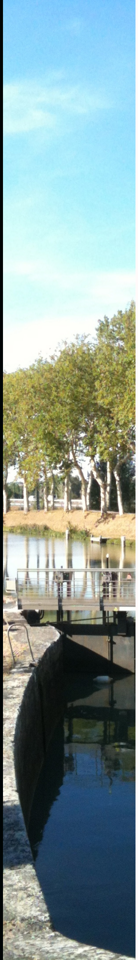
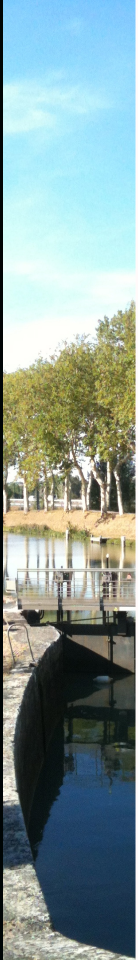


Sémantique des déterminants dans un cadre richement typé

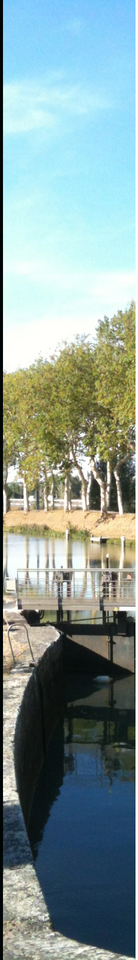
Christian Retoré

Université de Bordeaux & IRIT, Toulouse (en 2012–2013)

TALN 2013, les Sables d'Olonne



A Sémantique des déterminants



A.1. Pourquoi faire ?

Analyse syntaxique et sémantique profonde du français

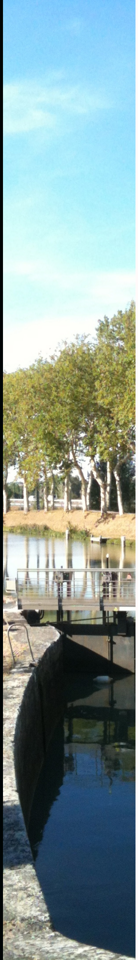
Grail (R. Moot) grammaire catégorielle acquise sur corpus,

analyse des n meilleurs étiquetages (supertagging)

Analyse syntaxique catégorielle

Analyse sémantique -formules logiques

(en pratique : λ-DRT ; dans cet exposé : λ-calcul à la Montague)



A.2. Déterminants

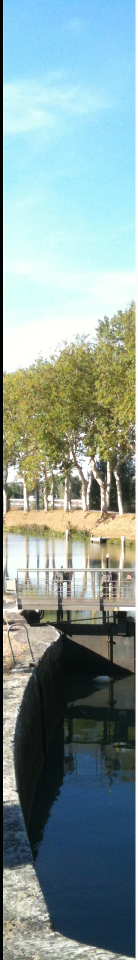
Essentiels dans la construction de la phrase.

Article indéfini :

- quantificateur généralisé
- introduit un référent de discours
- introduit une propriété dans un cadre attributif

Article défini :

- renvoie à un élément saillant
- peut introduire un référent de discours



A.3. Quelques exemples

(1) a. J'ai senti **un** animal ME TOUCHER LE PIED.

b. **Un** parent d'élève de maternelle VIENT CHERCHER SON ENFANT en état d'ébriété, l'enseignant commet-il une faute en remettant l'enfant à ce parent ?

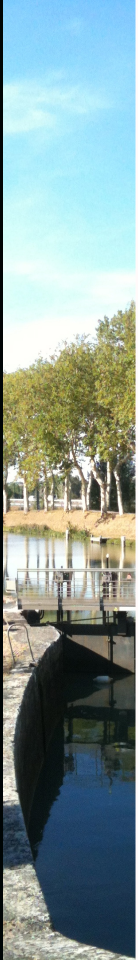
(2) a. Aujourd'hui, je me suis réveillé en sursaut parce que j'ai senti **quelque chose** ME TOUCHER LE PIED. Il s'est avéré que c'était mon autre pied.

b. Précisez si **quelqu'un** VIENT CHERCHER L'ENFANT.

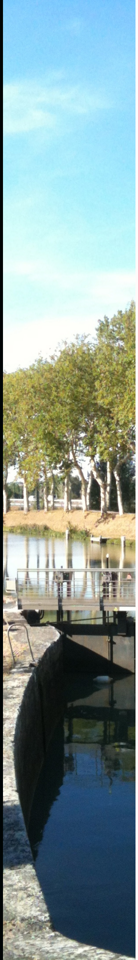
(3) a. Il y avait **une panthère sortie de la cage**. **Elle** était attachée. **L'animal** a sauté sur moi.

b. **Un homme** avait menacé la principale du collège de Monts où son fils était scolarisé. **Le parent d'élève** a été condamné hier.

(4) A la SPA si ont désire adopter **un animal** il faut donner 500F, et on a 24 Heures pour réfléchir si l'on désire **l'animal** ou non.



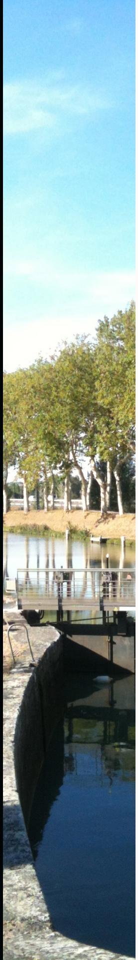
B Rappels sur (la syntaxe de) la sémantique de Montague



B.1. Attention : il y a DEUX logiques/calculs

L'une **exprime** des représentations sémantiques par des **formules** de la logique du premier order ou plus, mulisorte ou non.

