

CNRS - Concours chercheurs 2025
DR Section 53 - Concours n° 53/01

*Épistémologie des modèles distributionnels de langage
par apprentissage machine*
Explicabilité formelle et interprétabilité théorique

Juan Luis Gastaldi

www.jlgastaldi.com/assets/gastaldi_cnrs_dr.pdf



Parcours et Travaux

1997-2004 Recherche pré-doctorale
Argentine
(UNR)

2005-2007 Recherche pré-doctorale
France
(ENS, Paris 1, UPMC)

2008-2014 Recherche doctorale
Philosophie
(Bordeaux Montaigne)

2015-2022 Recherche post-doctorale
(ETH, MSCA, CUNY, CMU)

2023-Présent Nouvelle recherche doctorale
Informatique
(ETH)

Sciences Politiques

Comment une science de l'homme est-elle possible?

- Héritage **critique** kantien contre le positivisme
- Dépassement du partage **anthropologie/ontologie**
- Anthropologie ou théorie
de l'**expression**
(Foucault, 1954; Deleuze, 1954)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
Facultad de Ciencia Política y RRII

EL PROBLEMA
DELEUZE / FOUCAULT



Juan Luis Gastaldi

TESINA FINAL
Director: Lic. Manuel Navarro
Diciembre de 2004

Parcours et Travaux

1997-2004	Recherche pré-doctorale Argentine (UNR)
2005-2007	Recherche pré-doctorale France (ENS, Paris 1, UPMC)
2008-2014	Recherche doctorale Philosophie (Bordeaux Montaigne)
2015-2022	Recherche post-doctorale (ETH, MSCA, CUNY, CMU)
2023-Présent	Nouvelle recherche doctorale Informatique (ETH)

Philosophie du langage et pensée formelle

Quel rapport entre critique et formalisme?

- Les sciences formelles peuvent fournir des instruments d'analyse critique
- Une philosophie critique peut prévenir les effets dogmatiques de la formalisation

- ◊ M1, M2: Phil. critique contemporaine, maths et logique
- ◊ L1, L2: Mathématiques
- ◊ Gastaldi (2009, 2010, 2011, 2015, 2016b, 2019)

Parcours et Travaux

1997-2004	Recherche pré-doctorale Argentine (UNR)
2005-2007	Recherche pré-doctorale France (ENS, Paris 1, UPMC)
2008-2014	Recherche doctorale Philosophie (Bordeaux Montaigne)
2015-2022	Recherche post-doctorale (ETH, MSCA, CUNY, CMU)
2023-Présent	Nouvelle recherche doctorale Informatique (ETH)

Philosophie et histoire des sciences formelles

Quelle critique pour les sciences formelles?

- Épistémologie historique
- La notion de *formel* a elle-même une histoire (récente)
- En devenant formelle, la mathématisation n'entraîne pas la naturalisation

- ◊ Thèse en Philosophie: Gastaldi (2014)
- ◊ Gastaldi (2016a, 2022, 2024a, 2024b, 2024d)
- ◊ Gastaldi (ed.) (2024a, 2024b)

Parcours et Travaux

1997-2004 Recherche pré-doctorale
Argentine
(UNR)

2005-2007 Recherche pré-doctorale
France
(ENS, Paris 1, UPMC)

2008-2014 Recherche doctorale
Philosophie
(Bordeaux Montaigne)

2015-2022 Recherche post-doctorale
(ETH, MSCA, CUNY, CMU)

2023-Présent Nouvelle recherche doctorale
Informatique
(ETH)

Epistémologie des modèles de langage par apprentissage machine

Quelles pratiques formelles
pour une théorie critique du langage?

- Analyse computationnelle de corpus textuels
- Modèles **distributionnels** de langage

- ◊ Gastaldi (2021, 2024c), Gastaldi, Moot, and Rétoré (2024), and Gastaldi and Pellissier (2021)
- ◊ Professeur de Philosophie au MO.CO.ESBA
- ◊ Nombreux projets, activités et publications Arts&Sciences

Parcours et Travaux

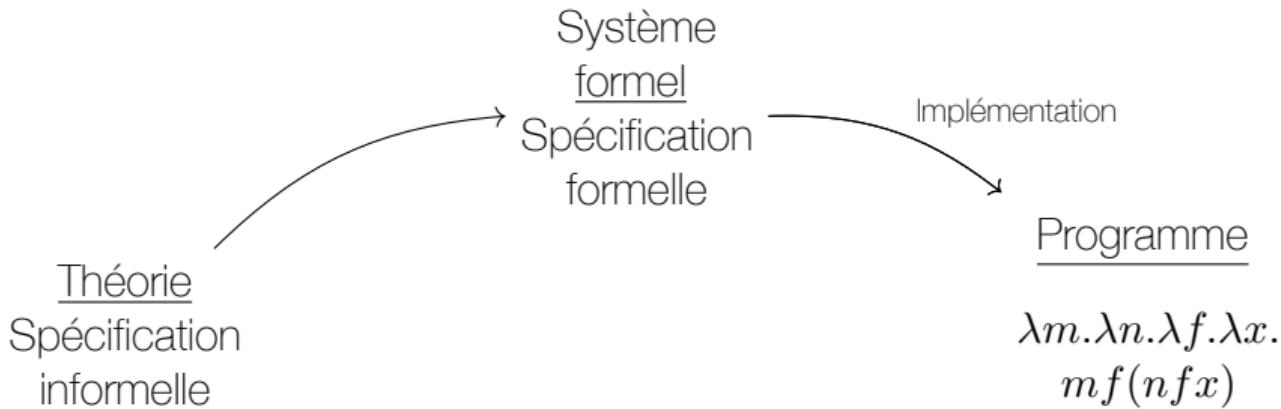
1997-2004	Recherche pré-doctorale Argentine (UNR)
2005-2007	Recherche pré-doctorale France (ENS, Paris 1, UPMC)
2008-2014	Recherche doctorale Philosophie (Bordeaux Montaigne)
2015-2022	Recherche post-doctorale (ETH, MSCA, CUNY, CMU)
2023-Présent	Nouvelle recherche doctorale Informatique (ETH)

