

<b>Zeitschrift:</b>	L'Enseignement Mathématique
<b>Herausgeber:</b>	Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique
<b>Band:</b>	14 (1968)
<b>Heft:</b>	1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE
 <b>Artikel:</b>	 CLASSES DE CHERN D'UN ESPACE HOMOGÈNE PRESQUE COMPLEXE
<b>Autor:</b>	Maumary, S.
<b>Kapitel:</b>	2. Extension des fibres principaux
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-42358">https://doi.org/10.5169/seals-42358</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Comment la classe d'Euler  $\chi(\xi_\alpha^J)$  est-elle déterminée par  $\phi_\alpha^J$ ? Si  $T$  est un tore maximal dans  $G$ , on pourra donner une réponse complète.

En ce qui concerne les classes caractéristiques, on suppose seulement que l'on connaît, pour tout fibré vectoriel réel orienté, sa classe d'Euler, sa suite exacte de Gysin et l'existence d'une application classifiante.

*Exemple :*

Si  $G = U_{n+1}$  (groupe unitaire à  $n+1$  variables), et

$$U = \left( \begin{array}{c|c} U_1 & 0 \\ \hline 0 & U_n \end{array} \right),$$

l'application  $G/U \rightarrow PC^n$  induite par  $g \mapsto g(1, 0, \dots, 0)$ ,  $g \in G$ , est un difféomorphisme. Mais la variété  $PC^n$  admet une structure complexe invariante par  $G$ , donnée au voisinage de  $(1:0:\dots:0)$  par la carte  $(1:z_2:\dots:z_{n+1}) \mapsto (z_2, \dots, z_{n+1})$ . Soit  $J$  la structure complexe invariante induite sur le fibré tangent réel  $\xi$  à  $PC^n$ . Alors  $\xi^J$  est le fibré tangent complexe.

Soit

$$T = \begin{pmatrix} U_1 & & O \\ & U_1 & \dots \\ O & & U_1 \end{pmatrix} = U_1 \times \dots \times U_1$$

le tore dans  $U$ , qui est d'ailleurs maximal dans  $G$ . Par définition,  $\iota^J(\exp ix_1, \dots, \exp ix_{n+1})$ ,  $x_\alpha \in \mathbf{R}$ , est la différentielle complexe de la translation

$$(1:z_2:\dots:z_{n+1}) \mapsto (\exp ix_1:z_2 \exp ix_2:\dots:z_{n+1} \exp ix_{n+1}) = \\ (1:z_2 \exp i(x_2-x_1):\dots:z_{n+1} \exp i(x_{n+1}-x_1))$$

au point  $(1:0:\dots:0)$ . Dans la carte ci-dessus, on a donc

$$\iota^J(\exp ix_1, \dots, \exp ix_{n+1})(z_\alpha) = z_\alpha \exp i(x_\alpha - x_1), \quad \alpha > 1.$$

Donc

$$\phi_\alpha^J(\exp ix_1, \dots, \exp ix_{n+1})(z_\alpha) = z_\alpha \exp i(x_\alpha - x_1).$$

## 2. EXTENSION DES FIBRÉS PRINCIPAUX

Etant donné un groupe de Lie compact réel  $G$ , un  $G$ -fibré principal  $P$  est défini par un espace  $E(P)$  muni d'une action *libre* et continue de  $G$ , à droite, et par une projection  $\pi : E(P) \rightarrow B(P)$  sur un espace de base compact  $B(P)$ , telle que  $\pi(x) = \pi(y) \Leftrightarrow x \in yG$ . Un morphisme de  $G$ -fibrés prin-

cipaux  $P' \rightarrow P$  est une application  $f : E(P') \rightarrow E(P)$  équivariante par  $G$ ; elle induit une application  $B(P') \rightarrow B(P)$ . Pour toute application  $q : B' \rightarrow B(P)$ , on appelle image réciproque  $q^*P$  de  $P$  le  $G$ -fibré principal d'espace  $E(q^*P) = \{(x, y) \in B' \times E(P) \mid q(x) = \pi(y)\}$  muni de l'action  $(x, y)g = (x, yg)$  de  $g \in G$ , et de la projection  $(x, y) \rightarrow x$  sur  $B(q^*P) = B'$ . Lorsque  $q$  est induit par un morphisme de  $G$ -fibrés principaux  $P' \rightarrow P$ , alors  $q^*P \approx P'$ .