L'autre **calcule, assemble** des formulas incomplètes (compositionnalité du sens) lesquelles sont des **preuves** ou λ-termes de la logique intuitionniste propositionnelle montrant que les formules sont bien formées.

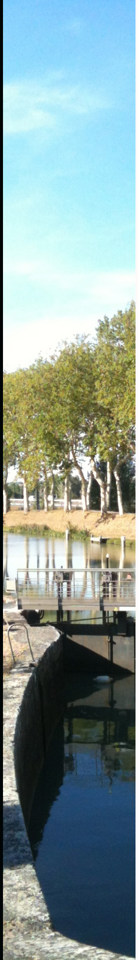


B.2. Formules en lambda calcul — connecteurs

Types de base
$\mathbf{e}$ (individus, il peut y en avoir plusieurs sortes) $\mathbf{t}$ (propositions)
constantes : connecteurs et quantificateurs
prédicats et fonctions

Constantes logiques :

- $\sim$ de type $\mathbf{t} \to \mathbf{t}$ (négation)
- $\supset, \&, +$ of type $\mathbf{t} \to (\mathbf{t} \to \mathbf{t})$
  (implication, conjonction, disjonction)
- deux constantes $\forall$ et $\exists$ de type $(\mathbf{e} \to \mathbf{t}) \to \mathbf{t}$



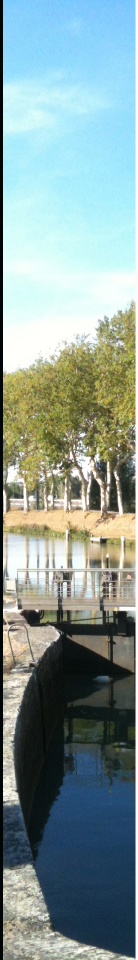
B.3. Representing formulae within lambda calculus — language constants

Constantes du lambda calcul :

– R_q de type $\mathbf{e} \rightarrow (\mathbf{e} \rightarrow (.... \rightarrow \mathbf{e} \rightarrow \mathbf{t}))$
– f_q de type $\mathbf{e} \rightarrow (\mathbf{e} \rightarrow (.... \rightarrow \mathbf{e} \rightarrow \mathbf{e}))$

Résultat facile mais important :

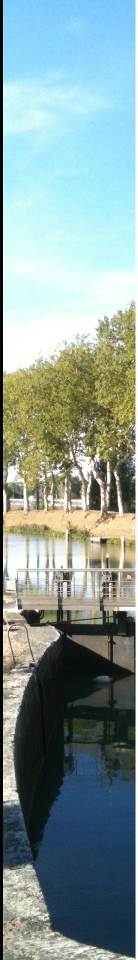
(par induction sur les λ-termes normaux et η-longs) :



B.4. Premier ingrédient : analyse syntaxique

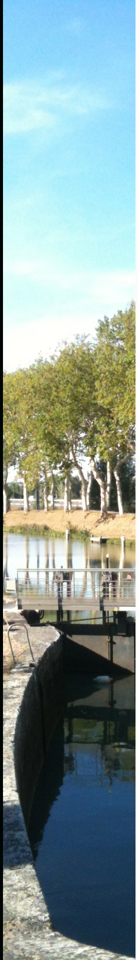
un club a_battu Leeds.

“*(un (club)) (a_battu Leeds)*” notation (*fonction*(*argument*))



B.5. Second ingrédient : lexique sémantique

Mot	***type sémantique*** u^* ***terme semantique :*** λ***-terme de type*** u^* x^v *la variable ou la constante* x *est de type* v
un	$(e \rightarrow t) \rightarrow ((e \rightarrow t) \rightarrow t)$ $\lambda P^{e \rightarrow t}\ \lambda Q^{e \rightarrow t}\ (\exists^{(e \rightarrow t) \rightarrow t}\ (\lambda x^e (\wedge^{t \rightarrow (t \rightarrow t)} (P\ x)(Q\ x))))$
club	$e \rightarrow t$ $\lambda x^e (\mathtt{club}^{e \rightarrow t}\ x)$
a_battu	$e \rightarrow (e \rightarrow t)$ $\lambda y^e\ \lambda x^e\ ((\mathtt{a\_battu}^{e \rightarrow (e \rightarrow t)}\ x) y)$
Leeds	e Leeds



B.6. Recette : transvaser, réduire

Dans “*(un (club)) (a_battu Leeds)*” remplacer chaque mot par le terme sémantique correspondant.

Réduire.

$$\Big(\big(\lambda P^{e\to t}\ \lambda Q^{e\to t}\ (\exists^{(e\to t)\to t}\ (\lambda x^{e}(\wedge(P\ x)(Q\ x)))))\big(\lambda x^{e}(\mathtt{club}^{e\to t}\ x)\big)\Big)$$

$$\Big(\big(\lambda y^{e}\ \lambda x^{e}\ ((\mathtt{a\_battu}^{e\to(e\to t)}\ x)y)\big)\ Leeds^{e}\Big)$$