Fondements formels des modèles de langage par apprentissage machine

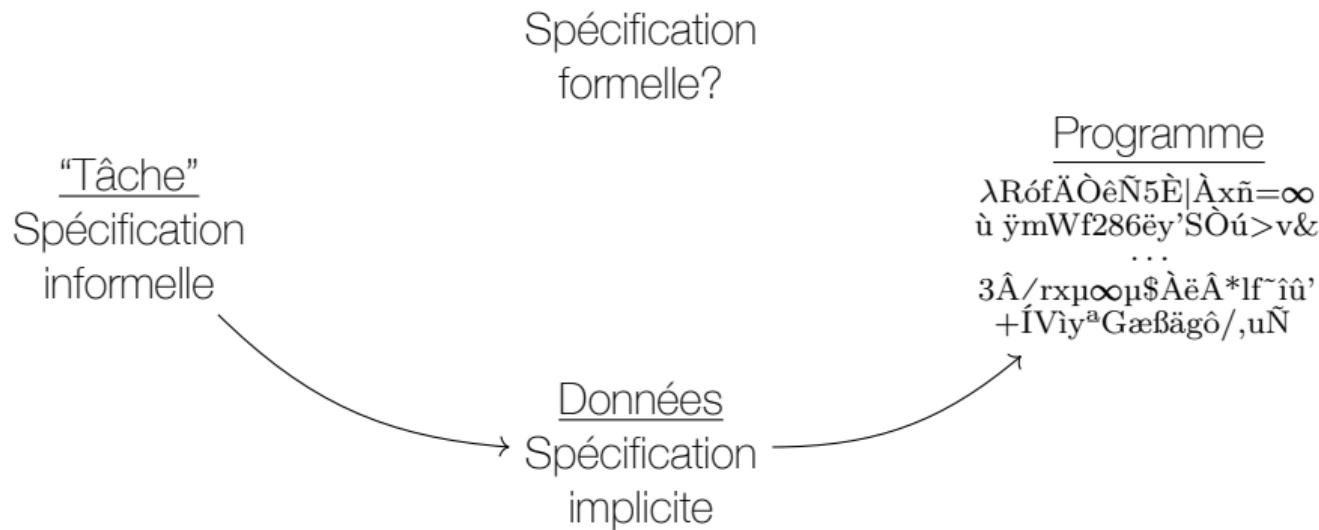
Quels fondements pour une alliance entre sciences humaines et sciences formelles?

- Fondements **formels** des pratiques computationnelles (catégories, types)
- Fondements **structuraux** des principes distributionnels (segmentation, structure)
 - ◊ Thèse en Informatique (ETH Zurich, en cours)
 - ◊ Bradley et al. (2024), Gastaldi, Terilla, et al. (2024), Julianelli et al. (2024), Vieira et al. (2024), Zouhar, Meister, Gastaldi, Du, Sachan, and Cotterell (2023), and Zouhar, Meister, Gastaldi, Du, Vieira, et al. (2023)

