Let Y and V be as in Proposition 4.9; then, since $\mathrm{Sp}(V, \mathbb{R}_+^n) \subseteq \mathrm{Sp}(T, \mathbb{R}_+^n)$, we see that $\mathrm{Sp}(V, \mathbb{R}_+^n)$ must be the union of its relatively open compact subsets. By Proposition 4.9, $\mathrm{Sp}(V, S)$ must be empty and hence $Y = \{0\}$ by Corollary 2.2, so that $X = \bigcap_{s \in S} T(s)[X]$. Thus each $T(s)$ is surjective and T is invertible.

The assumption in Theorem 5.3 that $\mathrm{Sp}_{\mathrm{u}}(T, \mathbb{R}_+^n)$ is the union of its compact, relatively open subsets is equivalent to the condition that the connected components of $\mathrm{Sp}_{\mathrm{u}}(T, \mathbb{R}_+^n)$ are bounded. (We are grateful to Robin Knight for showing us a proof of this.)

References

[1] H. Alexander, *On a problem of Stolzenberg in polynomial convexity*, Illinois J. Math. 22 (1978), 149–160.

[2] —, *Totally real sets in* C^2, Proc. Amer. Math. Soc. 111 (1991), 131–133.

[3] W. Arendt and C. J. K. Batty, *Tauberian theorems and stability of one-parameter semigroups*, Trans. Amer. Math. Soc. 306 (1988), 837–852.

[4] C. J. K. Batty and Vũ Quôc Phóng, *Stability of strongly continuous representations of abelian semigroups*, Math. Z. (1992), 75–88.

[5] R. G. Douglas, *On extending commutative semigroups of operators* , Bull. London Math. Soc. 1 (1969), 157–159.

[6] Yu. I. Lyubich, *Introduction to the Theory of Banach Representations of Groups*, Birkhäuser, Basel, 1988.

[7] Yu. I. Lyubich and Vũ Quôc Phóng, *Asymptotic stability of linear differential equations in Banach spaces*, Studia Math. 88 (1988), 37–42.

[8] G. K. Pedersen, *C^*-algebras and their Automorphism Groups*, Academic Press, London, 1979.

[9] Vũ Quôc Phóng and Yu. I. Lyubich, *A spectral criterion for asymptotic almost periodicity for uniformly continuous representations of abelian semigroups*, Teor. Funktsiĭ Funktsional. Anal. i Prilozhen. 50 (1988), 38–43 (in Russian); English transl.: J. Soviet Math. 49 (1990), 1263–1266 .

[10] W. Rudin, *Fourier Analysis on Groups*, Wiley, New York, 1962.

[11] G. M. Sklyar and V. A. Shirman, *On the asymptotic stability of a linear differential equation in a Banach space*, Teor. Funktsiĭ Funktsional. Anal. i Prilozhen. 37 (1982), 127–132 (in Russian).

[12] G. Stolzenberg, *Polynomially and rationally convex sets*, Acta Math. 109 (1963), 259–289.

[13] J. Wermer, *Banach Algebras and Several Complex Variables*, Springer, New York, 1976.

ST. JOHN'S COLLEGE
OXFORD OX1 3JP
ENGLAND

ST. CATHERINE'S COLLEGE
OXFORD OX1 3UJ
ENGLAND

Received August 19, 1993 (3150)

STUDIA MATHEMATICA 110 (3) (1994)

Remarques sur la structure interne des composantes connexes semi-Fredholm

par

MOSTAFA MBEKHTA (Lille)

Résumé. Soit $\mathcal{C}(X,Y)$ l'ensemble des opérateurs fermés à domaines denses dans l'espace de Banach X à valeurs dans l'espace de Banach Y, muni de la métrique du gap. Soit $F_n = \{T \in \mathcal{C}(X,Y) : T$ semi-Fredholm avec $\mathrm{ind}(T) = n\}$ et $C_{n,m} = \{T \in F_n : \alpha(T) = n + m\}$, où $\alpha(T)$ est la dimension du noyau de T. Nous montrons que $\bigcup_{m=0}^{j} C_{n,m}$ est un ouvert de F_n (et donc ouvert dans $\mathcal{C}(X,Y)$) et que $C_{n,m}$ est dense dans $\bigcup_{j \geq m} C_{n,j}$. Nous déduisons quelques résultats de densités. A la fin de se travail nous donnons un exemple d'espace de Banach X tel que, d'une part, F_n n'est pas connexe dans $B(X)$ et d'autre part, l'ensemble des opérateurs semi-Fredholm n'est pas dense dans $B(X)$, contrairement au cas Hilbertien.

