des types, $T_1 \rightarrow T_2$ est aussi un type.



15. Extension : termes du second ordre (Système F, Girard)

- « $t : U$ » signifie « t est un terme de type U »
- Une variable ou une constante de type T c.-à-d. $x : T$ or x^T est un *terme* de type T .
 - On dispose d'une infinité de variables de chaque type.
 - $(f \tau)$ est un terme de type U quand $\tau : T$ et $f : T \rightarrow U$.
 - $\lambda x^T. \tau$ est un terme de type $T \rightarrow U$ quand $x : T$ et $\tau : U$.
 - $\tau\{U\}$ est un terme de type $T[U/\alpha]$ quand $\tau : \Lambda\alpha. T$ et U est un type.
 - $\Lambda\alpha. \tau$ est un terme de type $\Lambda\alpha. T$ quand α est une variable de type et $\tau : T$ est un terme sans variable libre de type α .



16. Extension : β -réduction au second ordre.

La réduction est définie comme suit :

- $(\Lambda\alpha.\tau)\{U\}$ se réduit en $\tau[U/\alpha]$
(α et U sont des **types**).
- $(\lambda x.\tau)u$ se réduit en $\tau[u/x]$ (réduction habituelle).

Lorsque les constantes décrivent un langage logique, les λ -termes clos et normaux de type t correspondent à des formules logiques.



17. Exemple du second ordre : la coordination

Étant donnés deux prédicats $P^{\alpha \rightarrow t}$ et $Q^{\beta \rightarrow t}$

sur des sortes respectives α et β

quand on a deux modifications de ξ vers α et vers β

on peut coordonner des objets de type ξ :

$\Lambda \xi \lambda x^\xi \lambda f^{\xi \rightarrow \alpha} \lambda g^{\xi \rightarrow \beta} . (\text{and } (P (f x))(Q (g x)))$

On peut même le faire pour tous les prédicats P, Q et les

types α, β auxquels ils s'appliquent :

$\Lambda \alpha \Lambda \beta \lambda P^{\alpha \rightarrow t} \lambda Q^{\beta \rightarrow t} \Lambda \xi \lambda x^\xi \lambda f^{\xi \rightarrow \alpha} \lambda g^{\xi \rightarrow \beta} . (\text{and } (P (f x))(Q (g x)))$



Quatrième partie
Les facettes
dans un lexique catégoriel



18. Notre organisation du lexique

- Rester dans un cadre montagovien et compositionnel (mais sans modèles)
- Autoriser la tête et ses complément à contribuer au sens d'un composé.
- Intégration possible dans la sémantique discursive (λ -DRT).

On propose un système basé sur des *modifications optionnelles*.



19. Les types

- Composition montagovienne : type et ordre des arguments.
- Hiérarchie de concepts issue du lexique génératif.
 - Des types différents pour les différentes facettes du sens.
 - Une sorte d'ontologie décrit les relations de spécialisation.

Type du second ordre, système F, pour les modifications sur des types génériques :

$$\Lambda \alpha \lambda x^A y^\alpha f^{\alpha \rightarrow R}. ((\text{read}^{A \rightarrow R \rightarrow t} x) (f y))$$



20. Les termes : le terme principal, standard

- Un λ -terme standard est rattaché au sens principal.
 - Pour la structure logique et compositionnelle.
 - Contient le typage, sa sous catégorisation.
 - Inclut des créneaux pour les modifications optionnelles
 $\Lambda\alpha\beta\lambda x^\alpha y^\beta f^{\alpha \rightarrow A} g^{\beta \rightarrow F} . ((\text{eat}^{A \rightarrow F \rightarrow t} (f x)) (g y))$
 - Ce peut aussi être une simple constante Paris^T



21. Les termes : modifications optionnelles

- Chacun est une fonction à un argument.
- Utilisée ou non pour adapter prédicat et argument.
- Avec une contrainte : *rigide*, \emptyset

$$- \left(\frac{Id^{F \rightarrow F}}{\emptyset}, \frac{f_{grind}^{Living \rightarrow F}}{rigid} \right)$$

$$- \left(\frac{Id^{T \rightarrow T}}{\emptyset}, \frac{f_L^{T \rightarrow L}}{\emptyset}, \frac{f_P^{T \rightarrow P}}{\emptyset}, \frac{f_G^{T \rightarrow G}}{rigid} \right)$$