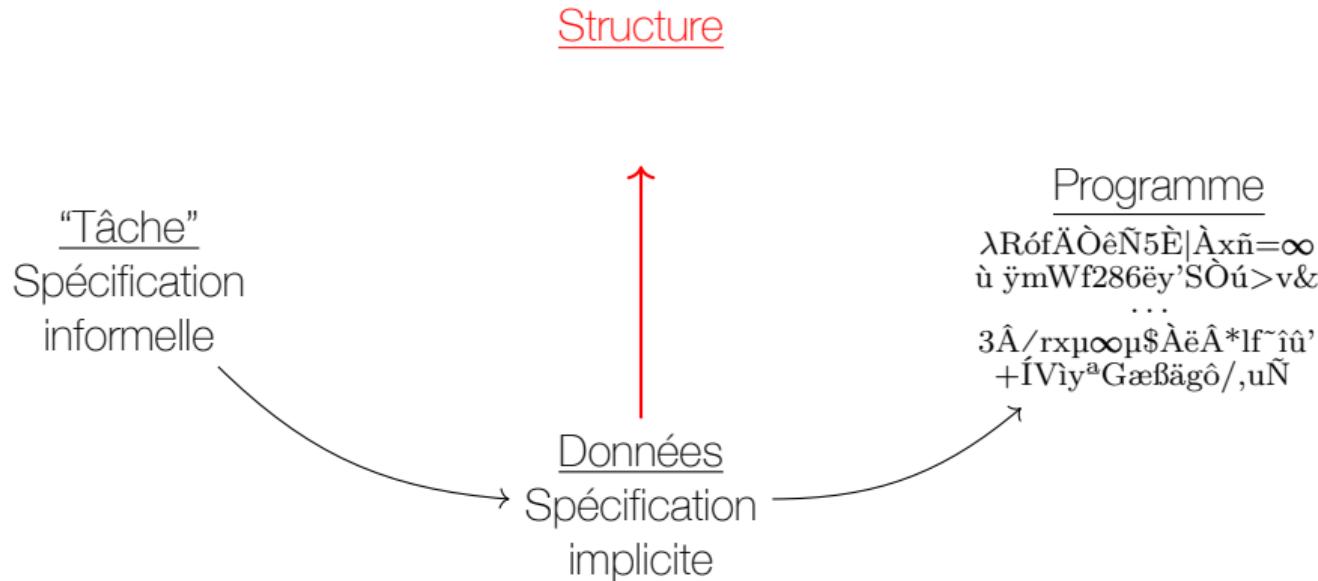
La structure implicite des données



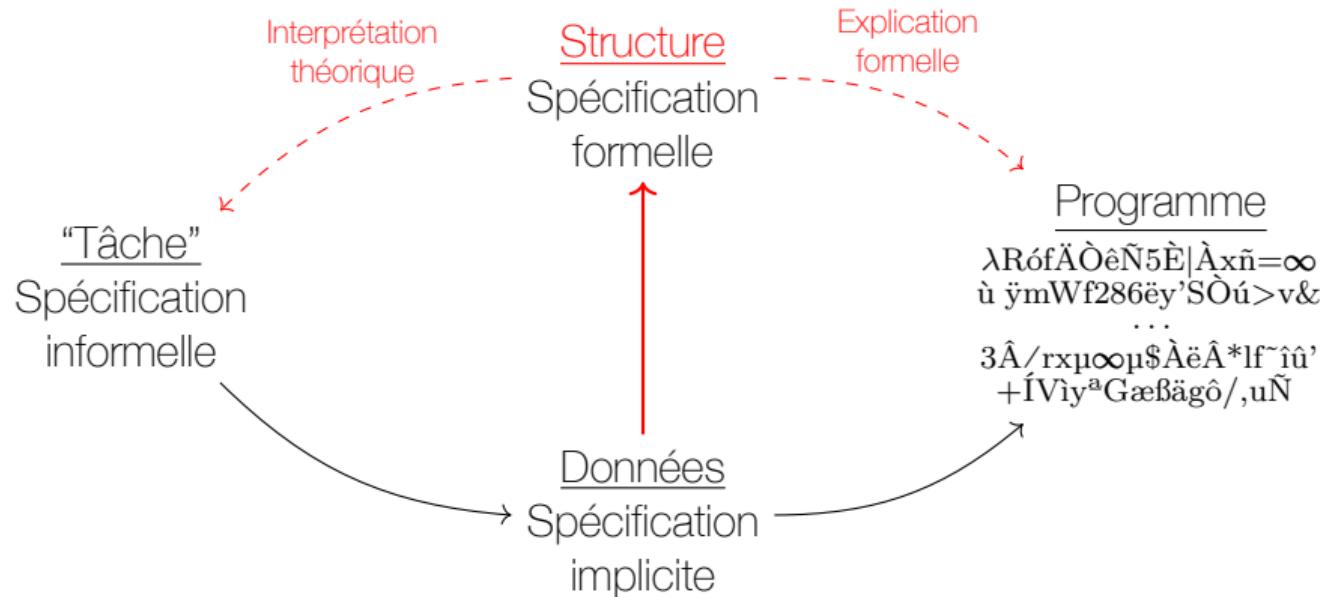
La structure implicite des données



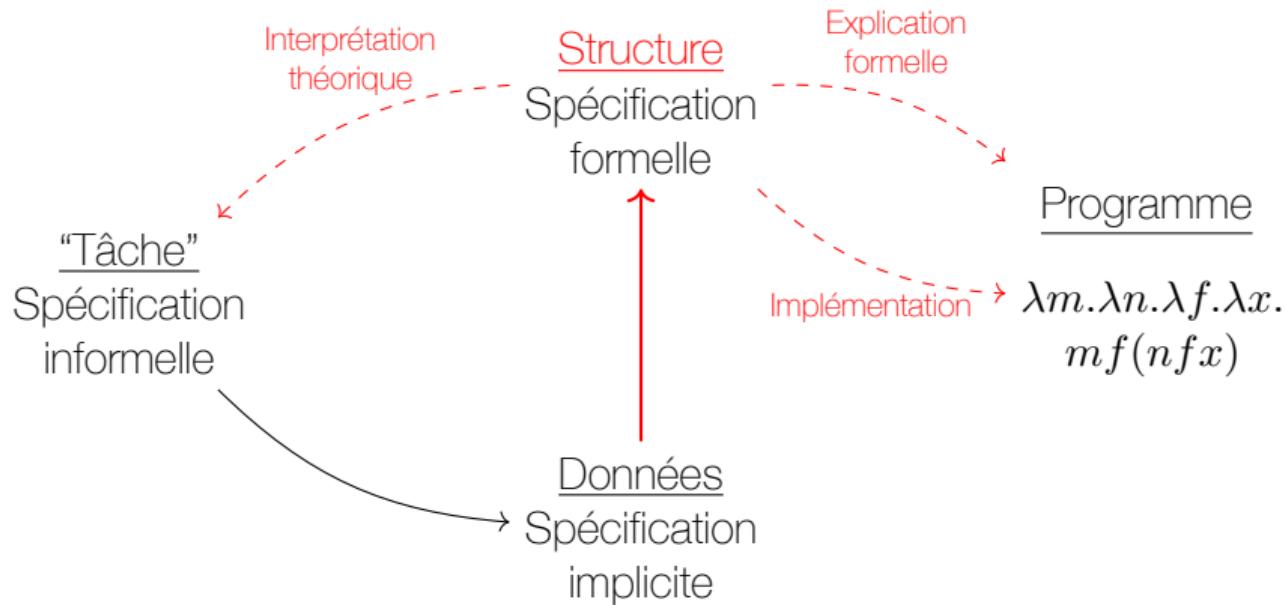
La structure implicite des données



La structure implicite des données



La structure implicite des données



Tokenisation

(Sennrich et al., 2016)

Epistemology of Machine Learning
Distributional Language Models

(<https://tiktokner.vercel.app>)

Tokenisation

(Sennrich et al., 2016)

Embedding

(Mikolov et al., 2013)

**Epistemology of Machine Learning
Distributional Language Models**

(<https://tiktokner.vercel.app>)



(<https://projector.tensorflow.org>)

Explicabilité formelle

Tokenisation

(Sennrich et al., 2016)

Embedding

(Mikolov et al., 2013)

Attention

(Vaswani et al., 2017)



Epistemology of Machine Learning Distributional Language Models

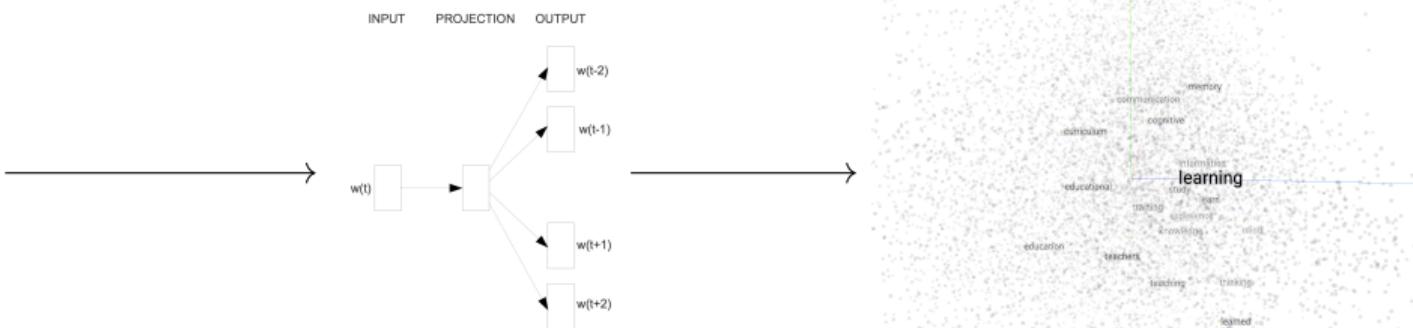
(<https://tiktok-encoder.vercel.app>)

(<https://github.com/jessevig/bertviz>)

Embedding et SVD

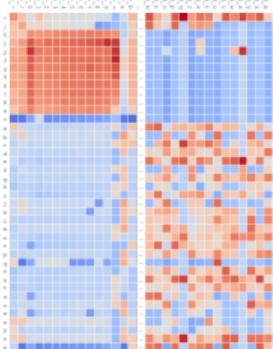


Embedding et SVD



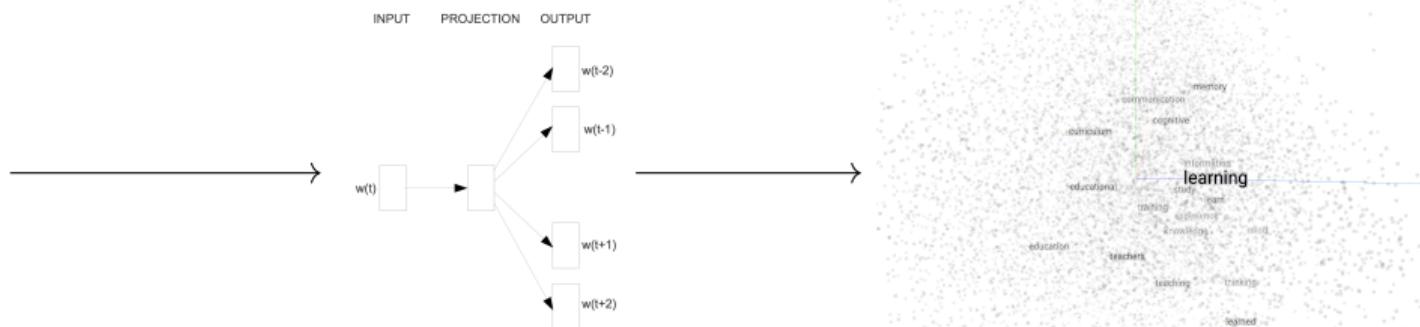
Embedding et SVD

Matrice PMI



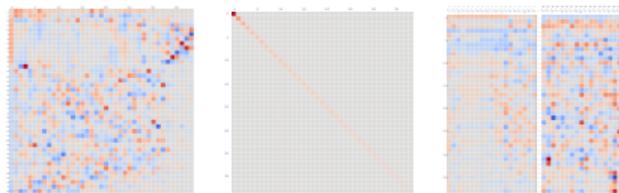
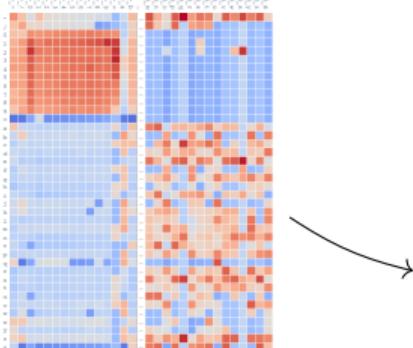
WIKIPEDIA

