

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Marjorie Senechal

Bourbaki stále mlčí - rozhovor s Pierrem Cartierem

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 43 (1998), No. 3, 192--204

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137585>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1998

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

# Bourbaki stále mlčí

## — rozhovor s Pierrem Cartierem

Marjorie Senechalová

### Nicolas Bourbaki, 1935–????

Pokud jste jedním z matematiků pracujících v současné době, téměř určitě jste byl ovlivněn Bourbakim, přinejmenším pokud jde o styl a ducha, a možná ve větší míře, než si uvědomujete. Ale pokud jste student, možná jste o něm (o nich) nikdy neslyšel. Co je, nebo kdo je, či byl Bourbaki?

*Zatrhňte dále správné odpovědi.* Bourbaki je nebo byl (podle okolností)

- objevitel (nebo chcete-li, vynálezce) pojmu matematické struktury,
- jedno z velkých abstrakcionistických hnutí dvacátého století,
- malá, ale nesmírně vlivná skupina matematiků,
- kolektiv, který již patnáct let nic nepublikoval.

Odpověď je ve všech případech *ano* a jde o čtyři těsně související aspekty jedné důležité kapitoly intelektuální historie. Je teď vhodná doba na vylíčení této kapitoly? Je příběh „Bourbaki“ již u konce?

Bourbaki se zrodil v Paříži v roce 1935, když malá skupina matematiků na École Normale Supérieure, nespokojená se svými vlastními přednáškami, se rozhodla je přepracovat. Většina matematiků měla někdy stejnou zkušenost, ale nespokojenost Bourbakiho narůstala rychle a bez hranic. Roku 1939 začala tato skupina anonymně a pod pseudonymem Nicolas Bourbaki publikovat série knih, které měly za cíl transformovat teorii a praxi samotné matematiky. Od samého začátku Bourbaki zaníceně věřil v jednotu a univerzalitu matematiky a snažil se obojí dokázat přerovnaním veškeré matematiky jako celku. Jeho cílem byla dokonalá formalizace a dokonalá přesnost. V poválečných letech se Bourbaki přeměnil z rebela v instituci.

Bourbakiho vlastní pravidla výslovně formulovaná kvůli zachování neustálé sebeobnovy: čas od času byli přizváni mladší matematici a starší členové odešli v souladu s povinným „penzionováním“ ve věku padesáti let. Nyní je Bourbaki sám o dvacet let starší než kterýkoli z jeho členů. Tradiční Bourbakiho seminář je stále živý a v dobré

---

*The Continuing Silence of Bourbaki — An Interview with Pierre Cartier, June 18, 1997.*  
By MARJORIE SENECHAL, editor of the „Mathematical Communities“ column.

The Mathematical Intelligencer, vol. 20, No. 1 (1998), 22–28.

© Springer-Verlag 1998

Přeložil OLDŘICH KOWALSKI.

kondici v Paříži, ale hlas samotného Bourbakiho, zprostředkovaný jeho knihami, mlčí již patnáct let. Bude znovu mluvit? Může znovu promluvit?

Pierre Cartier byl členem Bourbakiho v letech 1955–1983. Narozený v Sedanu ve Francii v roce 1932 absolvoval École Normale Supérieure v Paříži, kde studoval pod vedením Henriho Cartana. Jeho doktorská práce obhájená v roce 1958 byla o algebraické geometrii; od té doby Cartier přispěl k mnoha oborům matematiky včetně teorie čísel, teorie grup, teorie pravděpodobnosti a matematické fyziky. Profesor Cartier přednášel po celá šedesátá léta ve Strasbourgu a poté se stal členem CRNS, Centre National de la Recherche Scientifique. Roku 1971 se stal profesorem na IHES (Institut des Hautes Études Scientifiques) v Bures-sur-Yvette a učil na École Polytechnique a École Normale, kde kromě jiných aktivit vedl seminář o epistemologii. V r. 1979 mu byla udělena Ampérova cena francouzské Akademie věd. Profesor Cartier byl zapojen do různých programů na pomoc rozvojovým zemím včetně Chile, Vietnamu a Indie, aby si mohly vybudovat vlastní vědu; je rovněž editorem jedné knihy o umění a matematice. Jen málo lidí je lépe kvalifikováno promluvit o mlčení Bourbakiho. Jsme mu vděční jménem čtenářů časopisu *The Mathematical Intelligencer*, že se k tomu uvolil.

## Rozhovor

SENECHALOVÁ: *Povězte nám, prosím, nejprve o Vašem vlastním vztahu k Bourbakiimu.*

CARTIER: Pokud si vzpomínám, poprvé jsem se seznámil s Bourbakim v červnu 1951. Byl jsem studentem prvního ročníku na École Normale, mým profesorem matematiky byl Henri Cartan a na jeho přímluvu mě Bourbaki pozvali na své zasedání v Pelvoux v Alpách. Vzpomínám si, že jsme diskutovali o mnoha věcech, zvláště o textu napsaném Laurentem Schwartzem o základech teorie Lieových grup; to byla první verze známé Bourbakiho série knih o Lieových grupách. Bylo to jen několik let po Schwartzově objevu pojmu distribuce, který ho proslavil. Musíte si uvědomit, že studenti matematiky na École Normale byli všichni žáky jak Henriho Cartana, tak Laurenta Schwartze (který přešel z Nancy do Paříže v roce 1952). Navštěvovali jsme jejich semináře a kurzy a snažili se využít jejich nové postupy ve všech směrech. François Bruhat a já jsme byli jedni z prvních, kdo pochopili důležitost distribucí v teorii Lieových grup a jejich reprezentací. Bruhat věnoval tomuto tématu svou dizertaci a já jsem publikoval své vlastní příspěvky o mnoho let později.

