Université de Caen
CNRS ESA 6081

Structures Discrètes & Analyse Diophantienne

Rapport de recherche
– 2000-16 –

L'art de l'esquisse (2) : esquisse d'extension galoisienne

Pierre AGERON

Laboratoire SDAD, Mathématiques BP. 5186, Université campus 2, 14 032 Caen cedex, France
email : sdad@math.unicaen.fr tel : +33 231 56 73 22 fax : +33 231 56 73 20
internet : http://www.math.unicaen.fr/sdad/

Pierre Ageron

L'ART DE L'ESQUISSE (2) : ESQUISSE D'EXTENSION GALOISIENNE

RÉSUMÉ. La série « l'Art de l'esquisse » a pour but d'enrichir le traditionnel corpus d'exemples d'esquisses construites « à la main » et d'illustrer ainsi certains résultats théoriques obtenus ces dernières années. Dans cette deuxième livraison, nous décrivons deux esquisses dont la catégorie des modèles équivaut à un groupe fixé, puis une esquisse dont la catégorie des modèles équivaut à celle des extensions algébriques galoisiennes d'un corps commutatif fixé.

1. COMMENT ESQUISSER UN GROUPE.

Donnons-nous un groupe G, d'élément neutre noté 1. Nous considérerons G comme une catégorie à un seul objet. Nous nous proposons d'expliciter deux esquisses dont la catégorie des modèles équivaut à G. Pour ceci, la remarque essentielle, facile à établir, est la suivante :

PROPOSITION.— *Soit G un groupe. Vu comme catégorie à un seul objet, G est équivalent à la catégorie des G-ensembles principaux homogènes.*

Rappelons ici qu'on appelle G-ensemble *principal homogène* tout ensemble X muni d'une action de G vérifiant les trois conditions indépendantes suivantes :

— (0) X est non vide ;
— (1) le stabilisateur d'un élément quelconque de X se réduit à $\{1\}$;
— (2) l'orbite d'un élément quelconque de X est X tout entier.

Chacune des conditions (0), (1), (2) peut se traduire en termes de limites projectives et/ou inductives dans la catégorie $\mathbb{E}\mathrm{ns}$ des ensembles. En fait, il est plus élégant et plus utile de regrouper deux parmi les trois conditions (0), (1), (2) et de traduire directement leur conjonction. Nous proposons deux méthodes :

Première méthode. Les conditions (0) et (2) sont simultanément vérifiées (on dit alors que X est un G-ensemble *homogène*) si et seulement si le cône inductif

$$_g\circlearrowleft X \longrightarrow \mathbf{1} \qquad (g \in G)$$

est une limite inductive dans la catégorie $\mathbb{E}$ns.
La condition (1) est vérifiée si et seulement si, pour tout $g \in G \setminus \{1\}$, le cône projectif

$$\emptyset \longrightarrow X \overset{g}{\underset{\mathrm{id}}{\rightrightarrows}} X$$

est un noyau dans $\mathbb{E}$ns (où on note par abus g l'application qui envoie $x \in X$ sur gx)[1].

PROPOSITION.— *La catégorie des modèles de l'esquisse suivante est équivalente au groupe G :*
— son support est la catégorie à trois objets

$$0 \longrightarrow X^{\circlearrowleft g} \longrightarrow 1 \qquad (g \in G) \quad ;$$

— on distingue le cône projectif (resp. inductif) de sommet 1 *(resp.* 0*) et de base vide ;*
— on distingue le cône inductif

$$_g\circlearrowleft X \longrightarrow 1 \qquad (g \in G) \quad ;$$

— pour tout élément g de $G \setminus \{1\}$, on distingue le cône projectif

$$0 \longrightarrow X \overset{g}{\underset{\mathrm{id}}{\rightrightarrows}} X.$$

---

[1] Ce genre de condition est typique d'une classe d'esquisses décrites dans [Ageron92] sous le nom malheureux d' « esquisses galoisiennes » : ces esquisses sont la contrepartie syntaxique des catégories localement polyprésentables introduites par François Lamarche dans sa thèse (1988). Les groupes sont des catégories localement polyprésentables. Autre exemple : la catégorie des corps algébriquement clos.