The Free Encyclopedia



Embedding et SVD

Matrice PMI

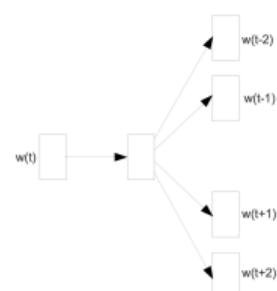


SVD



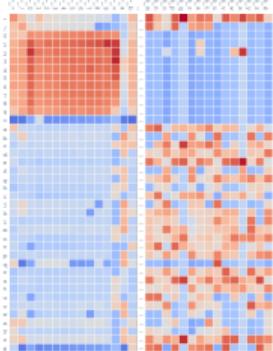
WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

INPUT PROJECTION OUTPUT

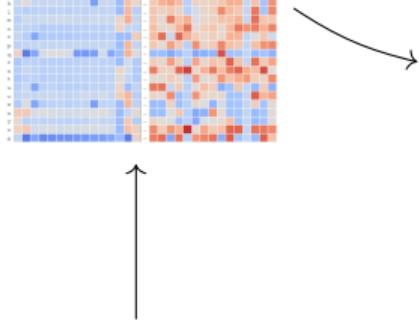


Embedding et SVD

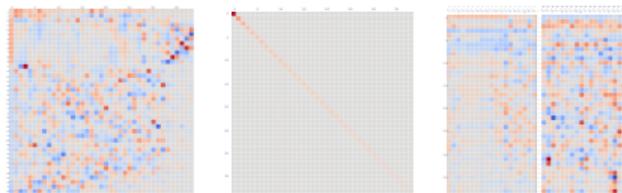
Matrice PMI



Vecteurs singuliers

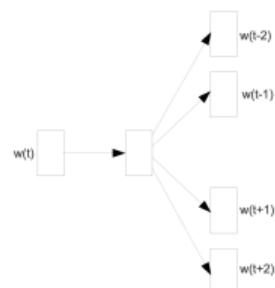


SVD



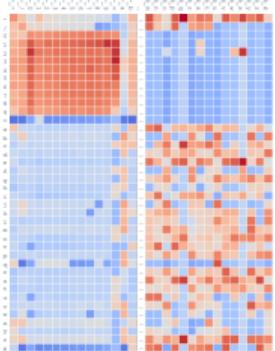
WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

INPUT PROJECTION OUTPUT

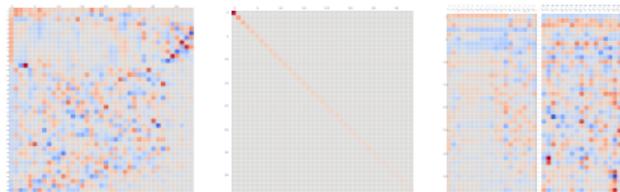
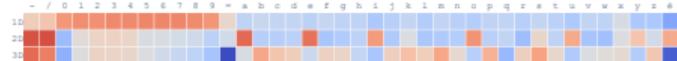


Embedding et SVD

Matrice PMI

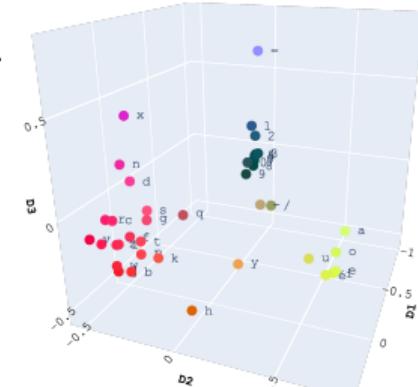


Vecteurs singuliers



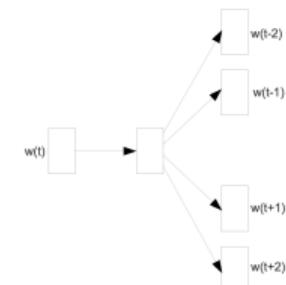
SVD

Embedding SVD



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

INPUT PROJECTION OUTPUT



De l'algèbre linéaire aux catégories

$$\begin{array}{ccc} X & \xrightarrow{M_x} & \mathbb{R}^Y \\ \downarrow & M^* \nearrow & \uparrow \\ \mathbb{R}^X & \xleftarrow{M_y} & Y \end{array}$$

$$M_* M^*: \mathbb{R}^X \rightarrow \mathbb{R}^X$$

$$M^* M_*: \mathbb{R}^Y \rightarrow \mathbb{R}^Y$$

$$M_* M^* u_i = \lambda_i u_i$$

$$M^* M_* v_i = \lambda_i v_i$$

De l'algèbre linéaire aux catégories

$$\begin{array}{ccc}
 X & \xrightarrow{M_x} & \mathbb{R}^Y \\
 \downarrow & M^* \nearrow & \uparrow \\
 \mathbb{R}^X & \xleftarrow{M_y} & Y
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 \mathbf{C} & \xrightarrow{\mathcal{M}_c} & (\mathbf{Set}^{\mathbf{D}})^{\text{op}} \\
 \downarrow \text{Yoneda} & \nearrow \mathcal{M}^* & \uparrow \text{Yoneda} \\
 \mathbf{Set}^{\mathbf{C}^{\text{op}}} & \xleftarrow{\mathcal{M}_d} & \mathbf{D}
 \end{array}$$

$$M_* M^*: \mathbb{R}^X \rightarrow \mathbb{R}^X$$

$$M^* M_*: \mathbb{R}^Y \rightarrow \mathbb{R}^Y$$

$$M_* M^* u_i = \lambda_i u_i$$

$$M^* M_* v_i = \lambda_i v_i$$

$$\mathcal{M}_* \mathcal{M}^*: \mathbf{Set}^{\mathbf{C}^{\text{op}}} \rightarrow \mathbf{Set}^{\mathbf{C}^{\text{op}}}$$

$$\mathcal{M}^* \mathcal{M}_*: (\mathbf{Set}^{\mathbf{D}})^{\text{op}} \rightarrow (\mathbf{Set}^{\mathbf{D}})^{\text{op}}$$

$$\text{Fix}(\mathcal{M}_* \mathcal{M}^*) := \{f \in \mathbf{Set}^{\mathbf{C}^{\text{op}}} \mid \mathcal{M}_* \mathcal{M}^*(f) \cong f\}$$

$$\text{Fix}(\mathcal{M}^* \mathcal{M}_*) := \{g \in (\mathbf{Set}^{\mathbf{D}})^{\text{op}} \mid \mathcal{M}^* \mathcal{M}_*(g) \cong g\}$$

