Astérisque

CLAUDE LAMOUREUX

Propriétés géométriques des feuilletages de codimension un liées à la structure transverse

Astérisque, tome 116 (1984), p. 117-133
<http://www.numdam.org/item?id=AST_1984__116__117_0>

PROPRIÉTÉS GÉOMÉTRIQUES DES FEUILLETAGES DE CODIMENSION UN LIÉES À LA STRUCTURE TRANSVERSE

Claude LAMOUREUX

Table des Matières

1 - INTRODUCTION

Le but de ce travail est d'indiquer brièvement de nouveaux résultats de captage de feuilles exceptionnelles et de théorèmes à la Poincaré-Bendixson pour les feuilletages de codimension un de classe C^2 de variétés non nécessairement compactes et de groupe fondamental, ou de H_1, non nécessairement de type fini.

Ces résultats sont directement dans la ligne de ces journées car i) le captage des feuilles est essentiellement le phénomène transverse d'holonomie ;

ii) les quelques rares hypothèses faites sur les feuilles étudiées concernent le sécant d'homotopie, ou le sécant d'homologie, c'est-à-dire la famille des transversales fermées à ces feuilles ;

iii) les méthodes de démonstration, seulement esquissées ici, utilisent, via des réductions algébriques, des résultats antérieurs reposant sur l'étude de feuilletages avec singularités induits sur des surfaces de dimension 2 génériquement transverses au feuilletage étudié.

Avant d'exposer proprement ces résultats, il nous faudra tout d'abord préciser ces questions d'holonomie et de transversales fermées à une feuille donnée, vues d'un point de vue géométrique.

En revanche, nous ne ferons pas l'injure de rappeler au lecteur la classification de Denjoy en feuilles propres, exceptionnelles et denses, le fait qu'il suffise de traiter les feuilles les plus gênantes, à savoir les feuilles exceptionnelles [45] , que ces feuilles abondent dans les feuilletages C^0 (Poincaré), C^1 (Denjoy [9,46]) , et surtout dans les feuilletages C^∞ de dimension supérieure (exemples de Sacksteder, Hector, Rosenberg, et Roussarie, Raymond etc ..... [42,21,39,34]).

2 - SUR LE PHÉNOMÈNE D'HOLONOMIE

Le phénomène géométrique d'holonomie, cf. [12,13,16] pour d'autres points de vue, est le plus classiquement et le mieux représenté par la figure représentant une famille de spirales σ_s s'enroulant autour et d'un seul côté d'un "cycle-limite" γ de Poincaré, feuille homéomorphe à un cercle (on peut aussi en vue d'autres questions envisager les cas du polycycle-limite et du cycle limite de cycles-limites).

Dans une telle situation nous dirons chacune des spirales "captée" par γ .

En dimensions supérieures, nous dirons la feuille F captée par une feuille G s'il existe un cylindre transverse au feuilletage considéré sur lequel une des traces de F est captée par un cycle-limite trace de G dans le feuilletage sans singularité induit par $\mathfrak{F}$. Une feuille F donnée peut-être, en dimensions supérieures, captée par plus de deux feuilles ; on parlera plus simplement de feuille F captée (= trapped leaf) lorsqu'on ne souhaitera pas préciser l'ensemble non-vide de feuilles captant F .

Cette propriété de captage passant à un revêtement d'orientation transverse éventuellement non trivial, nous pourrons dans toute la suite supposer que le feuilletage considéré est transversalement orienté , sans toutefois méconnaître les pathologies des feuilletages orientables [20,6] ou non orientables [10,22] de dimension 1 et de codimension 1 [27].

Il est clair qu'une feuille F captée est coupée par une transversale fermée de dimension 1 au feuilletage qui est librement homotope à un lacet d'une feuille de $\mathfrak{F}$.

Cette propriété admet une réciproque en codimension 1 dès que $\mathfrak{F}$ est, par exemple, transversalement C^2, cf. [24] .