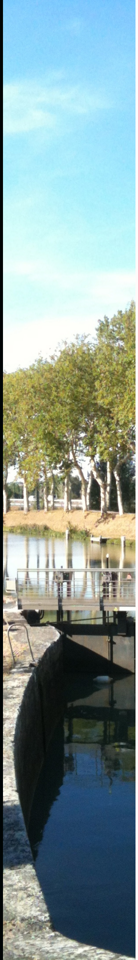
$$\downarrow\beta$$

$$\big(\lambda Q^{e\to t}\ (\exists^{(e\to t)\to t}\ (\lambda x^{e}(\wedge^{t\to(t\to t)}(\mathtt{club}^{e\to t}\ x)(Q\ x)))))\big)$$

$$\big(\lambda x^{e}\ ((\mathtt{a\_battu}^{e\to(e\to t)}\ x)Leeds^{e})\big)$$

$$\downarrow\beta$$

$$\big(\exists^{(e\to t)\to t}\ (\lambda x^{e}(\wedge(\mathtt{club}^{e\to t}\ x)((\mathtt{a\_battu}^{e\to(e\to t)}\ x)Leeds^{e})))\big)$$



B.7. Décryptage

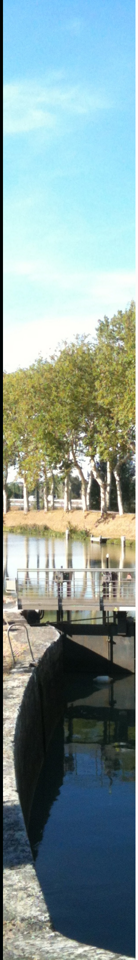
Le terme :

$$\left(\exists^{(e\to t)\to t}\ (\lambda x^e (\wedge(\mathtt{club}^{e\to t}\ x)((\mathtt{a\_battu}^{e\to(e\to t)}\ x) \mathit{Leeds}^e)))\right)$$

est de type $\mathbf{t}$ c'est la forme logique de la phrase :

$\exists x : e\ (\mathtt{club}(x)\ \wedge\ \mathtt{a\_battu}(x, \mathit{Leeds}))$.

Nous verrons ci-après que ce traitement standard de la quantification pose problème, notamment avec la sémantique lexicale.



B.8. Montague : bonne architecture / limites

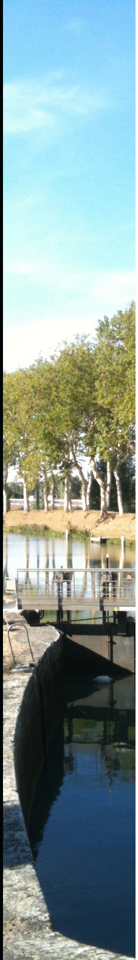
Le bon truc (Church) :

> une logique propositionnelle (preuves/λ-termes) qui construit
>
> des formules (pas des preuves) logique avec premier ordre

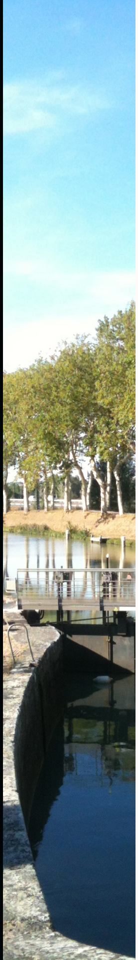
Limites : un dictionnaire dit qu'"*aboyer*" se dit d'un sujet de type "*animal*". Comment rejeter "** La chaise a aboyé.*" ?

Par un conflit de type $(f^{A \to X}(u^B))$ — on utilisera donc un système de types plus riches : de nombreux types de base, et des opérations agissant sur des ensembles des types.

Que deviennent déterminants et quantificateurs dans ce cadre ?



C Quantificateurs et déterminants



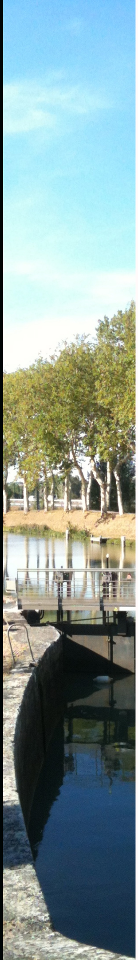
C.1. Traitement habituel

Comme dans l'exemple ci-dessus, le quantificateur s'applique au prédicat :

$$[\mathit{quelqu'un}] = \exists : (\mathbf{e} \rightarrow \mathbf{t}) \rightarrow \mathbf{t}$$

et lorsqu'il y a une restriction sur la classe de quantification : $[\mathit{un}]$

$$\lambda P^{\mathbf{e}\rightarrow\mathbf{t}} \lambda Q^{\mathbf{e}\rightarrow\mathbf{t}} (\exists \lambda x^{\mathbf{t}}. \&(P\ x)(Q\ x)) : (\mathbf{e} \rightarrow \mathbf{t}) \rightarrow (\mathbf{e} \rightarrow \mathbf{t}) \rightarrow \mathbf{t}$$



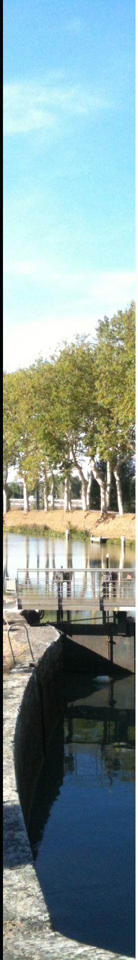
C.2. Quelques problèmes avec le traitement usuel / syntaxe

Structure syntaxique $\neq$ structure de la forme logique

(5) a. elle écoutait une chanson de lassana hawa

b. SYNT. USUELLE :
(elle (écoutait (**une** (chanson (de lassana hawa)))))

c. SEM. & CG USUELLE :
((**une** $\underline{\text{(chanson (de lassana hawa))}}$) $\underline{(\lambda x \text{ elle écoutait } x)}$)