Structures catégoriques

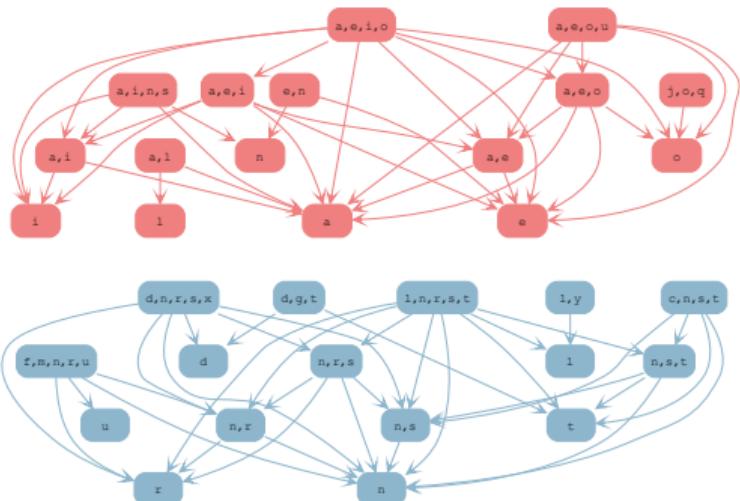
Algèbre linéaire

-	/	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	=	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	é
1D																																							
2D																																							
3D																																							

Structures catégoriques

Algèbre linéaire

$$\mathcal{M}^*: 2^{\textcolor{brown}{C}^{\text{op}}} \leftrightarrows (2^{\textcolor{green}{D}})^{\text{op}}: \mathcal{M}_*$$

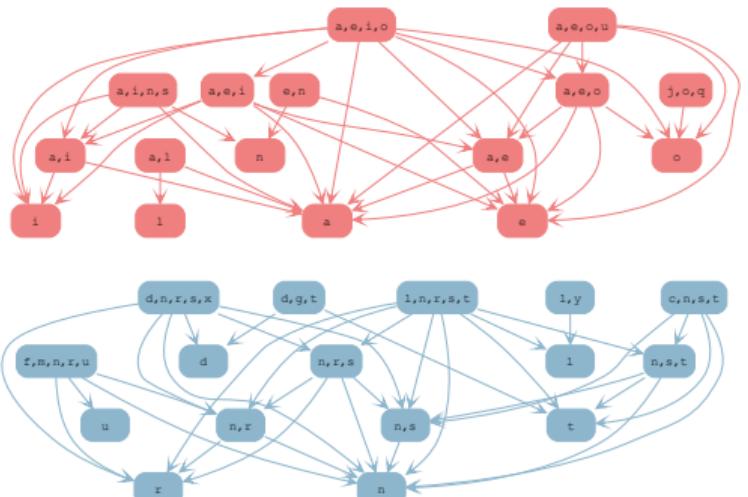


Structures catégoriques

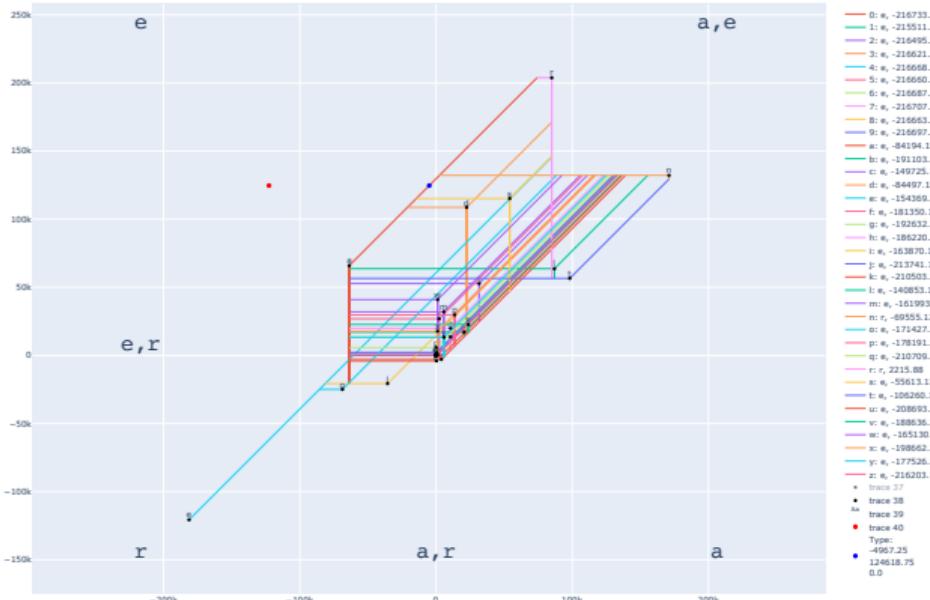
Algèbre linéaire

-	/	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	=	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	é
1D																																							
2D																																							
3D																																							

$$\mathcal{M}^*: 2^{\text{C}^{\text{op}}} \leftrightarrows (2^{\text{D}})^{\text{op}}: \mathcal{M}_*$$



$$\mathcal{M}^*: \bar{\mathbb{R}}^{\text{C}^{\text{op}}} \leftrightarrows (\bar{\mathbb{R}}^{\text{D}})^{\text{op}}: \mathcal{M}_*$$



Interprétabilité théorique

Hypothèse distributionnelle

Le contenu des unités linguistiques est déterminé par leur **distribution** dans un corpus.

Hypothèse structurale

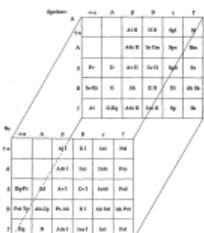
Le contenu linguistique est l'effet d'une structure virtuelle dérivée des pratiques linguistiques dans une communauté.



Interprétabilité théorique

Hypothèse distributionnelle

Le contenu des unités linguistiques est déterminé par leur **distribution** dans un corpus.