Pro mne bylo velmi důležité získávat informace z první ruky. Byl jsem překvapen, když jsem viděl všechny ty velké osobnosti, které jsem dříve znal jen z povzdálí. Byl jsem přivítán velmi neformálně. Trvalo to tři nebo čtyři roky, než jsem byl formálně přijat za člena. V padesátých a šedesátých letech existovalo spojitě spektrum aktivit mezi vnitřním jádrem Bourbakiho a jeho prezentací navenek. Práce, které byly zveřejněny v knihách, ty, o kterých se referovalo na seminářích, a studentské vědecké práce byly těsně propojeny, a to bylo, myslím, jedním z důvodů velkého úspěchu francouzské matematiky oněch let. Ovšem v době mých začátků to bylo zcela jiné.

Všechno probíhalo v mnohem menším měřítku. Tenkrát bylo ve Francii ročně obhájeno kolem deseti doktorátů (ve srovnání se třemi sty v dnešní době).

Na tom prvním zasedání, kterého jsem se zúčastnil, jsem byl tím, čemu se říká cobaye, tj. pokusný králik. Byl jsem tím velmi nadšen. Zaprvé, bylo to poprvé, co jsem se setkal s moderní matematikou. Pocházím z malého města a naše situace byla obtížná v důsledku války. Byl jsem žákem velmi provinční a velmi zastaralé střední školy. Někteří z mých učitelů byli velmi dobří, ale pochopitelně velmi vzdálení od moderní vědy. Matematika, kterou mě učili, byla klasická geometrie v nekultivované, syntetické podobě. Měl jsem to štěstí, že jsme měli vynalézavého učitele fyziky, a proto jsem se nejprve chtěl stát fyzikem. Potom jsem studoval na Lycée Saint-Louis v Paříži, kde jsem se připravoval na vstup na École Normale a chodil jsem na soukromé přednášky z fyziky k velmi osobitému učiteli, Pierrovi Aigrainovi. (Byl to absolvent námořní akademie, v roce 1950 byl vysokoškolským pedagogem v oboru fyziky a nakonec se stal státním sekretářem pro vědu ve vládě prezidenta Giscarda.) Schopný student obvykle ukončil studijní program za dva roky, ale já jsem to zvládl za rok. Ale jak matematika, tak fyzika, kterou mě učili, byla v té době naprosto zastaralá, naprosto. Vzpomínám si, jak v přednáškovém kurzu s názvem Obecná fyzika na Sorbonně pronesl profesor slavnostní prohlášení: „Pánové“ — o dámách se nezmínil, ale bylo jich tam stejně velmi málo — „v mém kurzu není místo pro to, co někteří lidé nazývají »hypotéza o atomech«“. To byl rok 1950, pět let po Hirošimě! Tak jsem šel za Aigrainem s otázkou „co s tím?“ a on mi odpověděl: „Musíte samozřejmě získat svůj diplom, ale já Vás budu učit fyziku správně.“ To ukazuje, jak vypadala v té době francouzská univerzita. Abyste porozuměli Bourbakimu, musíte pochopit tohle. Bourbaki vstoupil do vakua. Mnozí diskutovali o příčinách, proč tomu tak bylo; myslím, že zde není to správné místo pro další diskusi. Ale zřejmě v padesátých letech, na počátku padesátých let, vyučování přírodních věd mělo velmi špatnou úroveň. Bourbakimu to trvalo pět nebo šest let, než celý systém podkopal. V letech 1957–58 byl převrat téměř ukončen — v Paříži.

SENEHALOVÁ: *Ale Bourbaki zahájil svou činnost už ve třicátých letech...*

CARTIER: První kniha byla otištěna roku 1939, ale pak byla válka, která věci zdržela. André Weil byl ve Spojených státech, také Claude Chevalley byl ve Spojených státech a Laurent Schwartz se musel během války skrývat, protože byl Žid. Bourbaki přežíval válku jen díky Henrimu Cartanovi a Jeanovi Dieudonné. Ale všechna práce, která byla vykonána ve třicátých letech, plně rozkvetla v letech padesátých. Vzpomínám si, jak my — mladí matematici — jsme byli skutečně dychtiví zajít do knihkupectví a koupit si nové knihy. A v té době Bourbaki publikoval nejméně jeden nebo dva svazky ročně.

Když jsem se v roce 1955 stal formálně členem skupiny Bourbaki, musel jsem se podřídit pravidlu, že každý člen odchází v padesáti, a proto jsem odešel v roce 1983, kdy mi bylo skoro 51. Věnoval jsem téměř třicet let svého života a nejméně třetinu své práce Bourbakimu. Pracovní návyky Bourbakiho vyžadovaly velmi mnoho předběžných verzí každé knihy, předtím než byla publikována. Mívali jsme tři zasedání ročně, jeden týden na podzim, jeden týden na jaře a dva týdny v létě, což byl již jeden měsíc usilovné práce trvající deset až dvanáct hodin denně. Publikované knihy

obsahují kolem 10 tisíc stran, což znamenalo napsat každý rok 1000 až 2000 stran předběžných náčrtů a předběžných rukopisů knih. Odhaduji, že jsem každý rok přispěl asi 200 stranami během doby strávené s Bourbakim.