D'autres méthodes permettent d'étendre cette caractérisation dans le cadre de l'homologie, et non plus seulement de l'homotopie libre, lorsqu'il s'agit de feuilles nulle part denses ou de feuilletages dans lequel on est assuré de l'existence d'ensembles minimaux [23] . Nous n'insisterons pas davantage sur cette seconde caractérisation, parce qu'elle semble irrémédiablement tomber en défaut dans le cas des feuilletages non transversalement C^2. Il n'empêche que notre extension des principaux résultats obtenus sur les saturés de transversale fermée homotope à zéro au cas des transversales fermées homologues à zéro est indispensable pour l'abélianisation qui va suivre.

En dimensions supérieures, il est très fréquent de rencontrer une feuille captée par elle-même, si l'on n'a pas fait les hypothèses ad hoc permettant de s'affranchir des difficultés liées à la présence de telles feuilles. Nous avons proposé [23,24] d'appeler une telle feuille une <u>feuille-ressort</u> (ressort = leaf-spring , feuille-ressort = <u>spring-leaf</u>) ; récemment, Cantwell et Conlon [3] ont proposé le terme de resilient leaf .

3 - <u>SUR QUELQUES INVARIANTS TRANSVERSES ASSOCIÉS A UNE FEUILLE</u>

A l'exception près de feuilles fermées d'un type particulier, celles qui sont à elles-seules une composante de et le long desquelles on peut découper le feuilletage en des feuilletages plus simples, les feuilles des feuilletages de codimension 1 <u>transversalement orientés</u> sont coupées par des transversales fermées.

Il est clair que la connaissance de toutes les transversales fermées de classe C^1 à un feuilletage C^1 permet, lorsqu'il n'y a qu'une composante de Novikov, de décrire complètement le feuilletage, puisqu'elle permet de déterminer, en chaque point le plan tangent aux feuilles !

De cette présentation (originale* d'un feuilletage sur M comme sous-espace fonctionnel de $C^0(S^1,M)$), nous ne retiendrons que les <u>invariants topologiques</u> suivants :

- le <u>sécant d'homotopie</u> d'une feuille F en x_0 , noté $\Pi S(x_0,F)$, est le sous-semi-groupe constitué par tous les éléments de $\pi_1(M,x_0)$ qui sont représentables par un lacet transverse à $\mathfrak{F}$;

* par rapport à [8,14,18,33,35] ?),

- le sécant d'homologie $H\,S\,(F,\mathfrak{F})$ est de façon similaire le sous-semi-groupe de $H_1(M)$, à coefficients entiers pour fixer les idées, des classes représentables par une transversale fermée qui rencontre F .

On peut composer un lacet de F et une transversale fermée à $\mathfrak{F}$ en un même point x_o de F , lisser le lacet composé pour le rendre transverse, puis passer à la classe d'homotopie ou d'homologie de ce composé.

On se convainc alors que :

- le "groupe fondamental apparent" de la feuille F, noté habituellement $i_* \ \pi_1(F,x_o)$ opère canoniquement à droite et à gauche sur le sécant d'homotopie $\Pi S(x_o,\mathfrak{F})$;

- le "groupe d'homologie apparent" de la feuille F , noté habituellement $i_* \ H_1(F)$ opère canoniquement sur le sécant d'homologie $HS(F,\mathfrak{F})$.

Le but du présent travail est d'utiliser pleinement cette situation algébrique, remarquée en [25] , d'un type assez particulier puisque l'existence de semi-groupe quotient n'est pas toujours assurée : nous montrerons sur quelques exemples que ces opérations reflètent de nombreuses propriétés géométriques de la feuille F , mieux que les sécants d'homotopie et d'homologie, seuls considérés dans [24] .