*Exemples :*

1) Soit  $U$  un sous-groupe fermé d'un groupe de Lie compact  $G$ . En posant  $E = G$  muni des translations à droite par  $U$ ,  $B = G/U$ , et  $\pi(g) = gU$ ,  $g \in G$ , on obtient un  $U$ -fibré principal que l'on notera  $G_U$ . Plus généralement, si  $P$  est un  $G$ -fibré principal, on obtient un  $U$ -fibré principal  $P_U$  en posant  $E(P_U) = E(P)$ ,  $B(P_U) = E(P)/U$ , et  $\pi(x) = xU$ ,  $x \in E(P)$ .

2) Soit  $E = S^{2n+1} \subset \mathbf{C}^{n+1}$ , muni de l'action  $(z_1, \dots, z_{n+1})\lambda = (z_1\lambda, \dots, z_{n+1}\lambda)$  du groupe unitaire  $U_1$ ,  $B = P\mathbf{C}^n$ , et  $\pi : S^{2n+1} \rightarrow P\mathbf{C}^n$  l'application canonique. On obtient ainsi un  $U_1$ -fibré principal  $\gamma$ , appelé fibré de Hopf.

Etant donné un  $G$ -fibré principal  $P$  et un  $G$ -espace  $F$ , c'est-à-dire un espace muni d'une action continue à gauche de  $G$ , on appelle fibré de fibre  $F$  associé à  $P$  l'espace  $E(P) \times_G F$  quotient de  $E(P) \times F$  par la relation  $(x, y) = (xg, gy)$ ,  $g \in G$ , muni de la projection  $E(P) \times_G F \rightarrow B(P)$  induite par  $(x, y) \mapsto \pi(x)$ . On notera  $P[F]$  ce fibré et  $x \times_G y$  la classe de  $(x, y)$  dans  $E(P) \times_G F$ .

*Exemple :*

Soit  $\xi$  un fibré vectoriel complexe de rang  $n$  sur un espace compact  $B$ . Introduisons sur  $\xi$  un produit scalaire paramétré continûment par les fibres, et soit  $E$  l'ensemble des bases orthonormées  $(e_i(b))$  des fibres de  $\xi$ , muni de l'action du groupe unitaire  $U_n$  donnée par  $(e_i(b))A = \sum_i a_{ji}e_i(b)$ ,  $A = (a_{ij}) \in U_n$ , ( $A$  devient ainsi la matrice de passage d'une base à l'autre).

Soit  $\pi : E \rightarrow B$  la projection  $(e_i(b)) \mapsto b$ . Afin d'obtenir une topologie convenable sur  $E$ , considérons un ouvert trivialisant  $U \subset B$ , c'est-à-dire que  $\xi|_U \approx U \times \mathbf{C}^n$ . Pour  $b \in U$ , l'application  $(e_i(b)) \mapsto (b, A)$ ,  $A =$  matrice de passage de la base canonique de  $\mathbf{C}^n$  à  $(e_i(b))$ , est une bijection  $\phi_U : \pi^{-1}(U) \approx U \times U_n$  équivariante par  $U_n$ , ce dernier agissant par

translations à droite sur  $U \times U_n$ . Donc, si  $V$  est un autre ouvert trivialisant pour  $\xi$ , alors  $\phi_V \phi_U^{-1}(b, A) = (b, A(b)A)$  où  $A(b) \in U_n$  dépend continûment de  $b \in U \cap V$ . Il en résulte une topologie sur  $E$  pour laquelle les  $\phi_U$  sont des homéomorphismes, et l'action de  $G$  est continue. Cet espace muni de  $\pi$  détermine donc un  $U_n$ -fibré principal  $P$ . Pour le  $U_n$ -espace canonique  $\mathbf{C}^n$ ,  $E \times \mathbf{C}^n$  est homéomorphe à  $E(\xi)$  par  $(e_i(b))_{U_n} \times (y_i) \mapsto \sum_i y_i e_i(b)$ , d'où un isomorphisme  $\xi \approx P[\mathbf{C}^n]$ .