22. Une entre lexicale complète

Chaque lexème se trouve associé à n -uplet de ce genre :

$$\left(\text{Paris}^T, \frac{\lambda_x^T \cdot x^T}{\emptyset}, \frac{\lambda_x^T \cdot (f_L^{T \rightarrow L} x)}{\emptyset}, \frac{\lambda_x^T \cdot (f_P^{T \rightarrow P} x)}{\emptyset}, \frac{\lambda_x^T \cdot (f_G^{T \rightarrow G} x)}{\text{rigid}} \right)$$



23. Utilisation RIGIDE (et non flexible) des modifications optionnelles

Conflit de type : $(\lambda x^V. (P^{V \rightarrow W} x)) \tau^U$

$$(\lambda x^V. (P^{V \rightarrow W} x)) (f^{U \rightarrow V} \tau^U)$$

f : modification optionnelle associée à P ou à τ

f est appliquée une fois à l'argument and non à chacune des occurrences de x du corps de la fonction.

Une conjonction donne

$(\lambda x^V. (\wedge (P^{V \rightarrow W} x) (Q^{V \rightarrow W} x)) (f^{U \rightarrow V} \tau^U))$: l'argument est uniformément transformé.

Le second ordre n'est pas utilisé, le type V de l'argument est connu et reste le même pour toutes les occurrences de x .



24. Utilisation FLEXIBLE (et non rigide) des modifications optionnelles

$(\lambda x^?. (\dots (P^{A \rightarrow X} x^?) \dots (Q^{B \rightarrow Y} x^?) \dots)) \tau^U :$
conflits de types [Montague : ? = $A = B$ e.g. $e \rightarrow t$]

$(\Lambda \xi . \lambda f^{\xi \rightarrow A} . \lambda g^{\xi \rightarrow B} . (\dots (P^{A \rightarrow X} (f x^\xi)) \dots (Q^{B \rightarrow Y} (g x^\xi)) \dots))$
 $\{U\} f^{U \rightarrow A} g^{U \rightarrow B} \tau^U$

f, g : modifications optionnelles associées à P ou à τ .

Pour toute occurrence de x : types A, B, \dots et fonctions f, g, \dots possiblement différents pour chaque occurrence.



25. Le système F à l'œuvre dans la flexibilité

Typage du second ordre :

- 1) anticipe le type encore inconnu de l'argument
- 2) factorise les types différents des fonctions pour les différentes occurrences de l'argument.

Le type $\{U\}$ et les modifications associées f sont inférés du terme usuel $(\lambda x^V. (P^{V \rightarrow W} x))\tau^U$.



26. Le comportement standard est conservé
(ouf!)

ϕ : objets physiques

petite pierre

$$\overbrace{(\lambda x^\phi. (\text{small}^{\phi \rightarrow \phi} x))}^{\text{small}} \overbrace{\tau^\phi}^{\text{stone}}$$

$$(\text{small } \tau)^\phi$$



27. Accès aux qualia

un sourire songeur et aimant

$$\begin{array}{l} \text{wondering, loving} \\ \overbrace{(\lambda x^P. (\text{and}^{t \rightarrow (t \rightarrow t)} (\text{wondering}^{P \rightarrow t} x) (\text{loving}^{P \rightarrow t} x)))} \\ (\lambda x^P. (\text{and}^{t \rightarrow (t \rightarrow t)} (\text{wondering}^{P \rightarrow t} x) (\text{loving}^{P \rightarrow t} x))) (\overbrace{f_a^{S \rightarrow P} \tau^S}^{\text{smile}}) \\ (\text{and} (\text{loving} (f_a \tau)) (\text{loving} (f_a \tau))) \end{array}$$



28. Facettes (dot-objects) : coprédications incorrectes

La condition de rigidité bloque les coprédications $f_g^{Fs \rightarrow Fd}$ et ne peut être utilisée comme modification **rigide** dans :

(??) *The thon que nous avons mangé hier était vif comme l'éclair et délicieux.*

Une description plus fine devrait prendre en considération la structure syntaxique (propositions relatives, complétives,...), mais aussi le temps, l'aspect,...