SENECHALOVÁ: *Kolik měl v té době Bourbaki členů?*

CARTIER: Asi dvanáct. Byla to vždy malá, dobře vymezená skupina. Seminář měl jiný charakter, byl mnohem otevřenější. Ale když se podíváte na obsah seminárních svazků z padesátých let, asi polovina článků byla napsána členy Bourbakiho skupiny. V té době byla interakce mezi skupinou a seminářem velmi silná. Dnes to již dávno neplatí: jde stále ještě o významnou knižní sérii, ale autory jsou obvykle lidé, kteří nejsou přímo spojeni s institucí Bourbaki. Ale tehdy členové publikovali v seminárních spisech části svých objevů nebo předběžné verze Bourbakiho myšlenek, které se později objevily v knihách.

Já jsem byl typickým členem třetí generace. Dá se říci, že celkem byly čtyři takové generace. První generací byli otcové: André Weil, Henri Cartan, Claude Chevalley, Jean Delsarte a Jean Dieudonné, lidé, kteří založili Bourbakiho ve třicátých letech. (Mezi prvními členy byli i někteří jiní, ale ti brzy odpadli.) Potom zde byla druhá generace, lidé, kteří byli přizváni ke spolupráci během války nebo hned po válce: Laurent Schwartz, Jean-Pierre Serre, Pierre Samuel, Jean-Louis Koszul, Jacques Dixmier, Roger Godement a Sammy Eilenberg. Třetí generací byli Armand Borel, Alexandre Grothendieck, François Bruhat, já sám, Serge Lang a John Tate.

SENECHALOVÁ: *Lišily se ty generace svými přístupy nebo světovým názorem?*

CARTIER: Byly velmi rozdílné. Myslím, že se stávaly stále pragmatičtějšími a méně dogmatickými.

SENECHALOVÁ: *A jak se to projevovalo v Bourbakiho díle?*

CARTIER: Od začátku byly Bourbakiho odborné publikace koncipovány tak, aby obsahovaly dvě části. První část se týká základů a skládá se ze šesti knih, totiž o teorii množin, algebře, obecné topologii, elementárním kalkulu, topologických vektorových prostorech a (Lebesgueově) teorii integrování. Poslední čtyři z těchto knih podávají základy matematické analýzy, tak jak byly vnímány Bourbakim, se silným sklonem k funkcionální analýze. Druhá část se (po selhání ambicióznějších projektů) skládá ze dvou velmi úspěšných sérií věnovaných teorii Lieových grup a komutativní algebře: podíváte-li se zpětně na seznam jmen Bourbakiho členů druhé a třetí generace, zjistíte, že zde byli přítomni někteří z předních světových expertů té doby, a to mělo vliv na šíři a hloubku druhé části Bourbakiho díla.

Starší generace se naučila matematice staromódním způsobem. Byli to lidé, kteří přehodnotili matematiku. Druhá generace měla již zkušenost s novým způsobem výuky. Moje generace, třetí generace, nemusela prokazovat, že nová metoda je lepší než stará, protože byla v podstatě vzdělána novou metodou. Myslím, že já jsem se nacházel právě na hraniční čáře, protože na střední škole jsem byl vyučován starým způsobem, ale když jsem přešel do Paříže, byl jsem vystaven novému myšlení. A tak jsme se stávali méně a méně dogmatickými, protože jsme už nikomu nemuseli nic dokazovat. Jádro francouzské matematiky se již podrobilo Bourbakimu. Bourbaki se

již chopil moci, nejen v ideovém smyslu, ale také pokud šlo o vliv v akademické obci. Bylo zřejmé, že z institucionálního hlediska Bourbaki zvítězil.

Když se podíváte na knihy o Lieových grupách, zjistíte, že ty pozdější obsahují kapitoly, jaké byste u Bourbakiho nečekali. Stávaly se stále více explicitními, jsou tam tabulky a obrázky. Myslím, že to bylo především vlivem jedné osoby, Armanda Borela. Ten rád citoval Shawa: „To je švýcarská národní povaha, milá dáma“, a častokrát v diskusi říkával „jsem švýcarský venkovan“. V té době ovšem kvetla diferenciální geometrie a pro Bourbakiho byla vždy velkou výzvou. Musíte si připomenout, že otcem Henriho Cartana byl Élie Cartan, geometr, a Bourbaki uznával pouze jednoho kmotra, Élie Cartana, přičemž choval mnoho nelásky k jiným francouzským matematikům třicátých let. Bourbaki se smířil s Poincarém až po dlouhém boji. Když jsem se ke skupině v padesátých letech připojil, nebylo vůbec v módě vážit si Poincarého. Byl staromódní. Mínění o Poincarém se ovšem úplně změnilo. Ale je zřejmé, že jeho styl a Bourbakiho styl byly úplně odlišné.

Čtvrtá generace byla víceméně skupinou Grothendieckových žáků. Ale v té době již Grothendieck skupinu opustil. Náležel k Bourbakimu déle než deset let, ale odešel rozhněvaný. Byly zde tehdy silné osobnosti. Vzpomínám si, že mezi nimi byly velmi časté střety. Také zde byl, jak je obvyklé, generační boj, jako v rodině. Myslím, že malá skupina, jako byla ta naše, víceméně simulovala psychologické znaky rodiny. Takže jsme měli střety mezi generacemi, hádky mezi bratry atd. Ale ty neodvrátily Bourbakiho od jeho hlavního cíle, i když byly občas docela brutální. Přejemnějším cíl byl jasný. Bylo zde několik lidí, kteří nemohli unést břemeno tohoto psychologického stylu, například Grothendieck odešel a také Lang to vzdal.