Deuxième méthode. Les conditions (1) et (2) sont simultanément vérifiées (on dit alors que X est un G-ensemble *formellement principal homogène*(2)) si et seulement si le cône inductif discret

$$< g, 1 >: \ X \to X^2 \qquad (g \in G)$$

est une somme dans la catégorie $\mathbb{E}\mathrm{ns}$ (où on note $< g, 1 >$ l'application qui envoie $x \in X$ sur le couple (gx, x)).
La condition (0) est vérifiée si et seulement si le cône inductif

$$X^2 \overset{p_1}{\underset{p_2}{\rightrightarrows}} X \longrightarrow \mathbf{1}$$

est un conoyau dans la catégorie $\mathbb{E}\mathrm{ns}$ (où on note p_1, p_2 les deux projections de X^2 sur X).

PROPOSITION.— *La catégorie des modèles de l'esquisse suivante est équivalente au groupe G :*
— *son support est la catégorie à quatre objets engendrée par les données*

$$0 \to X^2 \;\overset{<g,1>}{\longleftarrow}\!\!\overset{p_1}{\underset{p_2}{\rightrightarrows}}\; X^{\circlearrowleft g} \to 1 \qquad (\, p_1 < g, 1 >= g, \quad p_2 < g, 1 >= \mathrm{id}_X, \quad g \in G \,) \quad ;$$

— *on distingue le cône projectif (resp. inductif) de sommet* 1 *(resp.* 0*) et de base vide ;*
— *on distingue le cône projectif* $\quad X^2 \overset{p_1}{\underset{p_2}{\rightrightarrows}} X \quad$;
— *on distingue les cônes inductifs*

$$< g, 1 >: \ X \to X^2 \qquad (g \in G) \qquad \text{et} \qquad X^2 \overset{p_1}{\underset{p_2}{\rightrightarrows}} X \longrightarrow 1.$$

(2) Ce terme est utilisé dans [Grothendieck71] (et appliqué à des G-objets plus généraux que des ensembles). L'utilisation de l'adverbe **formellement** est historiquement intéressante, car elle évoque immédiatement le point de vue des esquisses, avec ses limites projectives ou inductives **formelles**. Cependant, on est en droit de se demander en quoi les ensembles « formellement principaux homogènes » de Grothendieck sont plus formels que les ensembles « principaux homogènes » : nous montrons justement ici comment esquisser chacune de ces deux structures ! Une seule explication semble possible : Grothendieck est prêt à définir formellement (à esquisser) des structures par limites projectives et/ou par sommes, mais il se défie des limites inductives non discrètes. Or ces dernières étant inévitables pour esquisser la structure de G-ensemble principal homogène. C'est précisément ce point de vue (quelque peu superstitieux) qui a été longtemps opposé (par d'autres que Grothendieck) aux partisans des esquisses mixtes de l'école d'Ehresmann (c'est-à-dire à limites projectives et/ou inductives formelles quelconques). L'intérêt considérable de la notion d'esquisse mixte s'est trouvé définitivement établi par le théorème de [Lair81].

2. ESQUISSE D'EXTENSION GALOISIENNE.

Fixons un corps commutatif k. Choisissons-en une clôture séparable $\bar{k}$ et notons G le groupe de Galois absolu $\mathrm{Gal}(\bar{k}/k)$. Munissons G de la topologie de Krull : on déclare système fondamental de voisinages ouverts de $\mathrm{id}_{\bar{k}}$ l'ensemble des sous-groupes de la forme $\mathrm{Gal}(\bar{k}/K)$, où K est une extension séparable de degré fini de k. Le théorème fondamental de la théorie de Galois infinie (voir [Bourbaki81]) affirme alors que les applications

$$K \mapsto \mathrm{Gal}(\bar{k}/K) \qquad \text{et} \qquad H \mapsto \{x \in K \;/\; \forall g \in H \quad g(x) = x\}$$

établissent un anti-isomorphisme entre l'ensemble ordonné des extensions de k contenues dans $\bar{k}$ et l'ensemble ordonné des sous-groupes fermés de G. Dans cette dualité, les extensions *galoisiennes* (c'est-à-dire séparables et normales) correspondent exactement aux sous-groupes *distingués* fermés ; plus particulièrement, les extensions *galoisiennes de degré fini* correspondent exactement aux sous-groupes *distingués ouverts*.