Soient X et Y deux espaces de Banach et $\mathcal{C}(X,Y)$ l'ensemble des opérateurs fermés de domaines denses dans X et à valeurs dans Y. Pour $T \in \mathcal{C}(X,Y)$, notons $N(T)$ et $R(T)$ respectivement le noyau et l'image de T. Nous dirons que $T \in \mathcal{C}(X,Y)$ est *semi-Fredholm* (et nous notons $T \in S\Phi(X,Y)$) si $R(T)$ est fermé et $\min(\alpha(T), \beta(T)) < \infty$, où $\alpha(T) = \dim N(T)$ et $\beta(T) = \operatorname{codim} R(T)$. Si $T \in S\Phi(X,Y)$, alors l'indice de T sera noté $\mathrm{ind}(T) = \alpha(T) - \beta(T)$.

Dans la suite, on utilisera les notions et les notations du [4, ch. IV].

THÉORÈME 1 [4, théorème 5.17, ch. IV]. *Soit $T, S \in \mathcal{C}(X,Y)$ et T semi-Fredholm. Alors $\exists \delta > 0$ tel que si $\widehat{\delta}(S,T) < \delta$, alors :*

(1) *S est semi-Fredholm;*
(2) $\mathrm{ind}(T) = \mathrm{ind}(S)$;
(3) *$\alpha(S) \leq \alpha(T)$ et $\beta(S) \leq \beta(T)$,*

où $\widehat{\delta}(S,T)$ est le gap entre les graphes de S et de T (voir [4, ch. IV, §2]).

Remarque 1. Le théorème 1 montre que l'ensemble des opérateurs semi-Fredholm est un ouvert de $\mathcal{C}(X,Y)$ muni de la topologie du gap.

1991 *Mathematics Subject Classification*: 47A55, 47B05.
Key words and phrases: semi-Fredholm operators, index of an operator, perturbation.

D'autre part, l'indice reste constant dans chaque composante connexe de $S\Phi(X,Y)$.

Pour $n \in \overline{\mathbb{Z}} = \mathbb{Z} \cup \{-\infty, \infty\}$, notons

$$F_n = \{T \in S\Phi(X,Y) : \operatorname{ind}(T) = n\};$$

alors F_n est un ouvert de $\mathcal{C}(X,Y)$ (voir théorème 1).

Remarque 2. Dans le cas des espaces de Hilbert, F_n est connexe (cf. [1], [5] et [2]). En général, dans le cas des opérateurs bornés dans des espaces de Banach, F_n n'est pas connexe (cf. exemple à la fin de ce papier). Par contre, F_n est connexe dans $\mathcal{C}(X,Y)$ (cf. [7], [8]).

Notons $C_{n,m} = \{T \in F_n : \alpha(T) = n+m\} = \{T \in F_n : \beta(T) = m\}$, où $m \geq 0$.

THÉORÈME 2. *Soit* $n \in \overline{\mathbb{N}} = \mathbb{N} \cup \{\infty\}$. *Alors :*

(i) $\forall j \geq 0$, $\bigcup_{m=0}^{j} C_{n,m}$ *est un ouvert de* F_n *(et donc, un ouvert de* $\mathcal{C}(X,Y)$*).*

(ii) $\forall m \geq 0$, $C_{n,m}$ *est dense dans* $\bigcup_{j\geq m} C_{n,j}$.

(iii) $\forall m \geq 0$, $\partial C_{n,m} = \bigcup_{j>m} C_{n,j}$ *où* $\partial C_{n,m}$ *est la frontière de* $C_{n,m}$ *dans* $\bigcup_{j\geq m} C_{n,j}$.