SENECHALOVÁ: *Byly ty cíle v myslích lidí stále stejné, nebo se časem měnily?*

CARTIER: Měnily se. První generace musela nejprve vytvořit projekt z ničeho. Museli najít metodu. Potom ve čtyřicátých letech se dalo říci, že metoda se již objevila a Bourbaki věděl, kam se ubírat: jeho cílem bylo vytvořit základy matematiky. Museli podrobit veškerou matematiku Hilbertově přístupu; to, co udělal Van der Waerden pro algebru, mělo být uděláno pro zbytek matematiky. Co by mělo být začleněno, bylo víceméně jasné. Prvních šest Bourbakiho knih obsahuje základní znalosti moderního postgraduálního studenta.

Nedorozumění bylo v tom, že mnoho lidí věřilo, že by se matematika měla vyučovat způsobem, jakým je napsána v knihách. První Bourbakiho knihy můžete pokládat za jakousi encyklopedii matematiky obsahující jen nutné informace. To je dobrý popis. Pokud je pokládáte za učebnice, je to katastrofa.

SENECHALOVÁ: *Uvědomoval jste si to v době, kdy jste byl členem skupiny Bourbaki? Uvědomovali si Bourbaki, že nepíší učebnice?*

CARTIER: Víceméně, ale ne tak jasně jako nyní. Šlo o jisté nedorozumění, jak předpokládám, protože my jsme neměli žádné učebnice. Velmi dobře si pamatuji, jak jsem se učil algebru a topologii. Když jsem byl student, pokaždé když Bourbaki publikoval novou knihu, tak jsem si ji koupil nebo vypůjčil v knihovně a studoval ji. Pro mne, pro lidi mé generace to byla učebnice. Ale nedorozumění bylo v tom, že by to měla být učebnice pro každého. To bylo velké neštěstí.

Každopádně byl tehdy cíl projektu víceméně jasný. Ale co měl Bourbaki dělat potom? Druhá generace měla k dispozici metodu a měla prostě rozvíjet projekt s jasně vyznačenými hranicemi. Třetí generace musela jít dál, do otevřeného světa, což znamenalo v té době geometrii v obecném pojetí: algebraickou geometrii, diferenciální geometrii, funkce více komplexních proměnných, Lieovy grupy, prostory modulů atd.

Myslím, že já jsem přišel s myšlenkou, že by Bourbaki měl věnovat zvláštní kapitolu geometrii krystalografických grup. Důvody pro to jsou jasně uvedeny v úvodu k sérii knih o Lieových grupách. Coxeter byl první, kdo pochopil vztah Lieových grup ke krystalografickým grupám a jejich klasifikaci. Lidé, kteří pracovali v Lieových grupách, byli zajisté svým přístupem více geometričtí a více pragmatičtí než jiní. Ale vzpomínám si, že jsem musel docela tvrdě bojovat, abych přesvědčil své kolegy, že krystalografickým grupám má být věnována mimořádná pozornost.

SENECHALOVÁ: *Jaké měl Bourbaki mínění o Coxeterovi?*

CARTIER: Myslím, že v šedesátých letech si lidé uvědomovali důležitost jeho díla. Borel měl mnoho stejných myšlenek a Jacques Tits také sehrál svou roli. Tits byl svým duchem, způsobem, jakým se zabýval matematikou, blíže ke Coxeterovi než k Bourbakimu. Formálně nebyl členem Bourbakiho, ale měl s námi dlouholetou spolupráci. Takže jsme mu mohli v našich knihách poděkovat za spolupráci, aniž bychom porušili pravidlo anonymity. Tits byl velmi štedrý: opatřil nám mnoho úloh a mnohé z jeho výsledků byly poprvé publikovány v Bourbakiho knihách. Ale měl ovšem velmi odlišný způsob uvažování o matematice.

V druhé generaci a ve třetí generaci byly zpracovány dvě hlavní série: komutativní algebra (založená na algebraické geometrii) a Lieovy grupy. A je zde zřejmý rozdíl stylu a důrazu, přes skutečnost, že v té době byl Bourbaki skutečným kolektivem a každý přispěl, větší či menší měrou, ke každé knize. Serre byl vůdčí osobností v obou projektech; nebyl expertem jen v teorii Lieových grup, ale stal se jím. Serre byl přirozeným vůdcem druhé generace, protože stejně jako Weil v první generaci byl jediným člověkem se skutečně univerzálním přístupem k matematice. Ale nikdo z nich nepracoval v analýze. Zajisté že obsah Bourbakiho knih byl mnohem více o algebře a algebraické geometrii než o analýze.

Se čtvrtou generací se stával cíl hůře viditelným. Grothendieck rozvinul svůj vlastní program vně Bourbakiho, takže potřeba Bourbakiho se stala méně zřejmou. A byl zde určitý nedostatek globálního porozumění matematice. Členové se začali více specializovat v oblastech svých zájmů.

Byly zde různé pokusy soustředit se na nové projekty. Například se na určitou dobu ujala myšlenka, že by se měla rozpracovat teorie funkcí více komplexních proměnných, a bylo o tom napsáno mnoho předloh. Ale tato myšlenka nikdy skutečně neuzrála, myslím, že zčásti proto, že bylo příliš pozdě. V sedmdesátých letech už existovalo příliš mnoho dobrých učebnic o funkcích více komplexních proměnných, napsaných Grauertem a dalšími. Na konci sedmdesátých let byla Bourbakiho metoda tak dobře pochopena, že každý uměl psát v tomto duchu. Vznikla celá generace učebnic a monografií, které byly pod Bourbakiho vlivem. Bourbaki byl ponechán bez cíle, a proto se

rozhodl věnovat část své energie revizi svých vlastních knih; šlo o tzv. „Nové vydání“. Revize byla z větší části ukončena; byly zde skutečně důkladné změny.