Notons maintenant que toute extension galoisienne de k contenue dans $\bar{k}$ est extension composée filtrante de ses sous-extensions galoisiennes de degré fini. Il en résulte : *l'ensemble ordonné des extensions galoisiennes de k contenues dans $\bar{k}$ est isomorphe à l'ensemble ordonné des idéaux du demi-treillis inférieur* ([3]) *des sous-groupes distingués ouverts de G*, ou encore à l'ensemble ordonné (pour l'ordre point par point) des homomorphismes dans $\{0,1\}$ du demi-treillis inférieur des sous-groupes distingués ouverts de G.

Il est en fait bénéfique d'être un un peu plus précis : toute extension galoisienne de k contenue dans $\bar{k}$ est soit égale à k, soit extension composée filtrante de ses sous-extensions galoisiennes de degré fini distinctes de k. Il en résulte alors :

PROPOSITION.— *L'ensemble ordonné des extensions galoisiennes de k contenues dans $\bar{k}$ est isomorphe à celui des homomorphismes dans $\{0,1\}$ du quart-de-treillis inférieur des sous-groupes distingués ouverts stricts de G.*

Pour déduire une esquisse de cette proposition, il reste à remarquer (cf. [Ageron99]) que l'ensemble ordonné $\{0,1\}$ est équivalent à la sous-catégorie pleine de $\mathbb{E}\mathrm{ns}$ dont les objets sont les sous-singletons (cf. [Ageron99]), c'est-à-dire les ensembles X tels que

$$X \xleftarrow{\mathrm{id}} X \xrightarrow{\mathrm{id}} X$$

soit un cône produit dans la catégorie $\mathbb{E}\mathrm{ns}$. On va donc considérer l'esquisse suivante :

([3]) Pour nous, un demi-treillis inférieur a par définition un plus grand élément. Si tel n'est pas nécessairement le cas, nous parlons de quart-de-treillis inférieur.

— son support est l'ensemble, ordonné par inclusion, des sous-groupes distingués ouverts stricts de G ;
— pour tout objet H, on distingue le cône projectif

$$H \leftarrow H \rightarrow H;$$

— pour tout couple (H', H'') d'objets distincts on distingue le cône projectif

$$H' \leftarrow H' \cap H'' \rightarrow H''.$$

Cette esquisse est (purement) projective. De plus, tous ses cônes projectifs sont d'indexation finie, non vide et discrète. Elle est ainsi très comparable à l'esquisse, construite dans [Ageron00], dont la catégorie des modèles est équivalente à la droite réelle achevée. Notons aussi qu'il est naturel, mais a posteriori seulement, de grouper tous ses cônes projectifs en une seule famille, indexée par les couples (H', H'') d'objets *distincts ou non* :

$$H' \leftarrow H' \cap H'' \rightarrow H''$$

Mais cette esquisse n'est pas ce que nous voulons : entre deux de ses modèles, il n'y a jamais plus d'un morphisme, alors que nous souhaiterions synthétiser tous les homomorphismes de corps. En d'autres termes, nous n'avons pas esquissé la catégorie des extensions galoisiennes de k, mais l'ensemble ordonné sous-jacent à cette catégorie.

Nous allons donc reprendre le raisonnement en utilisant le fait, constaté par Grothendieck, que l'anti-isomorphisme entre l'ensemble ordonné des extensions galoisiennes de k contenues dans $\bar{k}$ et celui des sous-groupes distingués fermés de G se relève en une dualité de catégories (voir [Grothendieck71] ou [Diers92]). Précisément, la catégorie des extensions galoisiennes de k est dualement équivalente à la catégorie des G-ensembles homogènes dont les stabilisateurs sont des sous-groupes distingués fermés de G. Un calcul facile montre que cette dernière est équivalente à la catégorie $\overline{\mathbb{H}}$ suivante :

— ses objets sont les sous-groupes distingués fermés H de G,

— ses flèches de source H' et de but H sont les triplets (H', ω, H) tels que :
$H' \subset H$ et $\omega \in G \,/\, H$,

— la composée de deux flèches consécutives (4) est donnée par :
$(H', \omega, H) \circ (H'', \omega', H') = (H'', \omega'\bar{\omega}, H)$ où $\bar{\omega}$ est l'image dans G/H' de $\omega \in G/H$.