(Hjelmslev, 1935)

Opérations	A	E	I	U	Y	R
A	AIR	EAR	EAR	EAR	EAR	Y
E	EAR	EAR	EAR	EAR	EAR	Y
I	EAR	EAR	EAR	EAR	EAR	Y
U	EAR	EAR	EAR	EAR	EAR	Y
Y	EAR	EAR	EAR	EAR	EAR	Y
R	EAR	EAR	EAR	EAR	EAR	Y

1. Vocalic/Non-vocalic
2. Consonantal/Non-consonantal
3. Compact/Diffuse
4. Grave/Acute
5. Flat/Plain
6. Nasal/Oral
7. Tense/Lax
8. Continuant/interrupted
9. Strident/Mellow

(Jakobson et al., 1952)

Environnement															
m		n		d		t		s		k		g		c	
m	n	d	t	s	k	g	c	m	n	d	t	s	k	g	c
✓															
	✓														
		✓													
			✓												
				✓											
					✓										
						✓									
							✓								
								✓							
									✓						
										✓					
											✓				
												✓			
													✓		
														✓	

(Harris, 1960)

Vowel × heavy final cluster (cf. sect. 84).															
m	n	d	t	s	k	g	c	m	n	d	t	s	k	g	c
✓															
	✓														
		✓													
			✓												
				✓											
					✓										
						✓									
							✓								
								✓							
									✓						
										✓					
											✓				
												✓			
													✓		
														✓	

(Spang-Hanssen, 1959)

p	r	t	i	o	u	III	IV	A
✓								
	✓							
		✓						
			✓					
				✓				
					✓			
						✓		
							✓	
								✓

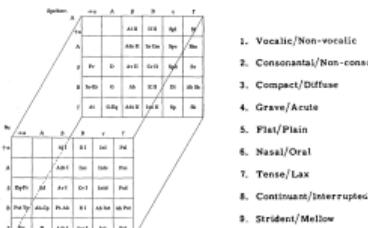
Hypothèse structurale

Le contenu linguistique est l'effet d'une structure virtuelle dérivée des pratiques linguistiques dans une communauté.

Interprétabilité théorique

Hypothèse distributionnelle

Le contenu des unités linguistiques est déterminé par leur **distribution** dans un corpus.

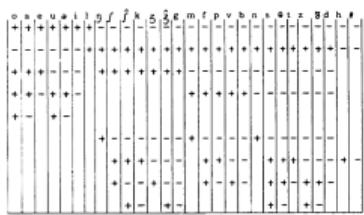


(Hjelmsley, 1935)

(Jakobson et al., 1952)

(Harris, 1960)

(Spang-Hanssen, 1959)



(Jakobson et al., 1952)

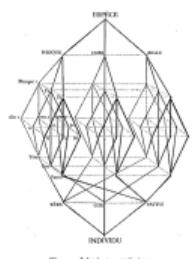
Vowel × binary final cluster (inf. act. 84).																			
	n	v	l	m	d	r	v	cl	nn	nh	nd	nr	nv	nl	nm				
a	5	10	0	2	9	8	6	—	20	14	9	6	9	11	7	1	9	3	
e	5	9	1	5	2	4	3	—	14	4	5	3	11	11	10	1	5	3	
i	7	6	9	5	—	3	2	4	13	11	8	5	2	11	6	6	1	1	
o	3	2	5	2	4	3	1	1	1	2	3	2	4	13	12	6	9	10	
u	—	1	2	1	2	1	—	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
y	—	2	1	2	1	—	1	2	4	7	6	2	1	6	6	3	2	1	
	—	6	11	1	—	4	4	3	2	9	11	1	3	2	11	6	6	4	
	—	5	2	—	1	4	2	—	—	1	2	1	2	—	—	1	2	1	
	—	2	—	1	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	
	26	42	26	22	21	21	30	31	39	77	33	23	22	60	39	35	22	33	21

Hypothèse structurale

Le contenu linguistique est l'effet d'une **structure** virtuelle dérivée des pratiques linguistiques dans une communauté.

#Spécimens	<i>Etre</i> + <i>étre</i> + <i>étre</i>	Antimo + de chate	Fuscales
Prix	—	—	—
Fraise ébène	—	+	—
—	+ (H)	—	+ (D)
Fraise de la mère	—	—	—
Fraise de la femme	—	—	—
Ego connue bille, chassier	—	—	—
—	—	—	—
Perd	—	—	—
Chef	—	—	—
Argente	—	—	—
Préparation du feu	—	—	—
Rabotons	—	—	—
—	—	—	—
Et le feu entretenu	—	—	—
Assouven	—	—	—
Chocante tkt bléot	—	—	—
Ausant de bléot	—	—	—
—	—	—	—
Chambou	—	—	—

(Lévi-Strauss, 1949)

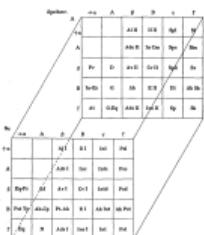


(Lévi-Strauss, 1962)

Interprétabilité théorique

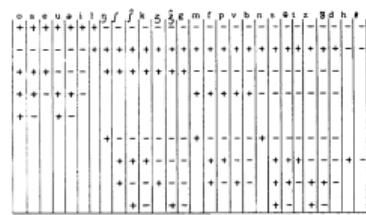
Hypothèse distributionnelle

Le contenu des unités linguistiques est déterminé par leur distribution dans un corpus.



(Hjelmslev, 1935)

1. Vocalic/Non-vocalic
2. Consonantal/Non-consonantal
3. Compact/Diffuse
4. Grave/Acute
5. Flat/Plain
6. Nasal/Oral
7. Tense/Lax
8. Continuant/interrupted
9. Strident/Mellow



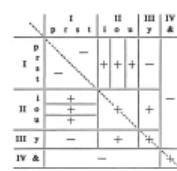
(Jakobson et al., 1952)

Environnement													
		I		II		III		IV		V		VI	
A		E		I		O		U		Y		%	
A		I	E	O	U	Y	%						
I													
E													
O													
U													
Y													
%													

(Harris, 1960)

Table 8. Vowel × heavy final cluster (cf. sect. 8d).													
		I		II		III		IV		V		VI	
A		E		I		O		U		Y		%	
A	5	10	2	9	8	6	8	16	20	14	9	6	9
I	1	5	2	9	8	6	7	11	12	10	7	1	9
E	2	9	3	1	2	4	16	20	14	9	6	5	10
O	7	6	9	5	3	2	4	13	11	20	8	5	2
U	3	2	5	4	2	1	1	1	2	3	2	1	1
Y	2	2	5	4	2	1	1	1	2	3	2	1	1
%	2	2	5	4	2	1	1	1	2	3	2	1	1
A	4	11	1	4	4	3	2	9	11	8	1	3	2
E	5	2	-	1	4	3	-	-	-	-	3	2	1
I	2	-	1	1	1	-	4	2	6	2	4	1	1
O	2	-	1	1	1	-	4	2	6	2	4	1	1
U	2	-	1	1	1	-	4	2	6	2	4	1	1
Y	2	-	1	1	1	-	4	2	6	2	4	1	1
%	2	-	1	1	1	-	4	2	6	2	4	1	1
	26	42	28	21	21	21	39	51	59	75	33	23	22

(Spang-Hanssen, 1959)



Hypothèse structurale

Le contenu linguistique est l'effet d'une structure virtuelle dérivée des pratiques linguistiques dans une communauté.