En particulier, le fibré vectoriel canonique  $\eta$  sur  $P\mathbf{C}^n$ , dont l'espace est par définition  $\{(x, y) \in P\mathbf{C}^n \times \mathbf{C}^{n+1} \mid y \in x\}$ , est associé de la manière précédente au fibré de Hopf  $\gamma$ .

Considérons maintenant un  $G$ -fibré principal  $P$  et un homomorphisme  $\phi : G \rightarrow G'$ . Ce dernier détermine canoniquement une action à gauche de  $G$  sur  $G'$ , d'où le fibré associé  $P[G']$ . Mais on peut munir  $E(P) \times_G G'$  des translations à droite par  $G'$ . Alors  $P[G']$  devient un  $G'$ -fibré principal  ${}_G P$ , appelé  $\phi$ -extension de  $P$ . Un  $G'$ -espace  $F$  devient par  $\phi$  un  $G$ -espace et alors  ${}_G P[F]$  est canoniquement isomorphe à  $P[F]$ .

Un isomorphisme de  $G'$ -fibrés principaux  $h : {}_G P \approx P'$  correspond biunivoquement à une application  $f : E(P) \rightarrow E(P')$ , telle que  $f(xg) = f(x)\phi(g)$ , la correspondance étant donnée par  $f(x) = h(x \times 1)$ .

*Exemple :*

Soit  $P$  un  $G$ -fibré principal,  $U$  un sous-groupe fermé, et  $i$  l'inclusion de  $U$  dans  $G$ . Si  $q : E(P)/U \rightarrow B(P)$  est l'application  $xU \mapsto \pi(x)$ , alors  $q^*P$  est canoniquement isomorphe à la  $i$ -extension du  $U$ -fibré principal  $P_U$ . En effet, cet isomorphisme correspond à l'application  $E(P_U) \rightarrow E(q^*P)$  donnée par  $x \mapsto (xU, x)$ .

*Lemme :* Soit  $G$  un groupe de Lie réel compact,  $U$  un sous-groupe fermé de  $G$ , et  $\iota$  la représentation isotrope de  $U$  dans  $\mathbf{R}^n = (G/U)_0$ . Alors le fibré tangent  $\xi$  à  $G/U$  est  $G_U[\mathbf{R}^n]$ ,  $\mathbf{R}^n$  étant le  $U$ -espace déterminé par  $\iota$ .

*Preuve :* Choisissons dans  $\xi$  un produit scalaire invariant par les translations à gauche de  $G/U$  par  $G$ . Cela revient à choisir un produit scalaire dans  $\mathbf{R}^n = (G/U)_0$  invariant par  $\iota$ . On a vu que  $\xi$  est associé au  $0_n$ -fibré principal  $P'$ , ( $0_n$  = groupe orthogonal à  $n$  variables), dont l'espace  $E(P')$  est celui des bases orthonormées des fibres de  $\xi$ . Choisissons une base orthonormée fixée  $(e_i)$  dans  $\mathbf{R}^n = (G/U)_0$ , et considérons l'application  $f : E(G_U) \rightarrow E(P')$  donnée par  $g \mapsto dg(e_i)$ , en interprétant  $g$  comme translation à

gauche de  $G/U$ . On a évidemment  $f(gu) = f(g)\iota(u)$  pour  $u \in U$ , donc  $f$  détermine un isomorphisme  $\iota(G_U) \approx P'$ . Il en résulte l'isomorphisme annoncé  $G_U[\mathbf{R}^n] \approx \xi$ .

*Corollaire* : Dans les conditions du lemme, soient  $T$  un sous-groupe de  $U$ , et  $q : G/T \rightarrow G/U$  l'application canonique  $gT \mapsto gU$ . Alors  $q^*\xi$  est le fibré  $G_T[\mathbf{R}^n]$ ,  $\mathbf{R}^n$  étant le  $T$ -espace déterminé par  $\iota|T$ .