Comme plus haut, on remarque ensuite que toute extension galoisienne de k est limite inductive filtrante canonique d'extensions galoisiennes de degré fini, et même, plus

(4) Noter l'ordre des facteurs !

précisément, que toute extension galoisienne de k est soit isomorphe à k, soit limite inductive filtrante canonique d'extensions galoisiennes de degré fini non isomorphes à k. Notons alors $\mathbb{H}$ la sous-catégorie pleine de $\bar{\mathbb{H}}$ dont les objets sont les sous-groupes distingués ouverts stricts H de G ; on peut énoncer :

PROPOSITION.— *La catégorie des extensions galoisiennes de k équivaut à celle des foncteurs $M : \mathbb{H} \to \mathbb{E}\mathrm{ns}$, où $\mathbb{H}$ est la catégorie des sous-groupes distingués ouverts stricts de G, vérifiant les deux conditions suivantes :*
a. *pour chaque objet H de $\mathbb{H}$, le G/H-ensemble $M(H)$ est formellement homogène principal ;*
b. *si $H', H'' \in \mathrm{Ob}(\mathbb{H})$ sont distincts, si $M(H') \neq \emptyset$ et si $M(H'') \neq \emptyset$, alors $M(H' \cap H'') \neq \emptyset$.*

Cette proposition va nous conduire à l'esquisse cherchée. On a vu dans la première partie que la condition **a.** se traduit dans le langage des limites ensemblistes. La condition **b.** semble a priori moins évidente à esquisser, car $H' \cap H''$ n'est *pas* le produit de H' et H'' dans $\mathbb{H}$. En fait, on peut subodorer qu'ici encore, les cônes projectifs se rassembleront en une seule famille, indexée par les couples (H', H'') d'objets de $\mathbb{H}$, distincts ou non. Effectivement, par analogie avec **a.**, on remarque qu'il suffit pour traduire **b.** de spécifier dans l'esquisse le fait, facile à vérifier, que le cône inductif discret

$$< g, 1 > : \; G/(H' \cap H'') \to G/H' \times G/H'' \qquad (g \in G/H')$$

est une somme dans la catégorie $\mathbb{E}\mathrm{ns}$ (où on note $< g, 1 >$ l'application qui envoie $x(H' \cap H'')$ sur le couple (gxH', xH'')).

Nous pouvons donc conclure (en rappelant que $\mathbb{H}$ désigne la catégorie des sous-groupes distingués ouverts stricts de G décrite plus haut) :

PROPOSITION.— *La catégorie des modèles de l'esquisse suivante est équivalente à la catégorie des extensions galoisiennes de k :*
— *son support est la catégorie qui a pour objets les éléments de* $\mathrm{Ob}(\mathbb{H}) \cup \mathrm{Ob}(\mathbb{H})^2$ *et a pour flèches, outre celles de $\mathbb{H}$, de nouvelles flèches*

$$H' \xleftarrow{p'} (H', H'') \xrightarrow{p''} H'' \qquad \text{et} \qquad H' \cap H'' \xrightarrow{<g,1>} (H', H'')$$

pour tout $(H', H'') \in \mathrm{Ob}(\mathbb{H})^2$ et tout $g \in G/H'$, telles que $p' < g, 1 >= g$ et $p'' < g, 1 >= 1$;
— *pour tout $(H', H'') \in \mathrm{Ob}(\mathbb{H})^2$, on distingue le cône projectif*

$$H' \xleftarrow{p'} (H', H'') \xrightarrow{p''} H'' \quad ;$$

— *pour tout $(H', H'') \in \mathrm{Ob}(\mathbb{H})^2$, on distingue le cône inductif*

$$< g, 1 > : \; H' \cap H'' \to (H', H'') \qquad (g \in G/H').$$

3. REMARQUES.

Il était abstraitement prévisible, en utilisant un résultat de [Makkai-Paré89], que la catégorie des extensions galoisiennes de k serait esquissable : en effet, il s'agit d'une catégorie essentiellement petite dont tous les idempotents sont scindés. Mais ceci ne donne aucune information sur la forme possible d'une esquisse.

Observons maintenant la forme de l'esquisse que nous avons obtenue :

(1) tous ses cônes projectifs distingués sont d'indexation finie, non vide et discrète ;

(2) tous ses cônes inductifs distingués sont d'indexation discrète.