29. Facettes : coprédications correctes.

Exemple 1/3

V ville L lieu P personnes
 $f_p^{V \rightarrow P}$ $f_l^{V \rightarrow L}$ C^V Copenhague

Copenhague est un port et une capitale cosmopolite.



30. Facettes, coprédication correctes.

Exemple 2/3

Conjonction de $\text{cospl}^{P \rightarrow t}$, $\text{cap}^{V \rightarrow t}$ et $\text{port}^{L \rightarrow t}$, on C^V

Si $V = P = L = e$, (Montague)

$(\lambda x^e (\text{and}^{t \rightarrow (t \rightarrow t)} ((\text{and}^{t \rightarrow (t \rightarrow t)} (\text{cospl } x) (\text{cap } x)) (\text{port } x)))) C.$

Ici on a un *ET* entre trois prédicats portant sur des sortes différentes $P^{\alpha \rightarrow t}$, $Q^{\beta \rightarrow t}$, $R^{\gamma \rightarrow t}$

$\Lambda \alpha \Lambda \beta \Lambda \gamma$

$\lambda P^{\alpha \rightarrow t} \lambda Q^{\beta \rightarrow t} \lambda R^{\gamma \rightarrow t}$

$\Lambda \xi \lambda x^\xi$

$\lambda f^{\xi \rightarrow \alpha} \lambda g^{\xi \rightarrow \beta} \lambda h^{\xi \rightarrow \gamma}.$

$(\text{and}(\text{and}(P(f x))(Q(g x)))(R(h x)))$

f , g et h transforment x dans des types **différents**.

31. Facettes, coprédication correctes.

Exemple 3/3

ET appliqué à P, V, L avec $\text{cospl}^{P \rightarrow t}, \text{cap}^{V \rightarrow t}, \text{port}^{L \rightarrow t}$
donne :

$$\Lambda \xi \lambda x \xi \lambda f \xi \rightarrow \alpha \lambda g \xi \rightarrow \beta \lambda h \xi \rightarrow \gamma.$$

$$(\text{and}(\text{and}(\text{cospl}^{P \rightarrow t}(f_p x))(\text{cap}^{V \rightarrow t}(f_t x)))(\text{port}^{L \rightarrow t}(f_l x)))$$

On peut maintenant appliquer ce terme au type V et aux modifications fournies par le lexique. Comme $\text{cap}^{V \rightarrow t}$ ne pose aucun problème on utilise l'identité $\text{id}^{V \rightarrow V}$. Pour L et P on utilise les modifications correspondantes, f_p et f_l .

$$(\text{and}^{t \rightarrow (t \rightarrow t)})$$

$$(\text{and}^{t \rightarrow (t \rightarrow t)})$$

$$(\text{cospl}(f_p C^V)^P)^t (\text{cap}(\text{id } C^V)^V)^t (\text{port}(f_l C^V)^L)^t)^t$$



32. Résumé des principes de notre modèle

Compositionnalité, petits et grands lambdas :

- λ du premier ordre : composition usuelle.
- Λ du second ordre : polymorphisme, souplesse.
- Créneaux : engendrent toutes les combinaisons possibles de modifications.

Langage logique

- Formules usuelles de la logique d'ordre supérieur.
- Pas de modalités.
- Pas de connecteurs linéaires.



Cinquième partie

Comptage, quantification et individuation



33. Comptage, quantification et individuation — Situation

Une étagère.

- Trois exemplaires de *Madame Bovary*.
- Deux exemplaires de *L'éducation sentimentale*.
- Les romans de Flaubert en un volume (*L'éducation sentimentale, Madame Bovary, Bouvard et Pécuchet*)
- Un volume comprenant *Trois contes : Un coeur simple, La légende de Saint-Julien, Salammbô*
- Un exemplaire de la *Correspondance* en deux volumes.