4 - UN EXEMPLE DE PROPRIÉTÉS GÉOMÉTRIQUES NOUVELLES LIÉES À L'OPÉRATION DU GROUPE FONDAMENTAL APPARENT

Nous sommes en mesure d'énoncer avec toute la précision voulue des propriétés de structure géométrique de l'adhérence de feuilles qui sont liées aux opérations précédemment indiquées des invariants des feuilles sur les invariants sécants. Nous commençons par l'homotopie :

Théorème 1 . Soit F une feuille d'un feuilletage $\mathfrak{F}$ tr. orienté, tr. C^2 de codimension 1 , dont le sécant d'homotopie est abélien et dont le groupe fondamental apparent est de présentation finie.

Si F est exceptionnelle, alors F est captée (si de plus $\bar{F}$ est minimal, alors $\bar{F}$ contient une feuille-ressort).

La démonstration du théorème 1 consiste à reprendre, en tenant compte des opérations canoniques indiquées plus haut, toute la démonstration d'un théorème plus faible de [24] , où il était indispensable de supposer le sécant d'homotopie de présentation finie.

Elle permet en fait de donner des résultats de structure plus précis :

Complément 1 : Soit F une feuille non-captée vérifiant les hypothèses du premier alinéa du théorème 1 . Si le rang du semi-groupe quotient du sécant d'homotopie par l'action du groupe fondamental apparent est inférieur ou égal à 1 ,

i) la feuille F est propre ,

i bis) son enveloppe $\bar{F}$ - F est une réunion de feuilles fermées.

Complément 2 : Avec les hypothèses et notations du complément 1 et si ce rang est supérieur ou égal à 2 ,

ii) la feuille F est localement dense (et son enveloppe $\bar{F}$ - F est une réunion de feuilles vérifiant chacune soit i) et i bis) , soit ii)).

Il est clair que le complément 1 est un théorème à la Poincaré-Bendixson et que le complément 2 est un théorème à la Denjoy.

Leur conjonction fournit directement le théorème 1 , ainsi que la structure de la plupart des feuilletages sans holonomie des variétés de groupe fondamental abélien , cf. [25,38] etc ... , le cas compact étant bien connu , cf. [41,49 , voir aussi 26] .

Remarque 1 : La démonstration du Complément 2, n'utilise absolument pas le fait que le groupe fondamental apparent de F admette une présentation finie, cf. [24] .

Remarque 2 : Il nous semble qu'une démonstration directe du Complément 1 soit possible également sans cette hypothèse (Nous reviendrons ailleurs sur cette question qui est la seule direction dans laquelle on puisse espérer une amélioration du théorème 1 dans le cas abélien), mais seulement lorsque le semi-groupe quotient est de présentation finie. Cette dernière condition semblerait difficile à vérifier, et peu naturelle, mais en fait toutes les méthodes actuellement connues de construction explicite de feuilletages sont telles qu'il n'y a aucun problème ...

5 - UN EXEMPLE SIMILAIRE LIÉ À L'OPÉRATION DU GROUPE D'HOMOLOGIE APPARENT

Nous passons maintenant au cas similaire de l'homologie où tout devient commutatif, mais sans que la complexité des feuilletages étudiés soit éliminée pour autant .....

Théorème 2 : Soit F une feuille d'un feuilletage $\mathfrak{F}$ tr. orienté tr. C^2 de codimension 1 , dont le semi-groupe quotient du sécant d'homologie par l'action du groupe d'homologie apparent est une extension finie de Z^+ .

Si F est exceptionnelle, F est captée (si de plus $\bar{F}$ est minimal, $\bar{F}$ contient une feuille-ressort).

La démonstration du théorème 2 consiste à reprendre la démonstration d'un théorème similaire concernant les feuilles exceptionnelles des variétés de premier groupe d'homologie de présentation finie et de rang sur Z inférieur ou égal à 1 [25] . La partie algébrique de la démonstration est ici la même que pour celle du complément 1 . La partie géométrique repose ici sur les familles bordantes, au lieu des famille simplement bordantes, et semble requérir expressément l'hypothèse tr. C^2 . Il en résulte alors le :

Complément 3 : Soit F une feuille nulle part dense non-captée vérifiant les hypothèses du premier alinéa du théorème 2 . Alors la feuille F est propre et son enveloppe est une réunion de feuilles fermées.