SENECHALOVÁ: *Zahrnují revize též změnu stylu?*

CARTIER: Ne, ne. Ale například sekce o topologii metrických prostorů byla mnohem více rozvinuta a prohloubena, byly zlepšeny důkazy a přibyl též malý svazek, který se snaží překlenout mezeru mezi teorií pravděpodobnosti a způsobem, jímž Bourbaki zpracoval Lebesgueovu teorii integrování. To byl pokus opravit jedno zřejmě chybné hledisko Bourbakiho.

SENECHALOVÁ: *Které jiné oblasti matematiky nyní vidíte jako neprávem opomenuté?*

CARTIER: Především analýzu, ačkoliv text o elementárním kalkulu existuje a je to dobrá kniha, díky vlivu Jeana Delsarta. V podstatě zde není žádná analýza kromě základů, vůbec nic o parciálních diferenciálních rovnicích, nic o teorii pravděpodobnosti. Také zde není nic o kombinatorice, algebraické topologii ani o konkrétní geometrii. A Bourbaki se nikdy seriózně nezabýval logikou. Sám Dieudonné se stavěl velmi hlasitě proti matematické logice.

Zcela chybí v Bourbakiho knihách cokoli souvisejícího s matematickou fyzikou. V Bourbakiho semináři jsem přispěl dlouhou sérií prací s důrazem na otázky matematické fyziky. Ale byl jsem sám a moje příspěvky nebyly vždy přijímány bez boje.

Ale dokonce i v oblastech matematiky, které nebyly Bourbakim zpracovány, je při zpětném pohledu na posledních třicet let zřejmé, že jejich rozvoj byl velmi ovlivněn Bourbakiho duchem.

SENECHALOVÁ: *Byla zde zaujatost vůči fyzice, nebo o tom Bourbaki prostě jen nepřemýšleli?*

CARTIER: Ovšemže zde byla u většiny lidí silná zaujatost proti fyzice. Myslím, že ze začátku jsem byl v Bourbakiho skupině poněkud neortodoxní. Měl jsem dlouholetý zájem o matematickou fyziku. Před několika lety jsem řekl v debatě s André Weilem, poté co vydal své paměti: „Zmínil jste se, že v roce 1926 jste byl v Göttingen... v tomto roce se v Göttingen něco stalo.“ A Weil se zeptal: „Co se stalo v Göttingen?“ A já na to: „Ó, přece kvantová mechanika!“ A Weil na to řekl: „Nevím, co to je.“ Weil byl v roce 1926 Hilbertovým žákem a sám Hilbert se zajímal o kvantovou mechaniku. Byli zde Max Born, Heisenberg a jiní, ale André Weil tomu zřejmě nevěnoval pozornost. Nedávno jsem měl příležitost pronést veřejnou přednášku o filozofii prostoru v pojetí Hermanna Weyla, tak jsem si pozorně přečetl nějakou literaturu o něm. Existuje nekrolog o Hermannu Weylovi napsaný Chevalleyem a Weilem. Oceňuji ho, a jistě z dobrých důvodů, ale není tam ani zmínka o jeho práci ve fyzice, dokonce ani o jeho práci v obecné teorii relativity. Ze všech možných hledisek, dvě nejlepší knihy Hermanna Weyla jsou o obecné relativitě a o kvantové mechanice.



Pro něj bylo důležité vidět problémy v jejich celku, vidět nutnost důkazu, jeho celkové dopady. Pokud jde o přesnost, všichni členové Bourbakiho na ni dbali: Bourbakiho hnutí začalo v podstatě proto, že u francouzských matematiků chyběla přesnost ve srovnání s německými matematiky odchovanými Hilbertem.

Přesnost záležela ve zbabování se neustálého narůstání zbytečných detailů. Protože nedostatek přesnosti vzbuzoval v mém otci pocit, že při hledání důkazů se musíte brodit blátem a jste nuceni sbírat různé odpadky, abyste se dostali vpřed. Pokud tyto odpadky odstraníte, mohli jste se dostat k matematickému objektu, k jakémusi krystalickému jádru, jehož podstatou byla jeho struktura. Když byla zkonstruována tato struktura, říkával, že to je objekt, který ho zajímá, něco, na co se lze dívat, co lze obdivovat, co lze různě obracet, ale zajisté už ne přetvořit. Pro něj přesnost v matematice záležela ve vytvoření nového objektu, který už nebylo třeba měnit.

Způsob, jakým můj otec pracoval, byl patrně to nejdůležitější, takové vytváření objektu, který pak zůstal inertní — skutečně mrtvý. Nebylo možné jej dále měnit nebo přetvářet. V tom, co řeknu dále, nehleďte nějaké negativní vedlejší významy. Ale musím dodat, že můj otec byl pravděpodobně jediným členem Bourbakiho skupiny, který chápal matematiku jako způsob, jak posílat objekty na smrt z estetických důvodů.

Z eseje „Claude Chevalley očima jeho dcery“ (1988).

Viz: NICOLAS BOURBAKI: *Faits et légendes*.

SENECHALOVÁ: *Bourbakiho poslední publikace vyšla v roce 1983. Proč od té doby nic nepublikoval?*

CARTIER: Je pro to několik důvodů. Předně zde byly spory mezi Bourbakim a jeho vydavatelem o honorářích a překladových právech, které vyústily do dlouhého a nepříjemného soudního procesu. Když byla záležitost v roce 1980 urovnána, Bourbaki si směl najít nového vydavatele. Díky rozsáhlé práci vykonané v sedmdesátých letech jsme byli s to publikovat nové vydání našich starších knih. Doplnili jsme již existující série dvěma nebo třemi dalšími svazky, ale potom . . . ticho.