34. Comptage et Individuation — Questions

- J'ai monté tous les livres au grenier.
- En effet, je les avais déjà lus.
- Combien de livres ai-je portés ?
- Combien de livres ai-je lus ?

(Au passage, attention : *book* ≠ *livre*)



35. Comptage et Individuation — Solution

Résolu par des projections
on compte **après** les modifications appropriées,
les pronoms renvoient au groupe nominal **avant**
modification.

$$\forall \lambda x (\Rightarrow (in_biblio^{livre}(f(x)))(\&(brulé^{\phi \rightarrow t}(g(x)))(lu^{l \rightarrow t}(h(x))))))$$



Sixième partie
Critiques,
amélioration linéaire



36. Critiques

- La solution avec des produits (des couples) impose $\langle p_1(u), p_2(u) \rangle = u$ (très discutable)
- (solution d'Asher, produits fibrés) relation trop forte entre la structure du type et les modifications
- (la nôtre) aucune relation entre la structure du types et les modifications



37. Dictionnaire et univers du discours

Système conceptuel \neq lexique

Ambigüité fondamentale. Que décrit-on ?

- l'univers du discours une ontologie
- ou l'ontologie linguistique du dictionnaire

« *Une roue de ma voiture est crevée.* » peut se dire :

(17) Ma voiture est crevée.

(18) J'ai crevé.

En revanche, la langue n'autorise pas :

(19) * Ma voiture est bouchée. (carburateur ? durite ?)

(20) * Ma voiture est à plat. (batterie ?)



38. Variation linguistique

Chaque langue accède différemment aux facettes.

Ces exemples et les comparaisons entre langues montrent qu'il faut distinguer l'univers de la langue.

La langue agit comme un filtre idiosyncratique sur l'univers et notre modèle en rend compte.

Une langue crée aussi des connexions spécifiques (captiveus : cattivo, chétif — morbus : morbide, morbido) : rien n'est là pour modéliser la diachronie.



39. Alternative linéaire pour lier types et termes

Produit monoïdal « \otimes » et opérateur de duplication « $!$ »

– $A \otimes B$

– $\langle p_1(u), p_2(u) \rangle \neq u$

– sans modifications canoniques

– mais la modification est reliée à la structure du type :

$f : (A \otimes B) \multimap A$

– Internalisation des contraintes sur les modifications dans la structure même des types linéaires ;

modification rigide, irréversible type linéaire :

$A \multimap U \quad [A, A \multimap U \nVdash U \otimes A]$

modification flexible, réutilisable type linéaire :

$A \multimap B = (!A) \multimap U \quad [(!A), (!A) \multimap U \vdash U \otimes (!A)]$



Septième partie
Conclusion



40. Bilan et perspectives

Extension de la sémantique de Montague avec ces modifications de type. Une petite réalisation a été intégrée à l'analyseur syntaxique et sémantique Grail de Richard Moot par Emeric Kien (stagiaire ENS Cachan).

- Grammaire extraite du corpus arboré de Paris 7 (French Tree Bank) Le Monde
- Les relations sémantiques sont difficiles à extraire, elles ont été ajoutée à la main sur une petite partie du lexique.

Travail logique en cours : logique linéaire du premier ordre, en particulier ses modèles pour passer de $x : A$ à $A(x)$.
Les faisceaux de modèles sont une piste intéressante.



41. Références bibliographiques

- *The generative lexicon*. James Pustejovsky, MIT Press 1995.
- *The metaphysics of words in context*. Nicholas Asher, James Pustejovsky, manuscrit, 40 pages, 2001.
- *Word meaning and commonsense metaphysics*. Nicholas Asher, James Pustejovsky, manuscrit, 40 pages, 2005.
- *Lexical Meaning in Context : A Web of Words*. Nicholas Asher manuscrit, 500 pages, 2009.
- *Towards a Type-Theoretical Account of Lexical Semantics*. Christian Bassac Bruno Mery Christian Retoré Journal of Logic Language and Information, 19(2) 229-245, 2010.