6 - UN EXEMPLE MIXTE

Lorsque le semi-groupe quotient du sécant d'homologie par l'opération du groupe d'homologie apparent de la feuille est de rang supérieur ou égal à 2 , sans pour autant contenir l'élément nul, nous rencontrons un problème nouveau lié à la représentation du commutateur de deux éléments arbitraires du sécant d'homotopie de la feuille.

C'est un problème inévitable qu'il est impossible d'esquiver comme le montrera un exemple ultérieur. Voici toutefois une situation où l'on peut conclure, en combinant les méthodes de démonstration des théorèmes 1 et 2 :

Théorème 3 : Soit $\mathfrak{F}$ un feuilletage transversalement orienté et transversalement de classe C^2 d'une variété M .

Soit F une feuille de groupe fondamental apparent de présentation finie dont le sécant d'homotopie vérifie : $[\Pi S(x_o,\mathfrak{F}) , \Pi S(x_o,\mathfrak{F})]$ est contenu dans $\Pi S(x_o,\mathfrak{F}) \cup i \quad \pi_1(F,x_o) \cup \Pi S^{-1}(x_o,\mathfrak{F})$.

Si F est exceptionnelle, alors F est captée.

On remarquera évidemment que le théorème 1 est un cas très particulier du théorème 3 .

7 - EXEMPLES D'APPLICATIONS DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS AUX FEUILLETAGES TRANSVERSES ET AUX FEUILLETAGES USUELS

Nous considérons ici le cas des feuilletages transverses à une fibration en cercles, en droites, ou en segments I obtenus de la façon suivante explicitée par exemple dans Haefliger [18] : si (B,y_o) désigne la base pointée de la fibration, on fait opérer $\pi_1(B,y_o)$ sur $\hat{B} \times R$ ou $\hat{B} \times I$ par deck-transformations sur le premier facteur et par "la représentation d'holonomie" $r : \pi_1(B,y_o) \longrightarrow$ Diff (R, I ou S^1).

La considération du revêtement universel $\hat{B} \times R$ ou $\hat{B} \times I$ montre que pour tout point x_o de ce fibré M , tout élément de $\pi_1(M,x_o)$ est représentable soit par un lacet de la feuille de x_o , soit par une transversale fermée (à l'orientation près) : l'hypothèse requise dans le théorème 3 sur le commutateur des éléments du sécant d'homotopie est trivialement vérifiée dans ce type de feuilletages. Il en résulte le

Corollaire 1 :

Soit F une feuille d'un feuilletage tr. C^2 tr. orienté d'un feuilletage $\mathcal{F}$ transverse à une fibration en cercles, droites ou segments du type précédemment décrit.

Si F est exceptionnelle et de groupe d'homologie $H_1(F)$ de présentation finie, alors F est une feuille captée.

Remarque fondamentale 3 :

Dans la mesure où toutes les feuilles exceptionnelles connues sont des feuilles de feuilletages obtenus par recollements et/ou tourbillonnements de feuilletages de ce type, avec des variétés du premier groupe d'homologie de présentation finie, le corollaire 1 fournit le captage de toutes les feuilles exceptionnelles connues ... , cf. introduction.

Remarque 4 :

Le corollaire 1 explique a posteriori que les efforts effectués pour construire des feuilletages transverses, C^2 , sans holonomie et admettant des feuilles exceptionnelles, n'aient pas été couronnés de succès (cf. [45] : il faut travailler avec des sous-groupes de Diff^2 (S^1 ou R) dont l'abélianisé est de rang infini !

8 - L'OPTIMALITE DES RÉSULTATS OBTENUS

L'exemple de feuilletage de classe C^1 sur le tore T^2 dû à Denjoy [9] montre que l'hypothèse de classe C^2 est indispensable au captage des feuilles exceptionnelles même dans le cas abélien.