Kromě snadno vytyčeného cíle realizovat „nejnovější vydání“ se Bourbaki snažil v sedmdesátých a osmdesátých letech o vytyčení nových směrů. Zmínil jsem se již o neúspěšném projektu týkajícím se funkcí více komplexních proměnných. Byly zde pokusy o zpracování homotopické teorie, spektrální teorie operátorů, věty o indexu, symplektické geometrie. Ale žádný z těchto projektů nepřekročil počáteční stadium.

Bourbaki nedokázal najít novou příležitost, protože měl dogmatický pohled na matematiku: všechno mělo být zasazeno do bezpečného rámce. To bylo zcela rozumné pro obecnou topologii a obecnou algebru, které byly zkonsolidovány již kolem roku 1950. Většina lidí nyní souhlasí s tím, že potřebujete obecné základy matematiky, přinejmenším pokud věříte v jednotu matematiky. Ale já nyní věřím, že tato jednotu by měla být organická, zatímco Bourbaki hledal jednotu založenou na pojmu matematické struktury. (V originále: „... advocated a structural point of view“.)

Ve shodě s Hilbertovými názory se Bourbaki domníval, že teorie množin by měla poskytnout naléhavě potřebný obecný rámec. Pokud potřebujete obecné základy, kategorie jsou pružnějším nástrojem než teorie množin. Je to v tom, že kategorie nabízejí jak obecný filozofický základ — to je její encyklopedická nebo taxonomická role — a také velmi účinný *matematický nástroj* pro použití v *matematických situacích*.

Že teorie množin a matematické struktury jsou naopak rigidnější, můžeme vidět, přečteme-li si poslední kapitolu v Bourbakiho knize o teorii množin, která se vyznačuje monstrózním úsilím vybudovat základy teorie kategorií bez užití pojmu kategorie.

Je udivující, že teorie kategorií byla víceméně duchovním dítkem Bourbakiho. Dva její zakladatelé byli Eilenberg a MacLane. MacLane nikdy nebyl členem skupiny Bourbaki, ale Eilenberg v ní byl a MacLane mu byl velmi blízký svým duchem. První učebnice o homologické algebře byla napsána Cartanem a Eilenbergem a byla publikována v době, kdy oba byli velmi aktivní ve skupině Bourbaki. Zmiňme se rovněž o Grothendieckovi, který rozvinul teorii kategorií ve velmi velkém rozsahu. Já sám používám kategorie vědomě či nevědomě v mnoha svých pracích, a to se týká i většiny Bourbakiho členů. Ale protože způsob myšlení byl příliš dogmatický, nebo přinejmenším jeho prezentace v Bourbakiho knihách byla příliš dogmatická, Bourbaki se nemohl přizpůsobit změně důrazu, jakmile byl proces publikování jednou odstartován.

Myslím, že osmdesátá léta byla přirozenou hranicí. Pod nátlakem André Weila trval Bourbaki na tom, aby každý člen rezignoval ve svých padesáti letech, a vzpomínám si, že počátkem osmdesátých let jsem žertem řekl, že sám Bourbaki by měl jít do důchodu, až mu bude padesát.

SENECHALOVÁ: *Zdá se, že to se víceméně stalo.*

CARTIER: Ano, myslím, že jednou z hlavních příčin bylo to, že Bourbakiho deklarovaný cíl, totiž poskytnout základy pro veškerou existující matematiku, byl dosažen. Ale také: pokud máte tak rigidní rámec, je velmi obtížné do něj vtělit nový vývoj. Pokud se nezmění důraz, je to stále ještě možné. Ale za padesát let se ovšem důraz změnil.

SENECHALOVÁ: *Řekl byste o tom trochu více?*

CARTIER: André Weil rád hovořil o „duchu doby“ (*Zeitgeist*). Není to pouhá náhoda, že Bourbaki vydržel od počátku třicátých let až do let osmdesátých, zatímco sovětský systém trval od roku 1917 do roku 1989. André Weil nemá rád toto srovnání. Stále opakuje: „Nikdy jsem nebyl komunist!“ Traduje se vtip, že dvacáté století trvalo od Sarajeva 1914 do Sarajeva 1989. Dvacáté století, od roku 1917 do roku 1989, bylo stoletím ideologie, věkem ideologie.

SENECHALOVÁ: *Ideologií míníte myšlenku programu, který může sloužit pro všechny účely a pro všechny časy?*

CARTIER: *Konečné řešení!* Jsou dobré důvody být znechucen tímto termínem, ale v myslích lidí existovala představa, že bychom mohli dosáhnout konečného řešení. Je jedna kniha od H. G. Wellse s názvem *A Modern Utopia*, která by měla být znovu vydána. Náhodou jsem ji četl právě v době zhroutilí sovětského systému. Jak víte, H. G. Wells byl určitě velmi přátelsky nakloněn říjnové revoluci z roku 1917; lze připustit, že byl přítelem Sovětů. Ale měl velmi bystrý rozum a natolik pronikavé historické vidění, že dokázal předvídat vývoj. I když byl vzrušen touto novou érou, věděl, že konečné řešení neexistuje a že by bylo chybou si myslet, že lze dosáhnout takového stavu společenské a historické rovnováhy, ve kterém by se lidská společnost

udržela navzdly. Wells velmi dobře argumentoval proti takové myšlence. Pokud si přečtete jeho knihy, uvidíte, že to byla jedna z jeho posedlostí.

Myslím, že Hilbert reflektoval tohoto „ducha doby“. Existuje nahrávka jeho hlasu; v knize Constance Reidové o Hilbertovi je vložena gramofonová deska se záznamem projevu, který měl Hilbert v Německu ve třicátých letech. Je to velmi ideologické. V té době Hilbert stárnul, a tak se jeho názory utužovaly.