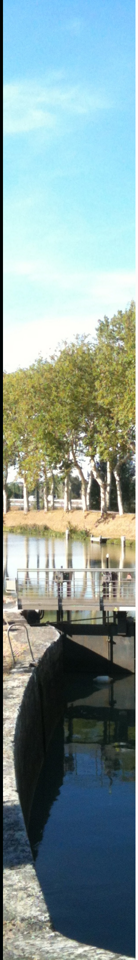
C.3. Quelques problèmes avec le traitement usuel / sens

On devrait pouvoir interpréter avant même que le(s) prédicat(s) n'arrive(nt), d'autant que parfois ils n'arrivent jamais :

(6) a. Ensuite, DES ÉLÈVES sont venus voir ce que l'on faisait.
b. Un luth, une mandore, une viole, que Michel-Ange [...]. [phrase nominale].

Asymétrie entre thème et rhème :

(7) a. Certains politiciens sont des menteurs car ce qui les intéresse (...) (web)
b. * Certains menteurs sont des politiciens car ce qui les intéresse (...) (nous)



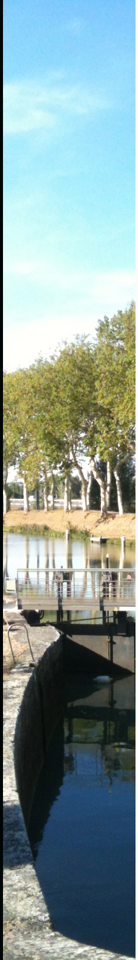
C.4. Une idée ancienne (maths, logique médiévale, Russell, Geach,...)

“*Un luth*” dénote quelque chose par lui même.... (Russell, Geach,...)

Idée : utiliser un élément générique pour le groupe nominal quantifié.

Ce traitement des GN va avec le liage dynamique et l’interprétation des pronoms dits de type *E* (Evans)

(8) a. Soudain, **un homme** est entré.
b. Il / Cet homme / L’homme a hurlé ”Donne-moi la caisse !”



C.5. Une solution : le epsilon de Hilbert

Pour toute formula F on définit un terme (un individu)

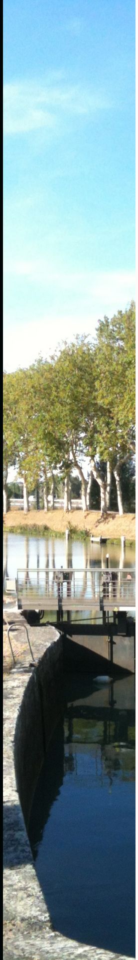
$\varepsilon_x F(x)$ où ε_x lie les occurrences de x dans $F(x)$

avec le sens souhaité $F(\varepsilon_x F) \equiv \exists x.\ F(x)$.

Il y a un terme dual

$$\tau_x F(x)$$

dont le sens est dual : $F(\tau_x F) \equiv \forall x.\ F(x)$.



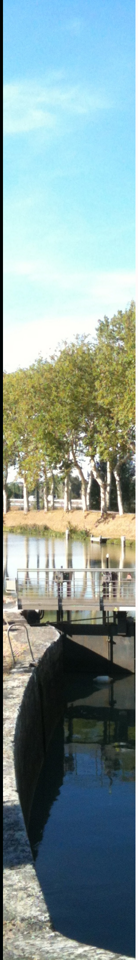
C.6. Sens des opérateurs de Hilbert 1) règles (Hilbert 1934)

Les règles de déduction pour τ et ε sont celles qu'on attend :

– De $A(x)$ avec x générique dans la preuve (sans occurrence de x dans une hypothèse), on déduit $A(\tau_x.\ A(x))$
– De $B(c)$ on déduit $B(\varepsilon_x.\ B(x))$.

Les autres règles se trouvent par dualité :

– De $A(x)$ avec x générique dans la preuve (sans occurrence de x dans une hypothèse), on déduit $A(\varepsilon_x.\ \neg A(x))$
– De $B(c)$ on déduit $B(\tau_x.\ \neg B(x))$.



De là on voit que

$$F(\tau_x.\ F(x)) \equiv \forall x. F(x)$$

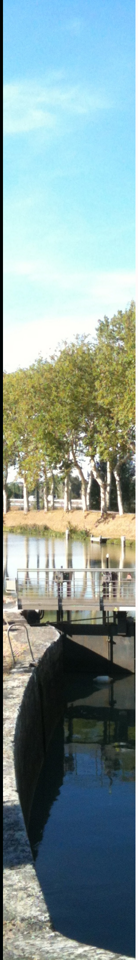
et

$$F(\varepsilon_x.\ F(x)) \equiv \exists x.\ F(x)$$

À cause de la négation, un seul opérateur suffit, on considère généralement ε (d'où le nom ε-calculus, calcul ε).

On peut ajouter la règle suivante :

Si $\forall x(A(x) \equiv B(x))$ alors $\varepsilon_x A(x) = \varepsilon_x B(x)$.



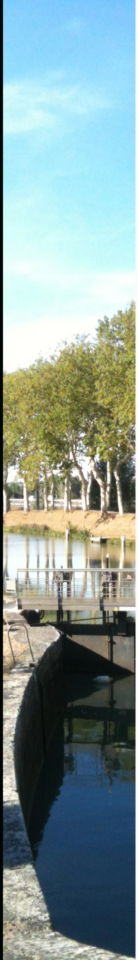
C.7. Principaux résultats (Hilbert, 1934)

Les deux théorèmes ε (ε-theorems) affirment que

si hypothèses et conclusions ne comportent pas de ε (on a des formules usuelles)

alors le calcul avec ε dérivent exactement les mêmes formules que le calcul des prédicats usuel,

même si en chemin on a utiliser des formules comportant des ε et des règles de déductions portant sur ces ε.