Au contenu près des remarques 1 et 2, le théorème 1 est optimal dans le cadre abélien.

De nombreux participants à ces journées m'ont fait remarquer par ailleurs que l'on peut retirer un lacet bien choisi à l'unique feuille-ressort du feuilletage de Sacksteder [42] pour obtenir un feuilletage C^2 sans holonomie avec feuilles exceptionnelles : cet exemple n'est pas transverse, la variété obtenue n'est pas compacte, elle est de π_1 non abélien, les feuilles exceptionnelles ont un sécant d'homotopie non abélien, mais de présentation finie, ne vérifiant pas la condition du théorème 3, et leur sécant d'homologie ne vérifie pas la condition du théorème 2.

Ceci montre que les théorèmes 2 et 3 sont optimaux en ce qui concerne le rang du semi-groupe quotient du sécant d'homologie.

9 - UNE REMARQUE SUR LA STABILITÉ DES FEUILLES-RESSORTS

Considérons une feuille-ressort R d'un feuilletage $\mathfrak{F}_o C^2$, tr. or. , d'une variété M compacte sans bord, pour fixer les idées.

Alors R est coupé par une transversale fermée homologue à zéro τ dans M , d'après une remarque de l'auteur devenue classique.

Alors tout feuilletage $\mathfrak{F}$ du même type et suffisamment C^1 proche de $\mathfrak{F}_o$ admet également τ_o comme transversale fermée. Il résulte de notre étude des saturés de transversales fermées homologues à zéro (références dans [24]) que $\mathfrak{F}$ doit avoir de l'holonomie, et qu'il doit contenir une feuille-ressort, excepté dans le cas précis où tous les ensembles minimaux de $\mathcal{F}$ sont des feuilles compactes.

Autrement dit, l'existence de feuilles-ressorts est stable par petites perturbations C^1, sauf s'il y a des feuilles compactes dans le feuilletage perturbé.

(On peut aussi remarquer qu'il résulte des travaux de Plante [30,31] la propriété trop peu explicitée suivante : toute feuille rencontrant τ_o est à croissance exponentielle, donc l'existence d'un ouvert saturé composé de feuilles à croissance exponentielle est de la même façon stable).

10 - RELATION AVEC LES AUTRES METHODES D'ÉTUDES DES FEUILLETAGES

Les résultats obtenus sont des résultats de captage par feuilles-ressorts. En petite dimension, l'holonomie de captage est réalisée seulement par les poly-cycles limites et les feuilles compactes, il s'agit donc partiellement de théorèmes à la Poincaré - Bendixson [2,32] et à la Denjoy-Schwartz (cf. [9,47,44]). Selon les cas, ces théories liées à la dimension 1 sont utilisées, la réduction géométrique étant fournie par une généralisation du disque en position transverse de Haefliger [19] .

La réduction algébrique est d'un type nouveau, lié à l'introduction des sécants d'homotopie et d'homologie. On peut ne pas perdre de vue que l'introduction de ces deux semi-groupes, ainsi que l'opération des groupes d'homotopie ou d'homologie de la feuille sur eux, permet de rester très longtemps dans le cadre agréable des semi-groupes, notre méthode des familles bordantes permettant ensuite de ne plus avoir affaire qu'à des pseudo-groupes "de rang 1" de difféomorphismes de R , cf. [24] . C'est là que se situe la différence de filiation avec les méthodes de Sacksteder [40,41,43] qui considère des pseudo-groupes de type fini où la compacité du feuilletage intervient.

L'auteur profite de l'occasion pour dire combien les résultats de Sacksteder sur les variétés compactes l'ont stimulé et pour exprimer son absence totale d'étonnement lorsqu'il s'est avéré que l'exemple le plus simple de feuilletage C^2 sans holonomie avec feuilles exceptionnelles est l'exemple de Sacksteder, convenablement chirurgisé comme indiqué en 8.