Jestliže navzájem porovnáte manifest surrealistů a způsob, kterým se představili Bourbaki, a stejně tak i jiná prohlášení té doby, vypadají všechna velmi podobně. Moje dcera právě překládá knihu o zrodu kinematografie a v kapitole o italských futuristech je velmi podobné prohlášení. Ve vědě, v umění, v literatuře, v politice, v ekonomice, společenských událostech, všude vládl stejný duch. Proklamovaným cílem Bourbakiho bylo vytvořit *novou matematiku*. Necituje žádné jiné matematické prameny. Bourbaki si vystačil sám. Samozřejmě v době, kdy si komunisté v Sovětském svazu činili nároky na totéž. Nyní víme, že to byla lež a že političtí vůdcové té doby věděli, že lžou. Bourbaki zajisté nelhal, ale přece jen hovořil ve stejném duchu. Byla to doba ideologie: Bourbaki se měl stát novým Euklidem, měl napsat učebnici pro příštích 2000 let.

SENECHALOVÁ: *Proč ve většině Bourbakiho knih chybějí jakékoliv grafické ilustrace?*

CARTIER: Myslím, že nejlepší odpovědí by byl popis osobnosti Chevalleyho poskytnutý jeho dcerou (viz text v rámečku). Bourbakisté byli puritáni a puritáni jsou ostře proti jakémukoliv grafickému zobrazování svých věroučných pravd. V Bourbakiho skupině převažovali protestanté a Židé. A jak víte, zvláště francouzští protestanté jsou svým duchem velmi blízcí Židům. Já sám mám některé židovské předky a byl jsem vychován jako hugenot. Jsme lidé Bible, Starého zákona, a jsme více nakloněni Starému zákonu než Novému zákonu. Někdy více uctíváme Jehovu než Ježíše.

Takže jaké byly důvody? Samozřejmě obecná filozofie vytvořená Kantem. Bourbaki je duchovní dítě německé filozofie. Bourbaki byl založen proto, aby rozvíjel a propagoval německé filozofické ideje v matematice. André Weil byl vždy příznivcem německé vědy a vždy citoval Gausse. Všichni tito lidé se svými osobními zálibami a osobními názory byli zastánci německé filozofie.

A potom zde byl názor, že věda a umění jsou navzájem v protikladu. Umění je křehké a smrtelné, protože apeluje na city, spoléhá se na vizuální vjemy a na nevyslovené analogie.

Ale myslím, že je to také část euklidovské tradice. V Euklidově díle najdete některé náčrtky, ale je známo, že většina z nich tam byla dodána až po Euklidově smrti, v dalších vydáních. Většina obrázků v originále jsou abstraktní obrázky. Provádíte určité úvahy o nějakých proporcích a nakreslíte jakési úsečky, ale ty nejsou zamýšleny jako skutečné geometrické úsečky, ale pouze jako reprezentace nějakých abstraktních pojmů. Také Lagrange hrdě prohlásil ve své učebnici mechaniky: „V mé knize nenajdete jediný obrázek!“ Analytický duch byl součástí francouzské tradice i německé tradice. A předpokládám, že zde byl též vliv lidí, jako byl Russell, kteří tvrdili, že všechno mohou dokazovat čistě formálně — takzvaná geometrická intuice byla považována pro důkaz za nespolehlivou.

Znovu připomínám, že Bourbakiho abstrakce a opovrhování vizuální názorností byly součástí všeobecně rozšířené módy, což ilustrují abstraktní tendence v hudbě a malířství té doby.

SENECHALOVÁ: *Oceňovali členové skupiny Bourbaki abstraktní hudbu a abstraktní výtvarné umění?*

CARTIER: Nemyslím, že jsme měli velkou zálibu v abstraktní hudbě nebo výtvarném umění. Dá se říci, že naši lidé měli standardní měšťácké záliby. Šlo o vzdělané měšťáky — ne o šosáky. Například Cartan i Dieudonné byli milovníky hudby a též ji sami provozovali, ale byli velmi klasičtí. Zajisté, že Cartan se svou protestantskou výchovou měl velice rád Bacha a Dieudonné hrál docela dobře na piano, na amatérské úrovni, ale dobře, a měl fantastickou paměť. Znal nazpaměť do poslední noty stovky a stovky stran partitury. Vzpomínám si, že jsem měl několikrát příležitost jít s ním na koncert. Bylo fascinující, jak se díval do partitury ve své ruce a vždy vykřikl „Ó!“, když orchestr vynechal nějakou notu. Posledních šest měsíců svého života — poté, co se rozhodl, že jeho matematický život skončil, dopsal svou poslední knihu a uchýlil se do ústraní svého domova — strávil poslechem hudebních nahrávek a sledováním partitur.

Je zajímavé vědět, že revolucionáři v matematice nebyli revolucionáři v jiných záležitostech. Předpokládám, že jediným člověkem v Bourbakiho skupině, který si skutečně uvědomoval souvislost Bourbakiho ideologie s jinými ideologiemi, byl Chevalley. Byl členem různých avantgardních skupin, jak v politice, tak v umění. Jako redaktor pověřený vydáním Chevalleyova díla jsem se rozhodl, na naléhání jeho dcery, zařadit zvláštní svazek o jeho aktivitách mimo matematiku. Napsal rozličné pamflety a různé noticky; Catherine Chevalleyová bude muset tvrdě pracovat, aby shromáždila všechny tyto texty; a pak je zveřejníme jako součást jeho sebraných spisů.