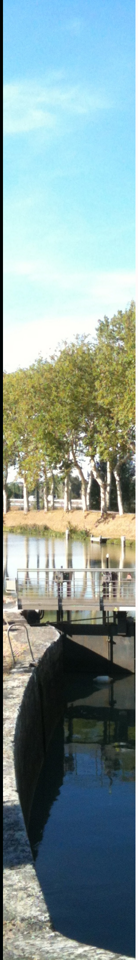
C.8. Sens des opérateurs de Hilbert 2) Interprétation – Asser 59, Leisenring 69

Comme d'habitude :

> Domaine M
> Fonctions à p arguments, $M^p \mapsto M$,
> Prédicats n-aires $P \subset M^r$.
> Une assignation interprète les variables libres.

La définition d'un modèle inclut une **une fonction de choix** Φ
Φ associe à toute partie N du domaine M un élément $\Phi(N)$ de N — et $\Phi(\emptyset)$? C'est un élément arbitraire de M.

$$|\varepsilon_x A(x)| = \Phi(\{x \in M \ / \ |A(x)| = vrai\})$$



C.9. Propriétés et bizarreries

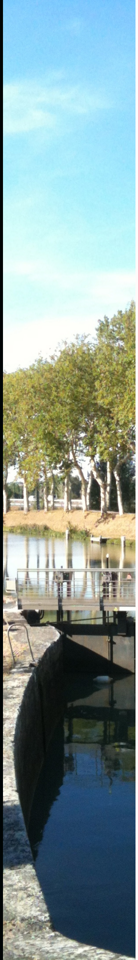
Une formule du calcul des prédicats se transforme en une formule du calcul ε sans quantificateur.

Mais la réciproque ne vaut pas. Le calcul ε contient toutes sortes de formules qui n'ont pas d'analogue dans la logique usuelle.

Par exemple, il y a une forme de liage dynamique (comme le "*un*" de la langue) :

si $entre(\varepsilon_x.Homme(x))$ et $s\_assoit(\varepsilon_x.Homme(x))$ alors il y a un homme qui entre et s'assoit.

ε, τ lourds en présence de prédicats n-aires :
$\forall x \exists y P(x, y)$ est
$\exists y P(\tau_x P(x, y), y)$ est
$P(\underline{\tau_x P(x, \varepsilon_y P(\tau_x P(x, y), y))}, \varepsilon_y P(\tau_x P(x, y), y))$



C.10. Avantages du ε

$\varepsilon_x.\ P(x)$ est un individu, comme un GN : il suit la structure syntaxique.

Nécessite d'introduire la présupposition $F(\varepsilon_x F)$:

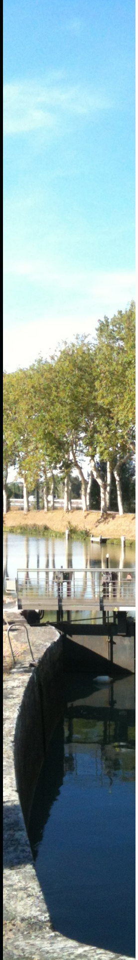
En effet, si on dit

$$entre(\varepsilon_x.Homme(x))$$

on veut sans doute dire qu'il existe un tel homme et donc que

$$Homme(\varepsilon_x.Homme(x)) \equiv \exists x.\ Homme(x)$$

.

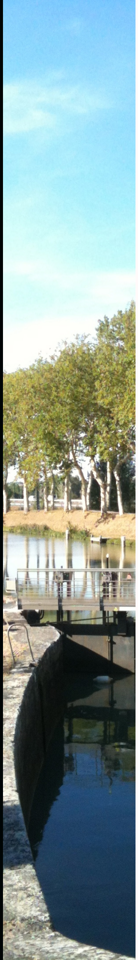


C.11. Descriptions définies et indéfinies

L'ancêtre du ε de Hilbert est le $\iota_x F(x)$ de Russell. C'est l'unique x tel que $F(x)$ si tel est le cas (qui n'est pas formellement joli,en raison de sa négation "*aucun ou plus de deux*")

D'après von Heusinger (1995,1997, 2004) on peut dire le même si un tel x n'est pas unique. Effectivement, ça se trouve :

(9) Recueilli très jeune par les moines de l'abbaye de Reichenau, sur **l'ile du lac de Constance**, en Allemagne, qui le prennent en charge totalement, Hermann étudie et devient l'un des savants les plus érudits du XIème siècle.



C.12. Interprétations de von Heusinger

– ε^1 for definite descriptions ($vH : \varepsilon$)
– ε for indefinite description ($vH : \eta$)

Il n'y a alors qu'une différence d'interprétation : $\varepsilon_x.P(x)$ sélectionne un nouvel x tel que $P(x)$ tandis que $\varepsilon^1_x.P(x)$ sélectionne le plus saillant.

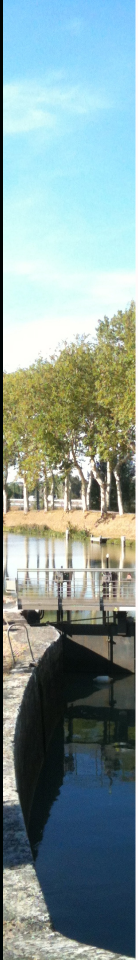
Le lien avec la quantification existentielle est perdu. Et il y a quelques problèmes :

(10) Une femme en nage veut s'asseoir. Une femme enceinte cède sa place.