Il est tout aussi peu étonnant de remarquer que cet unique exemple modifié soit la borne naturelle commune à l'extension de ces deux méthodes, si différentes dans leurs champs d'application, excepté évidemment dans le cas des feuilletages transverses aux fibrés compacts en cercles, cf. [9,36,40] . C'est d'ailleurs dans de tels feuilletages que l'on percevra le mieux la dualité de la méthode des sécants avec celles de Plante [30,31] , de Sullivan [48] , de Connes [7] , pour les feuilles à croissance non-exponentielles, les questions de croissance géométrique [17] ou algébrique [31,36], les relations entre le rang des quotients des sécants et la structure de l'espace-quotient [1,5,50] dans les cas sans holonomie , puis dans les cas avec holonomie, sans compter les relations entre feuilles-ressorts et la classe gv [11,15] , ainsi que les autres propriétés transverses [4,28] et le rôle du H_1 [13,18, 29, 37, 48] et des H_i [26] .

Ce qui est en revanche un peu étonnant, en fait excusable, mais gênant, c'est que les résultats obtenus montrent que de très nombreux feuilletages admettent des feuilles-ressorts, dont l'existence s'avère stable ; or leur présence est, pour l'instant du moins, un obstacle à l'application de la plupart des autres techniques...

B I B L I O G R A P H I E

[1] BARRE R. Théorie des Q-variétés et théorie de Hodge mixte (ces journées).

[2] BENDIXSON I. Sur les courbes définies par des équations différentielles. Acta. Math. 24 (1901),p.1-88

[3] CANTWELL J. and CONLON L. Non-exponential leaves at finite level. To appear in Trans. A.M.S.

[4] CARRIERE Y. Flots riemanniens (Ces journées)

[5] CARTIER P. Variétés quotients : regards rétrospectifs sur leur développement (Ces journées)

[6] CHERRY T. M. Analytic quasi-periodic curves of discontinuous type on a torus. Proc. London Math. Soc. 44 (1938), p. 175-215

[7] CONNES A. K-théorie, théorie de l'indice et feuilletages (Par exemple, review dans ces Journées)

[8] COPPEY L. Paratopologies et feuilletages Cahiers de Topologie et de Géométrie Différ. 10 (1968), p. 271-299

[9] DENJOY A. Sur les courbes définies par les équations différentielles à la surface du tore. J. de Math. Pures et Appl. 11 (1932), p. 333-375

HERMANN M. Thèse (1976), Orsay

[10] DUBOIS-VIOLLETTE Thèse (1950), Paris

[11] DUMINY G. L'invariant de Godbillon-Vey se localise dans les feuilles-ressorts (A paraître) 1982

[12] EHRESMANN C. Sur les espaces fibrés différentiables. CRAS 224 (1947), p. 1611-1612

[13] EHRESMANN C. Sur les variétés plongées dans une variété différentiable. CRAS 226 (1948), p. 1879-1880

[14] EHRESMANN C. et REEB G. Sur les champs d'éléments de contact de dimension p complètement intégrables dans une variété continûment différentiable. CRAS 218 (1944), p. 955-957

[15] GHYS E. et SERGIESCU V. Stabilité et conjugaison différentiable pour certains feuilletages. Topology 19 (1980), p. 179-197

[16] GODBILLON C. Holonomie transversale. CRAS 264 (1967) p. A 1050-1052

[17] GREENLEAF F.P. Invariant means on topological groups and their applications. New York, 1969

[18] HAEFLIGER A. Variétés feuilletées. Ann. Ec. Norm. Pisa 16 (1964), p. 367-397

[19] HAEFLIGER A. Sur les feuilletages analytiques CRAS 242 (1956), p. 2908-2910

[20] HAEFLIGER A et REEB G. Variétés (non séparées) à une dimension et structures feuilletées du plan. Enseignement Math. 3 (1957), p. 107-125