Démonstration. (i) Soit $T \in \bigcup_{m=0}^{j} C_{n,m}$. Alors $\exists m_0 \in \mathbb{N}, 0 \leq m_0 \leq j$, tel que $T \in C_{n,m_0} \subset F_n$ avec $\beta(T) = m_0$. D'après le théorème 1, $\exists \delta > 0$ tel que si $S \in \mathcal{C}(X,Y)$ avec $\widehat{\delta}(T,S) < \delta$, alors $S \in F_n$ et $0 \leq \beta(S) \leq \beta(T) = m_0 \leq j$.

Par conséquent, $S \in \bigcup_{m=0}^{j} C_{n,m}$.

(ii) Soit $T \in \bigcup_{j>m} C_{n,j}$. Alors $\exists i > 0$ tel que $\beta(T) = m+i$, d'où il existe $\{e_1', \ldots, e_{i+m}'\}$ une famille libre de vecteurs normés dans Y tel que $\operatorname{span}\{e_1', \ldots, e_{i+m}'\} \cap R(T) = \{0\}$, où $\operatorname{span}\{e_1', \ldots, e_{i+m}'\}$ est le sous-espace engendré par $\{e_1', \ldots, e_{i+m}'\}$.

D'autre part, $\alpha(T) = n+m+i \geq i$, d'où il existe $\{e_1, \ldots, e_i\}$ une famille libre de vecteurs de $N(T)$. Alors par le théorème de Hahn–Banach, il existe $f_1, \ldots, f_i \in X^*$ tels que $f_k(e_j) = \delta_{kj}$ et $\|f_k\| = 1$ pour $1 \leq k, j \leq i$.

Soit $\varepsilon > 0$. Posons

$$S_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{i} \sum_{j=1}^{i} f_j \otimes e_j'$$

où $f_j \otimes e_j'$ est l'opérateur de rang 1 défini par $\forall x \in X$, $(f_j \otimes e_j')(x) = f_j(x)e_j' \in Y$. Alors S_ε est un opérateur borné de X dans Y, de rang fini et $\|S_\varepsilon\| \leq \varepsilon$. Posons maintenant $T_\varepsilon = T + S_\varepsilon$ et montrons que

$$R(T_\varepsilon) = R(T) \oplus \operatorname{span}\{e_1', \ldots, e_i'\}.$$

Il est clair que

$$R(T_\varepsilon) \subset R(T) + R(S_\varepsilon) = R(T) \oplus \operatorname{span}\{e_1', \ldots, e_i'\}.$$

Montrons l'inclusion inverse. Puisque $T_\varepsilon e_j = S_\varepsilon e_j = (\varepsilon/i)e_j'$ pour $0 \leq j \leq i$, on a $\operatorname{span}\{e_1', \ldots, e_i'\} \subset R(T_\varepsilon)$.

D'autre part, si $y = Tx \in R(T)$ alors $w = x - \sum_{k=1}^{i} f_k(x)e_k$ vérifie $Tw = Tx$ et $S_\varepsilon(w) = 0$, d'où $y = Tx = (T+S_\varepsilon)w \in R(T_\varepsilon)$, et donc $R(T) \subset R(T_\varepsilon)$. Par conséquent, $R(T_\varepsilon) = R(T) \oplus \operatorname{span}\{e_1', \ldots, e_i'\}$ et $\beta(T_\varepsilon) = m$.

Puisque S_ε est de rang fini, on a $T_\varepsilon \in F_n$, d'où $T_\varepsilon \in C_{n,m}$.

Finalement, en utilisant [4, Théorème 2.14, ch. IV], on obtient $\widehat{\delta}(T, T_\varepsilon) \leq \|S_\varepsilon\| \leq \varepsilon$, ce qui achève la démonstration de (ii).

(iii) $\partial C_{n,m}$ est la frontière de $C_{n,m}$ dans $\bigcup_{j\geq m} C_{n,j}$, c'est-à-dire, l'intersection de l'adhérence de $C_{n,m}$ avec l'adhérence du complément de $C_{n,m}$ dans $\bigcup_{j\geq m} C_{n,j}$, c'est-à-dire de $\bigcup_{j>m} C_{n,j}$.

D'autre part, $C_{n,m}$ est dense dans $\bigcup_{j\geq m} C_{n,j}$ et $\bigcup_{j>m} C_{n,j}$ est fermé (le complément d'un ouvert d'après (i)). Par conséquent, il est clair que $\partial C_{n,m} = \bigcup_{j>m} C_{n,j}$.