(11) Dans la langue, on a nécessairement

$$\varepsilon_x(F(x)\&N(x)) \neq \varepsilon_x(F(x)\&E(x))$$

pourtant ce n'est pas la même formule, vH n'impose rien.



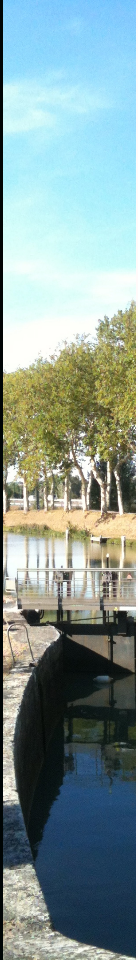
C.13. Autres utilisations des opérateurs de Hilbert

Quantification universelle : τ ... avec la présupposition $P(\tau_x P(x))$

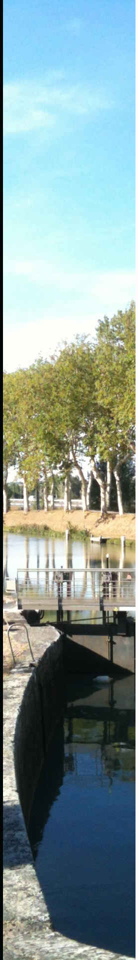
Les pronoms de type E (on répète le terme sémantique de l'antécédent) :

(12) Un homme entre. Il s'assoit.

(13) $''\,\mathit{Il}'' = ''\,\mathit{Un\ homme}'' = (\varepsilon_x\ \mathit{Homme}(x))$.



D Opérateurs de Hilbert typés



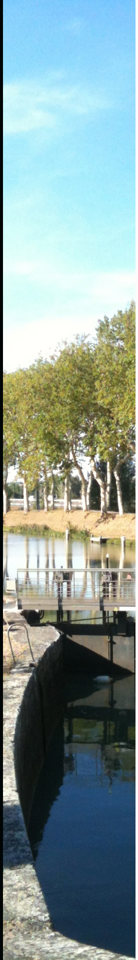
D.1. Typage polymorphe

De nombreux types de base.

Restriction de sélection : conflit de type : $(f^{A \to T}(x^B))$

La flexibilité est prise en compte par des termes optionnels associés aux mots, qui permettent de changer de type. On spécifie certaines incompatibilités pour rejeter les coprédications impossible.

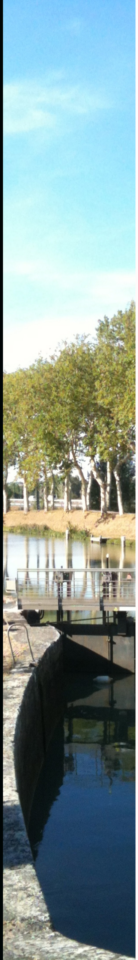
Afin de ne pas avoir une multitude d'opérateurs on utilise la quantification sur les types pour factoriser les opérateurs.



D.2. Types et termes

- $\mathbf{t}$, de nombreuses sortes $\mathbf{e}_i$ et des variables de type α, β, ...
- quand T est un type et α une variable de type $\Lambda\alpha.\ T$ est un type
- Quand T_1 et T_2 sont des types, $T_1 \rightarrow T_2$ est un type.

- Une variable x de type T i.e. $x : T$ or x^T est un terme.
- $(f\ \tau)$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 $\tau : U$.
- $\tau\{U\}$ iest 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 set use variable de type et que $\tau : T$ ne contient pas d'occurrence de α dans le type d'une variable libre.

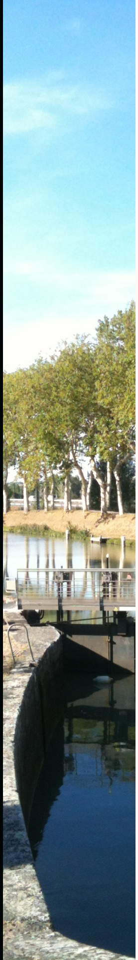


D.3. Un exemple d'utilisation du second ordre

La conjonction polymorphe :

> Entant donnés des prédicats $P^{\alpha\to\mathbf{t}}$, $Q^{\beta\to\mathbf{t}}$ sur des entités de types respectifs α, β,
>
> étant donné un type ξ avec deux morphismes de ξ dans α, et dans β
>
> un terme calcule la conjunction $P\&Q$ des deux images de ξ :

$$\&^{\Pi} = \Lambda\alpha\Lambda\beta\lambda P^{\alpha\to\mathbf{t}}\lambda Q^{\beta\to\mathbf{t}} \\ \Lambda\xi\lambda x^{\xi}\lambda f^{\xi\to\alpha}\lambda g^{\xi\to\beta}. \\ (\mathrm{and}^{\mathbf{t}\to\mathbf{t}\to\mathbf{t}}\ (P\ (f\ x))(Q\ (g\ x)))$$