[21] HECTOR G. Thèse (1972), Strasbourg

[22] KNESER H. Reguläre Kurvenscharen auf den Ringflächen Math. Annalen 91 (1924), p. 135-154

[23] LAMOUREUX C. Non-bounded leaves in codimension one foliations. Differential Topology and geometry, Dijon 1974 . Lecture Notes in Math, n° 484

[24] LAMOUREUX C. Feuilletages des variétés compactes et non compactes. Ann. Inst. Fourier, 26 (1976) p. 221-271

[25] LAMOUREUX C. The structure of foliations without holonomy of non-compact manifolds with fundamental group Z. Topology, 13 (1974), p. 219-224

[26] LAMOUREUX C. Homologie et homotopie des variétés feuilletées en codimension 1 , Compte-rendus 280 (1975) , p. 411-414 .

[27] MARKLEY N. G. Non-trivial minimal sets -A survey. Differential Equations and Dynamical systems II. Lecture Notes in Math, Springer n° 144

[28] MOLINO P. (par exemple ces Journées)

[29] MOUSSU R. et ROUSSARIE R. Une condition suffisante pour qu'un feuilletage soit sans holonomie. CRAS 271 (1970), p. A 240-243

[30] PLANTE J. F. Foliations with mesure preserving holonomy Ann. of Math. 102 (1975), p. 327-361

[31] PLANTE J. F. Asymptotic properties of foliations. Comm. Math. Helv. 47 (1972), p. 449-456

[32] POINCARE H. Sur les courbes définies par les équations différentielles. CRAS Paris 90 (1980), p. 673-675

[33] PRADINES (Ces Journées)

[34] RAYMOND B. Oberwolfach, May 1971 et Thèse (1976), Orsay

[35] REEB G. Sur certaines propriétés topologiques des variétés feuilletées. Hermann, 1952

[36] REEB G. Sur les structures feuilletées de codimension 1 et sur un théorème de Denjoy. Ann. Inst. Fourier 14 (1964), p. 221-226

[37] ROGER C. (Ces journées)

[38] ROSENBERG H. The rank of $S^2 \times S^1$. Amer. J. of Math.

[39] ROSENBERG H. et R. ROUSSARIE Les feuilles exceptionnelles ne sont pas exceptionnelles. Comm. Math. Helv. 45 (1970), p. 517-523

[40] SACKSTEDER R. Some properties of foliations. Ann. Inst. Fourier 141 (1964), p. 31-35

[41] SACKSTEDER R. Foliations and pseudo-groups. Ann. of Math. 87 (1965), p. 79-102

[42] SACKSTEDER R. On the existence of exceptional leaves in foliations of codimension one. Ann. Inst. Fourier 14, 2 (1914), p. 221-225

[43] SACKSTEDER R. and SCHWARTZ A. Limit sets of foliations. Ann. Inst. Fourier 15, 2 (1965), p. 201-213

[44] SCHWARTZ A. A generalization of a Poincaré-Bendixson theorem to closed-dimensional manifolds. Amer. J. of Math. 85 (1963), p. 453-458 et p. 753

[45] SCHWEITZER P.A. Some open problems in foliation theory and related areas . Proceedings Rio de Janeiro (1976). Lecture Notes A. in Math., n° 652

[46] SCHWEITZER P. Counterexamples to the Seifert conjecture and opening closed leaves in foliations. Ann. of Math. 100 (1974), p.

[47] SIEGEL C.L. Note on differential equations on the torus. Annals of Math. 46 (1945), p. 423-428

[48] SULLIVAN D. Cycle for dynamical study of foliated manifolds. Inv. Math. 36 (1976), p. 225-255

[49] TISCHLER D. On fibering certain foliated manifolds over S^1 . Topology 9 (1970), p. 153-154

[50] VAN EST (Ces Journées).

Claude LAMOUREUX
Ecole Centrale de Paris
59 Boulevard Arago
F - 75013 - PARIS