Quelles sont les propriétés de la catégorie des extensions galoisiennes de k qui sont reflétées par (1) et (2) ? En combinant [Diers80], [Ageron99], [Adámek-Rosický++], on montre :

PROPOSITION.— *Les catégories de modèles des esquisses vérifiant* (1) *et* (2) *sont exactement (à équivalence près) les catégories localement petites* $\mathbb{A}$ *telles que :*

(a) $\mathbb{A}$ *est une « variété généralisée »*

(c'est-à-dire possède les limites inductives tamisantes (5) *et contient un ensemble d'objets fortement finiment présentables dense par limites inductives tamisantes) ;*

(b) $\mathbb{A}$ *possède un objet initial strict ;*

(c) $\mathbb{A}$ *possède les limites projectives d'indexation connexe.*

Si nous avions noté d'emblée que la catégorie des extensions galoisiennes de k satisfait $(a), (b), (c)$, la démonstration de la proposition ci-dessus nous aurait fourni *automatiquement* l'esquisse que nous avons obtenue directement.

On pourrait aussi faire remarquer que tous les cônes inductifs distingués de notre esquisse sont d'indexation non vide. Cette précision est illusoire, car on voit facilement que :

PROPOSITION.— *À équivalence près, on ne change pas la catégorie des modèles (ensemblistes) d'une esquisse en remplaçant chaque cône inductif d'indexation vide*

$$\longrightarrow X$$

par le cône inductif d'indexation non vide et discrète

$$X \xrightarrow{\mathrm{id}} X \xleftarrow{\mathrm{id}} X.$$

---

(5) Les limites inductives tamisantes dans Ens sont celles qui commutent aux produits finis. Comme dans le cas ds limites inductives filtrantes, cette condition ne dépend que de la catégorie indexant cette limite : tel est le sens de [Lair96], mal compris dans [Adámek-Rosický++]. On peut alors étendre la notion à une catégorie quelconque. Un objet fortement finiment présentable est un objet dont le foncteur représentable associé préserve les limites inductives tamisantes : cette notion et celle de variété généralisée apparaissent dans [Adámek-Rosický++].

Enfin signalons qu'il découle de la caractérisation ci-dessus que :

PROPOSITION.— *Toutes les catégories multialgébriques prégaloisiennes (au sens de [Diers91]) sont esquissables par une esquisse vérifiant* (1) *et* (2).

BIBLIOGRAPHIE.

[Adámek-Rosický++] Jiří ADÁMEK and Jiří ROSICKÝ, *On sifted colimits and generalized varieties*, prépublication, 20 pages

[Ageron92] Pierre AGERON, *The logic of structures*, Journal of Pure and Applied Algebra 79 (1992) 15-34

[Ageron99] Pierre AGERON, *Limites inductives point par point dans les catégories accessibles*, Diagrammes, à paraître

[Ageron00] Pierre AGERON, *L'art de l'esquisse (1) : esquisse de nombre réel*, à paraître

[Bourbaki81] Nicolas BOURBAKI, *Éléments de mathématique. Algèbre - chapitres 4 à 7* (Masson, 1981)

[Diers80] Yves DIERS, *Catégories multialgébriques*, Archiv der Mathematik 34 (1980) 193-209

[Diers91] Yves DIERS, *Catégories multialgébriques prégaloisiennes*, Cahiers de topologie et de géométrie différentielle catégoriques XXXII (1991) 279-296

[Diers92] Yves DIERS, *Catégories multialgébriques galoisiennes*, Cahiers de topologie et de géométrie différentielle catégoriques XXXIII (1992) 55-69

[Grothendieck71] Alexandre GROTHENDIECK, *Revêtements étales et groupe fondamental (SGA1)*, LNM 224 (Springer, 1971)

[Lair81] Christian LAIR, *Catégories modelables et catégories esquissables*, Diagrammes 6 (1981) L1-L20

[Lair96] Christian LAIR, *Esquissabilité des catégories modelables (accessibles) possédant les produits de deux*, Diagrammes 35 (1996) 25-52

[Makkai-Paré89] M. MAKKAI and R. PARÉ, *Accessible categories : the foundations of categorical model theory* (AMS, 1989)