Remarque 3. En utilisant [4, corollaire 5.13 et 5.14, ch. IV], on voit facilement que les résultats du théorème précédent restent vrais si on remplace, pour tout $n \geq 0$, $C_{n,m}$ par

$$\begin{aligned} C_{n,m}^* &= \{T \in \mathcal{C}(X,Y) : T^* \in C_{n,m}\} \\ &= \{T^* \in F_n : \alpha(T^*) = n+m\} \\ &= \{T \in F_{-n} : \beta(T) = n+m\}. \end{aligned}$$

Notons

$$\begin{aligned} S\Phi^+(X,Y) &= \{T \in S\Phi(X,Y) : \operatorname{ind}(T) \geq 0\}, \\ S\Phi^-(X,Y) &= \{T \in S\Phi(X,Y) : \operatorname{ind}(T) \leq 0\}, \\ S(X,Y) &= \{T \in \mathcal{C}(X,Y) : T \text{ est surjectif}\}, \\ F(X,Y) &= \{T \in \mathcal{C}(X,Y) : T \text{ est injectif à image fermée}\}, \\ M(X,Y) &= S(X,Y) \cup F(X,Y), \quad \text{les opérateurs monojectifs}, \\ GL(X,Y) &= S(X,Y) \cap F(X,Y), \quad \text{les opérateurs inversibles}. \end{aligned}$$

Remarque 4.

$$S\Phi^+(X,Y) = \bigcup_{n\geq 0} F_n,$$

$$S\Phi^-(X,Y) = \bigcup_{n\geq 0} F_{-n},$$

$$S(X,Y) = \{T \in S\Phi^+(X,Y) : \beta(T) = 0\} = \bigcup_{n\geq 0} C_{n,0},$$

$$F(X,Y) = \{T \in S\Phi^-(X,Y) : \alpha(T) = 0\} = \bigcup_{n\geq 0} C^*_{n,0},$$

$$GL(X,Y) = C_{0,0} = C^*_{0,0}.$$

COROLLAIRE 3. (1) *$S(X,Y)$ est un ouvert dense dans $S\Phi^+(X,Y)$.*
(2) *$F(X,Y)$ est un ouvert dense dans $S\Phi^-(X,Y)$.*
(3) *$M(X,Y)$ est un ouvert dense dans $S\Phi(X,Y)$.*
(4) *$GL(X,Y)$ est un ouvert dense dans F_0.*

Démonstration. En remarquant que $F_n = \bigcup_{j\geq 0} C_{n,j}$ et en utilisant (ii) du théorème précédent, on voit que $C_{n,0}$ est dense dans F_n, pour tout $n \geq 0$. Le reste de la démonstration est une conséquence des remarques précédentes.

EXEMPLES. Soient X et Y deux espaces de Banach et $B(X,Y)$ l'espace des opérateurs bornés de X dans Y. Notons

$$\Phi_+(X,Y) = \{T \in B(X,Y) : R(T) \text{ fermé et } \alpha(T) < \infty\},$$
$$\Phi_-(X,Y) = \{T \in B(X,Y) : R(T) \text{ fermé et } \beta(T) < \infty\}.$$

Alors

$$S\Phi(X,Y) = \Phi_+(X,Y) \cup \Phi_-(X,Y).$$

De plus, notons

$$SS(X,Y) = \{T \in B(X,Y) : \text{il n'existe pas de sous-espace fermé } M \subset X \text{ avec } \dim M = \infty \text{ tel que } T_M \text{ soit un isomorphisme}\}$$

l'ensemble des opérateurs strictement singuliers,

$$SC(X,Y) = \{T \in B(X,Y) : \text{il n'existe pas de sous-espace fermé } N \subset Y \text{ avec } \dim Y/N = \infty \text{ tel que } R(T) + N = Y\}$$

l'ensemble des opérateurs strictement cosinguliers, et $K(X,Y)$ l'espace des opérateurs compacts. Alors (cf. [6]),

$$\Phi_+(X,Y) + SS(X,Y) = \Phi_+(X,Y),$$
$$\Phi_-(X,Y) + CS(X,Y) = \Phi_-(X,Y),$$

et

$$K(X,Y) \subset SS(X,Y) \cap CS(X,Y).$$

Soit maintenant $1 < p < q < \infty$ et $X = l_p \times l_q$.