*Preuve* : On a déjà vu que  $q^*G_U$  est la  $i$ -extension de  $G_T$ . Or  $q^*\xi$  est associé au  $0_n$ -fibré principal  $q^*P'$ , donc  $q^*P' \approx q^*(\iota(G_U)) = \iota(q^*G_U) = \iota(G_T)$ . Il en résulte que  $q^*\xi \approx G_T[\mathbf{R}^n]$ , pour l'action  $\iota|T$  de  $T$  sur  $\mathbf{R}^n$ .

### 3. INTERPRÉTATIONS DES REPRÉSENTATIONS COMPLEXES IRRÉDUCTIBLES D'UN TORE T

Tout homomorphisme différentiable  $h : U_1 \rightarrow U_1$  est de la forme  $h(\exp ix) = \exp iax$ ,  $a \in \mathbf{Z}$ . Cela résulte du fait que la différentielle d'une translation à gauche  $\tau_g$  de  $U_1$  est en tout point l'identité  $\mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ , ce qui implique  $dh(g) = dh(1)$ ,  $g \in U_1$ , en vertu de  $dh(g) \circ d\tau_g(1) = d(h \circ \tau_g)(1) = d(\tau_{(hg)} \circ h)(1)$ . Alors  $h$  est nécessairement de la forme ci-dessus, avec  $a \in \mathbf{R}$ . Mais si  $x \in \mathbf{Z}$ , on doit avoir  $ax \in \mathbf{Z}$ , c'est-à-dire  $a \in \mathbf{Z}$ . Plus généralement, si  $T = U_1 \times \dots \times U_1$  et si  $k_j : U_1 \rightarrow T$  applique  $\exp ix$  sur  $(1, \dots, 1, \exp ix, 1, \dots, 1)$ , tout homomorphisme  $h : T \rightarrow U_1$  est de la forme  $h(\exp ix_1, \dots, \exp ix_n) = \prod_j h \circ k_j(\exp ix_j) = \prod_j \exp i a_j x_j = \exp i(a_1 x_1 + \dots + a_n x_n)$ ,  $a_j \in \mathbf{Z}$ . D'où une bijection canonique  $\alpha : \text{Hom}(T, U_1) \approx \mathbf{Z}^n$ ,  $\alpha(h) = (a_j)$ . Par ailleurs,  $\text{Hom}(T, U_1)$  est un groupe abélien pour la multiplication des homomorphismes, et l'on voit aussitôt que  $\alpha$  est un isomorphisme de groupes. En composant  $\alpha$  avec l'inclusion  $\mathbf{Z}^n \rightarrow \text{Hom}_R(\mathbf{R}^n, \mathbf{R})$  donnée par  $(a_j) \mapsto a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$ , on obtient l'homomorphisme injectif  $h \mapsto dh(1, \dots, 1)$  de  $\text{Hom}(T, U_1)$  dans le dual de l'algèbre de Lie  $\mathfrak{t} = \mathbf{R}^n$  de  $T$ . En particulier, si  $p_j$  est la projection de  $T$  sur son  $j^{ieme}$  facteur,  $\alpha(P_j)$  est la fonction coordonnée  $x_j$  sur  $\mathbf{R}^n$ .

Considérons maintenant les groupes de cohomologie  $H^1(T; \mathbf{Z})$  et  $H^1(U_1; \mathbf{Z})$ , où l'on suppose  $U_1$  orienté de la manière habituelle. Alors  $H^1(U_1; \mathbf{Z}) = \mathbf{Z}$ , donc tout  $h \in \text{Hom}(T, U_1)$  détermine un élément  $h^*(1) \in H^1(T; \mathbf{Z})$ ,  $h^*$  étant l'homomorphisme  $H^1(U_1; \mathbf{Z}) \rightarrow H^1(T; \mathbf{Z})$  induit par  $h$ . On obtient ainsi un homomorphisme naturel  $\nu_T : \text{Hom}(T, U_1) \rightarrow H^1(T; \mathbf{Z})$ .