Répondent(e)	Être + élargir	diminuer	réduire	Famille
Père, infans	+	+	-	
Sœur	+	+	+	+
Frère de la mère	+	+	+	+
Fille de la femme	+	+	+	+
Frère de la femme, époux de sa mère	+	+	+	+
Mère	+	+	+	+
Chéri	+	+	+	+
Frangine	+	+	+	+
Prépos. de l'ad	-	-	-	+
Adverb. de l'ad	-	-	-	+
Adverb. de l'adv	-	-	-	+
Prépos. de l'adv	-	-	-	+
Adverb. de l'adv	-	-	-	+
Prépos. de l'adverb.	-	-	-	+
Cher	-	-	-	+
Frangine	-	-	-	+
Prépos. de l'adverb.	-	-	-	+
Adverb. de l'adverb.	-	-	-	+
Prépos. de l'adverb.	-	-	-	+

(Lévi-Strauss, 1949)



(Bourdieu, 1979)



(Lévi-Strauss, 1962)

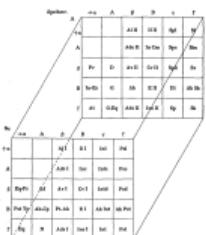


(Bourdieu, 1994)

Interprétabilité théorique

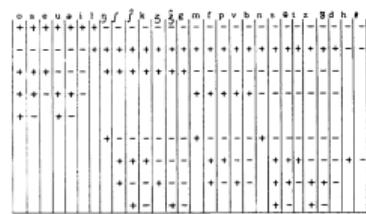
Hypothèse distributionnelle

Le contenu des unités linguistiques est déterminé par leur distribution dans un corpus.



(Hjelmslev, 1935)

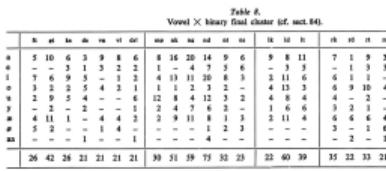
1. Vocalic/Non-vocalic
2. Consonantal/Non-consonantal
3. Compact/Diffuse
4. Grave/Acute
5. Flat/Plain
6. Nasal/Oral
7. Tense/Lax
8. Continuant/interrupted
9. Strident/Mellow



(Jakobson et al., 1952)



(Harris, 1960)



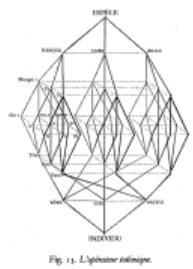
(Spang-Hanßen, 1959)

Hypothèse structurale

Le contenu linguistique est l'effet d'une structure virtuelle dérivée des pratiques linguistiques dans une communauté.

Répondant	Être + être	émission telle qu'il réagit	Famille
Père	+	+	-
Mère infant	+	+	-
Sœur	+	+	+ 10
Frère ou la mère	+	+	+
Frère ou la mère, émissaire ou émetteur	+	+	+
Chéri	+	+	+
Emmigré	+	+	+
Prostitution de l'adulte	-	+	+
Adulte	-	+	+
Adulte ou l'enfant entouré	-	+	+
Journaliste	-	+	+
Discours de Mère	+	+	+
Discours de Père	+	+	+
Prostitution de l'adolescent	-	+	+

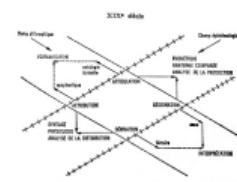
(Lévi-Strauss, 1949)



(Lévi-Strauss, 1962)



(Bourdieu, 1979)



(Foucault, 1966)



(Bourdieu, 1994)

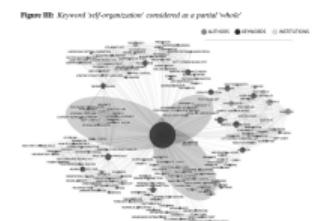


Figure III: 'Keyed self-organization' considered as a partial 'whole'

(Latour et al., 2012)

LIPN, UMR 7030 (Paris)

- ◊ Équipe LoCal (Logique et Calcul)
- ◊ Accent sur les **fondements**
(théorie des types, théorie de catégories, TAL)
- ◊ Rapprochement de différentes équipes
(eg. axe "Sc. des données")
- ◊ Forte interdisciplinarité
(santé, linguistique, physique, philosophie)

LIRMM, UMR 5506 (Montpellier)

- ◊ Équipe **TEXTE** (Exploration et exploitation de données textuelles)
- ◊ Accent sur les **applications**
(grammaires catégorielles, TAL, th. des types)
- ◊ Activités **transversales**
(eg. axe "IA et Sc. des données")
- ◊ Forte interdisciplinarité
(projet Muse: "Nourrir, Soigner, Protéger")

Dans les deux cas

- ◊ Collaboration et contact avec des membres et la direction
- ◊ Intégration des aspects **épistémologiques** et **sociétaux** dans la recherche
- ◊ Présentation de mon travail aux équipes

Publications en cours

- ◊ “Content from expressions” (accepté à *Synthèse*)
- ◊ “LMs over Canonical BPEs” (soumis à ICML)
- ◊ “Distributional typing” (en cours)
- ◊ Chapitre sur LLMs (en cours, Oxford Handbook)

Collaborations et projets

- ◊ Cluster “Foundations of AI”
(CUNY, Simons Foundation)
- ◊ Projet “Human Forms”
(soumis à E. Schmidt Foundation)

Conférences à venir

- ◊ ICLR 2025 (Singapour, 24-28/04)
- ◊ Séminaire “IA et créativité” (Strasbourg, 13/05)
- ◊ Symposium “Chat Token Vector” (Venise, 11-13/06 - Keynote)
- ◊ Séminaire “Linguistics and Language Models” (Dagstuhl, 21-25/07)

Références I

- Bourdieu, P. (1979). *La distinction: Critique sociale du jugement*. Éditions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1994). *Raisons pratiques: Sur la théorie de l'action*. Éditions du Seuil.
- Bradley, T.-D., Gastaldi, J. L., & Terilla, J. (2024). The structure of meaning in language: Parallel narratives in linear algebra and category theory. *Notices of the American Mathematical Society*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:263613625>
- Deleuze, G. (1954). Jean Hyppolite, *Logique et existence*. In D. Lapoujade (Ed.), *L'île déserte et autres textes. textes et entretiens 1953-1974* (pp. 18–23). Éditions de Minuit.
- Foucault, M. (1954). Introduction. (J. Verdeaux, Trans.). In L. Binswanger (Ed.), *Le Rêve et l'Existence* (pp. 9–128). Desclée de Brouwer.
- Foucault, M. (1966). *Les mots et les choses : Une archéologie des sciences humaines*. Gallimard.
- Gastaldi, J. L. (2009). La politique avant l'être. deleuze, ontologie et politique. *Cités*, (40), 59–73.
<http://www.jstor.org/stable/40599521>
- Gastaldi, J. L. (2010). Qu'est-ce qu'une figure? Lyotard et le problème du fondement d'une théorie de l'expression. In C. Pagès (Ed.), *Lyotard à nanterre*. Klincksieck.
- Gastaldi, J. L. (2011). L'esthétique au sein des mots: Discours, figure, ou le renouvellement du projet critique. In P. Maniglier (Ed.), *Le moment philosophique des années 1960 en france* (pp. 537–556). Presses Universitaires de France.
- Gastaldi, J. L. (2014, September). *Une archéologie de la logique du sens : arithmétique et contenu dans le processus de mathématisation de la logique au XIXe siècle* (Publication No. 2014BOR30035) [Theses]. Université Michel de Montaigne - Bordeaux III. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01174485>
- Gastaldi, J. L. (2015). Le sens d'une Logique du Sens: Deleuze, Frege et le rendez-vous manqué. In A. Jdey (Ed.), *Gilles deleuze: Politiques de la philosophie* (pp. 205–227). Métis Press.