Rapports de recherche SDAD

– 1999 –

99-1 S. Louboutin, *The class number one problem for the dihedral and dicyclic CM-fields.*
99-2 Y. Lefeuvre & S. Louboutin, *The class number one problem for the dihedral CM-fields.*
99-3 S. Louboutin, Y.-H Park & Y. Lefeuvre, *Construction of the real dihedral number fields of degree $2p$. Applications.*
99-4 B. Leclerc, *Decomposition numbers and canonical bases.*
99-5 G. Grätzer & F. Wehrung, *The strong independence theorem for automorphism groups and congruence lattices of arbitrary lattices.*
99-6 G. Grätzer & F. Wehrung, *On the number of join-irreducibles in a congruence representation of a finite distributive lattice.*
99-7 G. Grätzer, H. Lakser & F. Wehrung, *Congruence amalgamation of lattices.*
99-8 B. Leclerc et J.Y. Thibon, *Représentations induites d'algèbres de Hecke affines et singularités de R-matrices.*
99-9 T. Kepka & P. Němec, *Selfdistributive groupoids.*
99-10 P. Dehornoy, *The fine structure of LD-equivalence.*
99-11 G. Basset, *Quasi-commuting extensions of groups.*
99-12 M. Picantin, *The conjugacy problem of small Gaussian groups.*
99-13 B. Lichtin, *On a question of Heath-Brown.*
99-14 V. Girardin & A. Ricordeau, *Analysis of information into margins : a log-linear parametric approach.*
99-15 P. Dehornoy, *The geometry monoid of left self-distributivity.*
99-16 S. Louboutin, *Sur le calcul numérique des constantes des équations fonctionnelles des fonctions L associées aux caractères impairs.*
99-17 P. Dehornoy, *The group of self-distributivity is orderable.*
99-18 S. Louboutin, *Explicit bounds for residues of Dedekind zeta functions and relative class numbers.*
99-19 F. Wehrung, *Representation of algebraic distributive lattices with $\aleph_1$ compact elements as ideal lattices of regular rings.*
99-20 R. Malgouyres & M. More, *On the Computational Complexity of Basic Problems of 2D Digital Topology.*
99-21 J. Cougnard, *Construction de base normale pour les extensions modérément ramifiées des rationnels à groupe D_4.*
99-22 A. Lascoux, B. Leclerc & J.-Y. Thibon, *The plactic monoid (chapitre 6 de "Lothaire II, Combinatorics of words").*
99-23 C. Lecouvey, *Schensted-Type correspondence, Plactic Monoid and Jeu de Taquin for type C_n.*
99-24 N. Creignou, S. Khanna & M. Sudan, *Complexity Classifications of Boolean Constraint Satisfaction Problems.*
99-25 P. Ageron, *Limites inductives point par point dans les catégories accessibles.*
99-26 J. Ježek & T. Kepka, *Selfdistributive groupoids. Part D1 : left distributive semigroups.*
99-27 F. Wehrung, *Forcing extensions of partial lattices.*
99-28 J. Tůma & F. Wehrung, *Unsolvable one-dimensional lifting problems for congruence lattices of lattices.*
99-29 J. Ngatchou Wandji, *Weak convergence of some marked empirical processes. Application to testing heteroskedasticity.*
99-30 M. Kuwata, *Elliptic $K3$ surfaces with given Mordell-Weil rank.*

– 2000 –

00-1 V. Girardin, *Relative entropy, constraints on spectral densities and ARMA models definition.*
00-2 O. Foda, B. Leclerc, M. Okado & J.Y. Thibon, *Ribbon tableaux and q-analogues of fusion rules in WZW conformal field theories.*
00-3 P. Dehornoy, *Study of an identity.*

- 00-4 R. Choulet, *Des résultats d'irrationalité pour deux fonctions particulières.*
- 00-5 R. Choulet, *Résultats d'indépendance pour la fonction de Tschakaloff et pour un analogue de l'exponentielle.*
- 00-6 I. Hardy, Y. Hellegouarch et R. Paysant-Le Roux, *Fractions continues normales dans un corps de fonctions hyperelliptiques.*
- 00-7 P. Casevitz, *The complexity of subdifferentiation and its inverse on convex functions in Banach spaces.*
- 00-8 C. Moreira dos Santos, *Decomposition of strongly separative monoids.*
- 00-9 T. Rivoal, *Irrationalité d'une infinité de valeurs de la fonction zêta aux entiers impairs.*
- 00-10 M. Picantin, *The center of small Gaussian groups.*
- 00-11 P. Dehornoy, *Petits groupes gaussiens.*
- 00-12 B. Anglès, *Norm Residue Symbol and the First Case of Fermat's Equation.*
- 00-13 S. Samborski, *Extensions of Nonlinear Partial Differential Expressions and Viscosity Solutions. One Useful Space.*
- 00-14 P. Ageron, *Esquisses inductives et presque inductives.*
- 00-15 P. Ageron, *L'art de l'esquisse (1) : esquisse de nombre réel.*
- 00-16 P. Ageron, *L'art de l'esquisse (2) : esquisse d'extension galoisienne.*