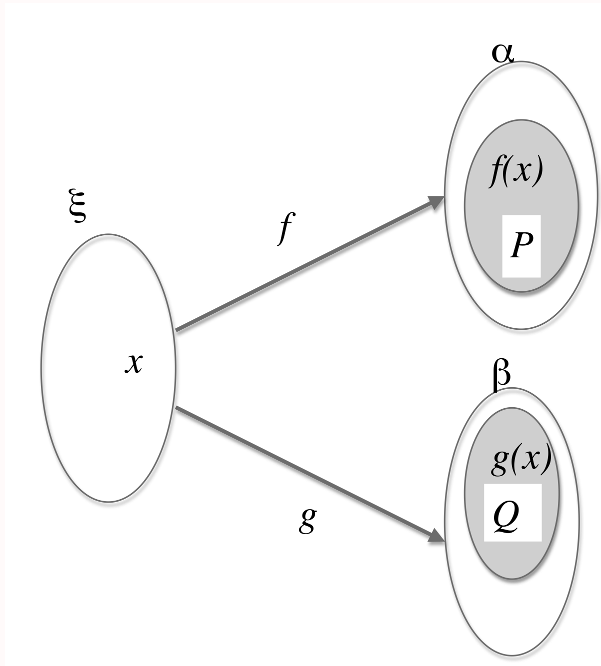
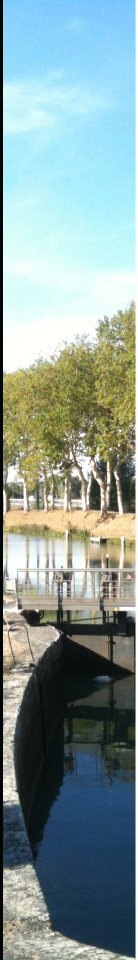


FIGURE 1 – Conjonction polymorphe : $P(f(x))\&Q(g(x))$ with $x : \xi$, $f : \xi \to \alpha$, $g : \xi \to \beta$.



D.4. Exemples : restriction de sélection, coprédication

Quelques exemples du web (sauf le premier)

(14) a. * Une **chaise** ABOIE souvent.

b. Mon **chiot** ABOIE souvent pour m'inciter à jouer avec.

(15) a. * leur **dix** est BON

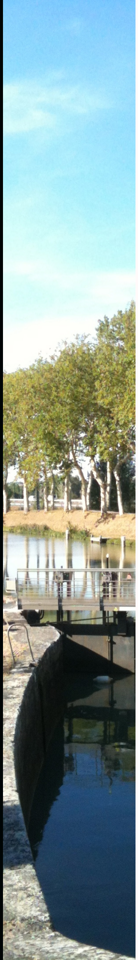
b. si leur **dix** est BON ils nous torchent ça c'est sûr

(16) a. **Barcelone** A BATTU Benfica 2-0. [club]

b. **Barcelone** (/*et) A CHOISI DE STRUCTURER LE RÉSEAU ROUTIER de manière à préserver un centre ville piétonnier. [institution]

(17) a. Mon premier **livre** de cuisine . . . Mon livre FÉTICHE à cette époque !

b. Je l'ai RETROUVÉ, il y a peu, chez ma maman [mon premier livre de cuisine]



D.5. Quels sont les types de base ?

A quelles sortes s'appliquent les prédicats ? Sur quels ensembles quantifie-t-on ?

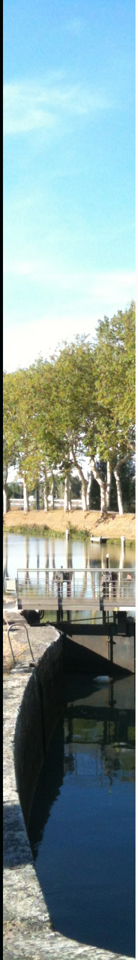
> Montague : **e**
>
> Asher : une douzaine de type ”ontologiques”
>
> Luo : tous les noms communs
>
> Toutes les formules à une variable libre (déf. circulaire).

Quid des types d'ordre supérieur :

(18) a. Elle voudrait qu'il croit en TOUT CE QU'ELLE LUI DIT.

b. Il a fait TOUT CE QU'IL A PU et il n'a même pas voulu être payé.

c. Manger, dévorer, grignoter, bouffer, picorer, déguster,... : un type ?

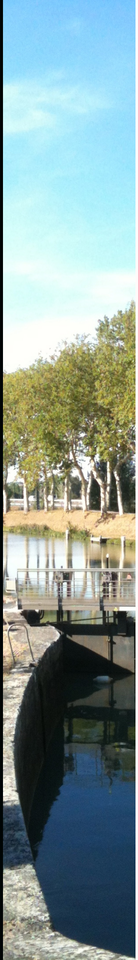


D.6. Quels sont les prédicats ?

Quels sont leurs domaines ?

chat est-il une propriété de toutes les entités ou des animaux seulement ?

Quel lien y a-t-il entre un type chat et le prédicatêtre un chat ?



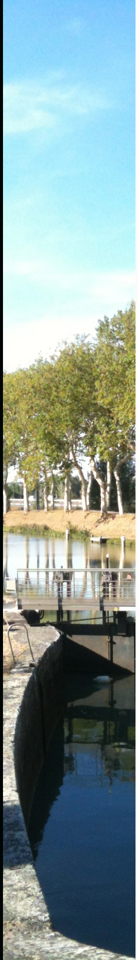
D.7. Types et prédicats

Domaines des prédicats :

- La plus simple : tous les prédicats s'appliquent à tousles entités $\mathbf{e} \rightarrow \mathbf{t}$ mais peuvent être restreints.
- Les prédicats peuvent avoir d'autres domaines que $\mathbf{e}$ si c'est plus naturel. Peu différent, on peut les étendre (ils sont faux en dehors) ou les restreindre.