Pour tout $T \in B(X)$, on a $T = \left(\begin{smallmatrix} A & B \\ C & D\end{smallmatrix}\right)$ avec $A : l_p \to l_p$, $B : l_q \to l_p$, $C : l_p \to l_q$ et $D : l_q \to l_q$.

PROPOSITION. (a) *$T \in \Phi_+(X) \Leftrightarrow A \in \Phi_+(l_p)$ et $D \in \Phi_+(l_q)$.*
(b) *$T \in \Phi_-(X) \Leftrightarrow A \in \Phi_-(l_p)$ et $D \in \Phi_-(l_q)$.*
De plus, dans ce cas, $\operatorname{ind}(T) = \operatorname{ind}(A) + \operatorname{ind}(D)$.

Démonstration. (a) D'après [6, p. 76 et proposition 2.c.3] on a

$$B(l_p, l_q) = SS(l_p, l_q) \quad \text{et} \quad B(l_q, l_p) = K(l_q, l_p),$$

d'où il résulte que l'opérateur $\left(\begin{smallmatrix} 0 & B \\ C & 0\end{smallmatrix}\right)$ est strictement singulier.

En utilisant la stabilité de $\Phi_+(X)$ par perturbation par les opérateurs strictement singuliers (cf. [6, proposition 2.c.10]), on obtient

$$(1) \qquad T \in \Phi_+(X) \Leftrightarrow \begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & D\end{pmatrix} \in \Phi_+(X) \Leftrightarrow A \in \Phi_+(l_p) \text{ et } D \in \Phi_+(l_q),$$

ce qui démontre (a).

(b) On a $X^* = l_r \times l_s$ avec $1 < s < r < \infty$ et $T \in \Phi_-(X) \Leftrightarrow T^* \in \Phi_+(X^*)$. Donc, (b) se déduit de (a) par dualité.

De plus, (1) implique que

$$\operatorname{ind}(T) = \operatorname{ind}\begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & D\end{pmatrix} = \operatorname{ind}(A) + \operatorname{ind}(D).$$

I. Donnons un exemple d'espace de Banach tel que les composantes semi-Fredholm ne sont pas connexes (c'est-à-dire, il y a plus de composantes connexes semi-Fredholm que d'indices).

Soit $A : l_p \to l_p$ défini par $A(x_1, x_2, \ldots) = (0, x_1, x_2, \ldots)$ et $D : l_q \to l_q$ défini par $D(x_1, x_2, \ldots) = (x_2, x_3, \ldots)$. Alors $A \in \Phi_+(l_p)$ avec $\operatorname{ind}(A) = -1$ et $D \in \Phi_-(l_q)$ avec $\operatorname{ind}(D) = 1$.

Soit $T = \left(\begin{smallmatrix} A & 0 \\ 0 & D\end{smallmatrix}\right) \in B(X)$ et $I = \left(\begin{smallmatrix} I_p & 0 \\ 0 & I_q\end{smallmatrix}\right) \in B(X)$ où I_p est l'identité sur l_p et I_q est l'identité sur l_q. Alors $\operatorname{ind}(T) = \operatorname{ind}(I) = 0$.

Par contre, il n'existe pas de famille $S_t = \left(\begin{smallmatrix} A_t & B_t \\ C_t & D_t\end{smallmatrix}\right)$ d'opérateurs semi-Fredholm, continue en t, tel que $S_0 = T$ et $S_1 = I$, car cela impliquerait que $\operatorname{ind}(A_t)$ et $\operatorname{ind}(D_t)$ sont constants.

Donc la composante F_0 n'est pas connexe.

II. Dans le cas des espaces de Hilbert, l'ensemble des opérateurs semi-Fredholm est dense dans l'espace des opérateurs bornés (cf. [3, problem 109]). Ceci est faux, en général, dans le cas des espaces de Banach. Donnons un exemple d'opérateur $S \in B(X)$ tel que $S \notin \overline{S\Phi(X)}$.