Références II

- Gastaldi, J. L. (2016a). Frege's *Habilitationsschrift*: Magnitude, Number and the Problems of Computability. In F. Gadducci & M. Tavosanis (Eds.), *History and philosophy of computing* (pp. 168–185). Springer International Publishing.
- Gastaldi, J. L. (2016b). Par-delà métaphore et littéralité. Le statut des mathématiques dans l'œuvre de Deleuze. *Implications Philosophiques*.
<http://www.implications-philosophiques.org/actualite/une/par-dela-metaphore-et-litteralite/>
- Gastaldi, J. L. (2019). L'archéologie à l'épreuve des savoirs formels. Mathématiques et formalisation dans le projet d'une archéologie des savoirs. In J.-F. Braunstein, I. M. Diez, & M. Vagelli (Eds.), *L'épistémologie historique. histoire et méthodes*. Éditions de la Sorbonne.
- Gastaldi, J. L. (2021). Why Can Computers Understand Natural Language? *Philosophy & Technology*, 34(1), 149–214.
<https://doi.org/10.1007/s13347-020-00393-9>
- Gastaldi, J. L. (2022). Boole's Untruth Tables: The Formal Conditions of Meaning Before the Emergence of Propositional Logic. In J.-Y. Béziau, J.-P. Desclés, A. Moktefi, & A. C. Pascu (Eds.), *Logic in question: Talks from the annual sorbonne logic workshop (2011- 2019)* (pp. 119–149). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-94452-0_7
- Gastaldi, J. L. (2024a). Computing Cultures: Historical and Philosophical Perspectives. *Minds and Machines*, 34(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11023-023-09653-x>
- Gastaldi, J. L. (2024b). De Morgan's De Morgan's Laws Duality in the Emergence of Formal Logic. In R. Krömer & E. Haffner (Eds.), *Duality in 19th and 20th century mathematical thinking* (pp. 61–99). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59797-8_3

Références III

- Gastaldi, J. L. (2024c). How to Do Maths with Words: Neural Machine Learning Applications to Mathematics and Their Philosophical Significance. In B. Sriraman (Ed.), *Handbook of the history and philosophy of mathematical practice* (pp. 3191–3226). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-40846-5_142
- Gastaldi, J. L. (2024d). Introduction to the Semiology of Mathematical Practice. In B. Sriraman (Ed.), *Handbook of the history and philosophy of mathematical practice* (pp. 2955–2970). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-40846-5_130
- Gastaldi, J. L., Moot, R., & Rétoré, C. (2024). Le contexte en traitement automatique des langues. In G. Hassler (Ed.), *Le contexte en question*. Iste.
- Gastaldi, J. L., & Pellissier, L. (2021). The calculus of language: explicit representation of emergent linguistic structure through type-theoretical paradigms. *Interdisciplinary Science Reviews*, 46(4), 569–590.
<https://doi.org/10.1080/03080188.2021.1890484>
- Gastaldi, J. L., Terilla, J., Malagutti, L., DuSell, B., Vieira, T., & Cotterell, R. (2024). The Foundations of Tokenization: Statistical and Computational Concerns. <https://arxiv.org/abs/2407.11606>
- Gastaldi (ed.), J. L. (Ed.). (2024a). Computing Cultures: Historical and Philosophical Perspectives [Special Issue]. *Minds and Machines*, 34(1). Special Issue. <https://link.springer.com/collections/dgcffbghba>
- Gastaldi (ed.), J. L. (2024b). Section: Semiology of Mathematical Practice. In B. Sriraman (Ed.), *Handbook of the History and Philosophy of Mathematical Practice* (pp. 2955–3226). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-40846-5>
- Giulianelli, M., Malagutti, L., Gastaldi, J. L., DuSell, B., Vieira, T., & Cotterell, R. (2024). On the Proper Treatment of Tokenization in Psycholinguistics [To appear in the Proceedings of EMNLP 2024].
<https://arxiv.org/abs/2410.02691>

Références IV

- Harris, Z. (1960). *Structural linguistics*. University of Chicago Press.
- Hjelmslev, L. (1935). *La catégorie des cas*. Wilhelm Fink Verlag.
- Jakobson, R., Fant, G. M., & Halle, M. (1952). *Preliminaries to speech analysis: The distinctive features and their correlates*. MIT Press.
- Latour, B., Jensen, P., Venturini, T., Grauwin, S., & Boullier, D. (2012). 'The whole is always smaller than its parts' - a digital test of Gabriel Tardes' monads. *The British Journal of Sociology*, 63(4), 590–615.
- Lévi-Strauss, C. (1949). *Les structures élémentaires de la parenté*. Presses Universitaires de France.
- Lévi-Strauss, C. (1962). *La pensée sauvage*. Plon.
- Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. *CoRR*, abs/1310.4546.
- Sennrich, R., Haddow, B., & Birch, A. (2016). Neural machine translation of rare words with subword units. *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the ACL*, 1715–1725.
- Spang-Hanssen, H. (1959). *Probability and structural classification in language description*. Rosenkilde; Bagger.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in neural information processing systems* (Vol. 30). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fb0d053c1c4a845aa-Paper.pdf
- Vieira, T., LeBrun, B., Giulianelli, M., Gastaldi, J. L., DuSell, B., Terilla, J., O'Donnell, T. J., & Cotterell, R. (2024). From language models over tokens to language models over characters. <https://arxiv.org/abs/2412.03719>
- Zouhar, V., Meister, C., Gastaldi, J. L., Du, L., Sachan, M., & Cotterell, R. (2023). Tokenization and the Noiseless Channel. *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*, 5184–5207. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-long.284>

Références V

Zouhar, V., Meister, C., Gastaldi, J. L., Du, L., Vieira, T., Sachan, M., & Cotterell, R. (2023). A Formal Perspective on Byte-Pair Encoding. *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2023*, 598–614.
<https://doi.org/10.18653/v1/2023.findings-acl.38>

CNRS - Concours chercheurs 2025
DR Section 53 - Concours n° 53/01

*Épistémologie des modèles distributionnels de langage
par apprentissage machine*
Explicabilité formelle et interprétabilité théorique

Juan Luis Gastaldi

www.jlgastaldi.com/assets/gastaldi_cnrs_dr.pdf