Types et prédicats :

- Etant donné un type de base α il y a un prédicat $\widehat{\alpha} : \mathbf{e} \rightarrow \mathbf{t}$.
- Trouver le type naturel plus grand que α est quasi impossible.



D.8. Un exemple avec un article indéfini 1

L'article indéfini "*un*" est une constante, un "*epsilon polymorphe*" :

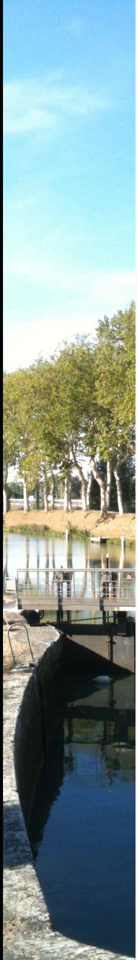
$$\textit{un} : \Lambda\alpha.(\alpha \to \mathbf{t}) \to \alpha$$

(19) un chat dort sous ta voiture

Supposons que "*chat*" soit défini comme une propriété des animaux, c.-à-d. $\textit{chat}$: animal $\to \mathbf{t}$

α se spécialise en "*animal*" et "*un*" appliqué au prédicat "*chat*" sélectionne un animal :

$$\left(\textit{un}\{\textit{animal}\}\textit{chat}^{\textit{animal}\to\mathbf{t}}\right) : \textit{animal}$$



D.9. Un exemple avec un article indéfini 2

Ensuite le prédicat “*dort sous ta voiture*” qui s’applique au type “*animal*” est appliqué en suivant la syntaxe à l’animal $\left(un\{animal\}chat^{animal\to\mathbf{t}}\right) : animal$ ce qui donne

$$\left(dort\_sous\_ta\_voiture\left(un\{animal\}chat^{animal\to\mathbf{t}}\right)\right) : \mathbf{t}$$

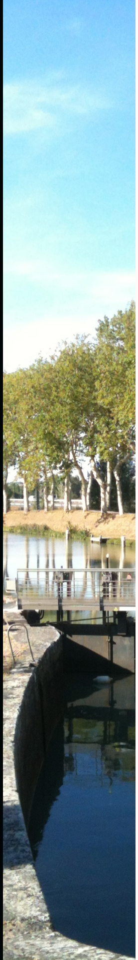
Encore faut-il dire que cet animal est un “*chat*”
ce qui se fait en introduisant une présupposition :

$$chat\left(un\{animal\}chat^{animal\to\mathbf{t}}\right)$$

ou mieux encore si “*chat*” est un type,

$$\left(un\{animal\}chat^{animal\to\mathbf{t}}\right) : chat$$

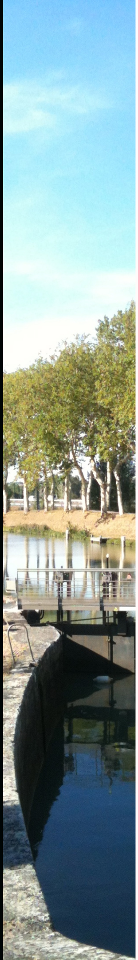
car un jugement de tapage est difficile à nier (tout comme une présupposition)



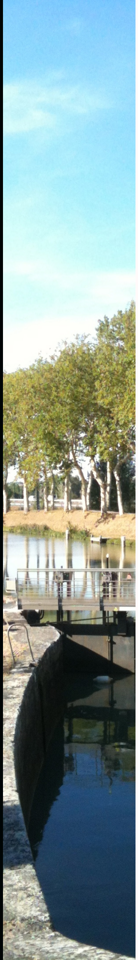
D.10. Descriptions définies, quantification universelle

Cela fonctionne à peu près pareil,
ι et τ sont des constantes du même type que "*un*"
$\iota, \tau : \Lambda\alpha.(\alpha \rightarrow \mathbf{t}) \rightarrow \alpha$
mais leur interprétations diffèrent de celles de ε.
Les présuppositions $P(\tau_x P(x))$ et $P(\iota_x P(x))$ sont à ajouter.

Le $\tau_x cat(x)$ est à interpréter
comme un chat virtuel n'ayant aucune propriété particulière.



E Conclusion

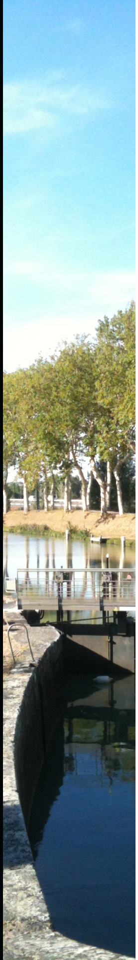


E.1. Ce qui est fait

Ajout à Grail : pour de petits lexiques saisis manuellement, avec un typage riche et des termes sémantiques sophistiqués, on a pu vérifier que cela fonctionne.

Il n'y a rien de particulier à ajouter pour cette approche des déterminants et de la quantification.

En cours : quelle notion de sous typage convient à ce système richement typé (par exemple pour les inclusions de type ontologie "*voiture IS_A véhicule*".



E.2. Ce qui reste à explorer

Quels sont les types de bases ?
Comment acquérir un lexique sémantique ?
D’un point de vue logique,

Le calcul epsilon est très étudié depuis 2000 car on ne sait rien les formules qui échappent à la logique habituelle.

De nombreux résultats faux circulent.

Ce calcul permet pourtant d’exprimer

des dépendances sophistiquées

entre quantificateurs (quantificateurs branchants),

du liage dynamique,

de la sous spécification,

...mais à ce jour personne ne sait comment !

Des questions ?