Soit $U : l_p \to l_p$ défini par $U(x_1, x_2, \ldots) = (x_2, x_4, x_6, \ldots)$ et $V : l_q \to l_q$ défini par $V(x_1, x_2, \ldots) = (x_1, 0, x_2, 0, x_3, \ldots)$. Alors $U \in \Phi_-(X)$ avec $\operatorname{ind}(U) = \infty$ et $V \in \Phi_+(X)$ avec $\operatorname{ind}(V) = -\infty$. D'après la proposition précédente,

$$S = \begin{pmatrix} U & 0 \\ 0 & V\end{pmatrix} \notin S\Phi(X).$$

Montrons que $S \notin \overline{S\Phi(X)}$. En effet, $\exists\varepsilon > 0$ tel que, si $T = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \in B(X)$ avec $\|T-S\| < \varepsilon$, alors $A \in \Phi_-(l_p)$ avec $\operatorname{ind}(A) = \operatorname{ind}(U) = \infty$ et $D \in \Phi_+(l_q)$ avec $\operatorname{ind}(D) = \operatorname{ind}(V) = -\infty$.

Encore la proposition précédente montre que $T \notin S\Phi(X)$.

Remerciements. Je tiens a remercier M. Gonzalez pour les discussions concernant les exemples précédents.

Références

[1] H. Cordes and J. P. Labrousse, *The invariance of the index in the metric space of closed operators*, J. Math. Mech. 12 (1963), 693–720.

[2] R. Douglas, *Banach Algebra Techniques in Operator Theory*, Academic Press, New York, 1972.

[3] P. R. Halmos, *A Hilbert Space Problem Book*, Van Nostrand, Princeton, N.J., 1967.

[4] T. Kato, *Perturbation Theory for Linear Operators*, Springer, 1966.

[5] J. P. Labrousse, *On a metric space of closed operators on Hilbert space*, Rev. Mat. Fis. Teor. Tucuman 16 (1966), 45–77.

[6] J. Lindenstrauss and L. Tzafriri, *Classical Banach Spaces I*, Springer, 1977.

[7] G. Neubauer, *Über den Index abgeschlossener Operatoren in Banachräumen*, Math. Ann. 160 (1965), 93–130.

[8] —, *Über den Index abgeschlossener Operatoren in Banachräumen*, (*II*), ibid. 162 (1965), 92–119.

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE
U.R.A. D 751 CNRS "GAT"
U.F.R. DE MATHÉMATIQUES
F-59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX, FRANCE

Received September 9, 1993 (3159)

STUDIA MATHEMATICA 110 (3) (1994)

Illumination bodies and affine surface area

by

ELISABETH WERNER (Cleveland, Ohio, and Lille)

Abstract. We show that the affine surface area $\mathrm{as}(\partial K)$ of a convex body K in $\mathbb{R}^n$ can be computed as

$$\mathrm{as}(\partial K) = \lim_{\delta\to 0} d_n \frac{\mathrm{vol}_n(K^\delta) - \mathrm{vol}_n(K)}{\delta^{2/(n+1)}}$$

where d_n is a constant and K^δ is the illumination body.

For a convex body K in $\mathbb{R}^n$ with sufficiently smooth boundary ∂K the affine surface area is defined as

$$\int_{\partial K} \mathcal{K}(x)^{1/(n+1)} d\mu(x)$$

where $\mathcal{K}(x)$ is the Gaussian curvature at $x \in \partial K$ and μ is the surface measure on ∂K. It has been one of the goals of geometric convexity theory to extend the notions of differential geometry to convex hypersurfaces without differentiability assumptions. For the affine surface area this has only been done recently and then three different ways to extend affine surface area were given. One is due to Lutwak [Lu], the other to Leichtweiss [L2] and the third to Schütt and Werner [SW]. The last two extensions are based on floating bodies (see [L1] or [SW] for more information) and the fact, already known to Blaschke [B] for sufficiently smooth bodies in $\mathbb{R}^3$, that the affine surface area can also be computed as

$$\lim_{\delta\to 0} c_n \frac{\mathrm{vol}_n(K) - \mathrm{vol}_n(K_\delta)}{\delta^{2/(n+1)}} \tag{1}$$

where

$$c_n = 2\left(\frac{\mathrm{vol}_{n-1}(B_2^{n-1}(0,1))}{n+1}\right)^{2/(n+1)}$$

is a constant and K_δ is a floating body.

1991 *Mathematics Subject Classification*: Primary 52A22.
Supported by NSF-Grant DMS-9108003.