Chevalley byl jediný, kdo vnímal spojení mezi Bourbakim a zbytkem matematické obce, a to mohlo být příčinou, proč byl v sedmdesátých letech kritičtější než jiní z nás. V sedmdesátých letech již mohl citlivý člověk vidět konec dlouhého historického trendu a myslím, že on byl velmi citlivý v tomto ohledu. Matematika byla nejdůležitější součástí jeho života, ale nikdy nekladl přesné hranice mezi matematiku a svůj ostatní život. Možná proto, že jeho otec byl velvyslancem, takže měl více kontaktů s lidmi různého druhu.

SENECHALOVÁ: *Mohl byste říci hlavní důvody úpadku Bourbakiho?*

CARTIER: Jak jsem již řekl, v osmdesátých letech už neexistoval žádný deklarovaný cíl s výjimkou dlouhého soudního sporu. Myslím, že to byl proces století! Najali jsme proslulého právníka, který dříve zastupoval dědice Picassa a Fujity. Přežívali jsme uměle: museli jsme vyhrát tento boj. Ale bylo to Pyrrhovo vítězství. Jak je obvyklé při soudních sporech, prohrály obě strany a právník zbohatl. Získal na věhlasu a získala i jeho kapsa.

V jistém smyslu je Bourbaki jako dinosaur: má hlavu příliš daleko od ocasu. Když byl Dieudonné „písařem“ Bourbakiho, každé tištěné slovo pocházelo z jeho pera. Ovšemže zde bylo mnoho studií a předběžných verzí, ale tištěná verze vyšla vždy z pera Dieudonného. A ten si se svou fantastickou pamětí pamatoval každé slovo. Vzpomínám si na jeden žert. Mohli jste se zeptat: „Dieudonné, co je známo o tom

nebo onom?“ a on přistoupil k polici, vyňal knihu a otevřel ji na správné straně. Po Dieudonném (a krátkém působení Samuela a Dixmiera) jsem se stal tajemníkem Bourbakiho já a mou povinností bylo provádět většinu korektur. Myslím, že jsem zkorigoval pět až deset tisíc stran. Mám dobrou vizuální paměť. Nemohl bych se srovnávat s Dieudonném, avšak byla doba, kdy jsem znal nazpaměť většinu tištěného materiálu Bourbakiho. Ale po mně už nikdo nebyl s to dělat tuto práci. Takže Bourbaki ztratil povědomí o svém vlastním těle, o 40 vydaných svazcích.

A jak již jsem řekl, Bourbaki byl víceméně jako rodina. Druhá, třetí nebo čtvrtá generace se v každé rodině nebo sociální skupině chová podle dobře známých sociologických šablon. Moje vlastní rodina byla typickým příkladem. Můj dědeček byl self-mademan, velmi úspěšný podnikatel. Můj otec a můj strýc se také zapojili do byznysu, ale nebyli mu už tak oddáni. A pokud jde o lidi z mé generace — předpokládám, že jsem učinil správné rozhodnutí nezúčastnit se vůbec. Skutečně, lidé z mé generace, kteří vstoupili do naší rodinné firmy, nebyli příliš úspěšní, protože neměli zač bojovat.

Ale to jsou vnitřní záležitosti. Samozřejmě, že svůj vliv měl i vnější svět. Že se změnil vnější matematický svět, je zřejmé. Všichni víme, že to, čeho nikdy nemohl dosáhnout Stalin se svou armádou, totiž dobýt svět, toho dosáhl rozpad Sovětského svazu na poli matematiky. Ruští matematici přinesli na Západ odlišný styl, odlišné vidění problémů, novou krev.

Je nyní jiná doba s jinými hodnotami. Nelituji ničeho: myslím, že stálo za to žít ve dvacátém století. Ale nyní všechno skončilo.

SENECHALOVÁ: *Jak byste popsala Vaši pouť s Bourbakim?*

CARTIER: Osobně jsem měl velké štěstí, protože když jsem dosáhl věku obvyklého pro odchod z Bourbakiho skupiny, dostal jsem velkou příležitost přednést na Mezinárodním kongresu matematiků v Berkeley v roce 1986 zvanou přednášku za Vladimira Drinfelda. (Drinfeldovi bylo zabráněno v účasti z politických důvodů.) To byla pro mne velká výzva a velká pocta; jeho práce je jedním z nejdůležitějších příspěvků ve sborníku z kongresu. To přes noc změnilo můj matematický život. Řekl jsem si: „To je to, co teď musím udělat.“ Ovšemže jsem znal základní fakta, ale pohled byl nový. Nemohu tvrdit, že během několika hodin, kdy jsem připravoval přednášku, jsem vše dokonale zvládl, ale rozuměl jsem textu dost dobře na to, abych uměl vysvětlit posluchačům: „Toto je nové, toto je důležité.“

Když jsem začínal s matematikou, hlavní snahou matematiků bylo vnášet pořádek a provádět syntézu existujících znalostí; vytvořit to, čemu Thomas Kuhn říkal *normální věda*. Matematika ve čtyřicátých a padesátých letech procházela podle Kuhna obdobím upevňování. V dané oblasti exaktních věd jsou období, kdy musíte prostudovat veškerý existující materiál a vytvořit jednotnou terminologii, jednotné standardy a vyučovat studenty jednotným stylem. Cílem matematiky v padesátých a šedesátých letech bylo vytvořit novou éru „normální vědy“. Nyní se nacházíme opět na počátku nové revoluce. Matematika prochází velkými změnami. Nevíme přesně, kam bude směřovat. Nenastal ještě čas provést syntézu všech těchto věcí — možná během dvaceti nebo třiceti let uzraje čas pro nového Bourbakiho. Pokládám za velké štěstí, že jsem žil dva životy: život normální vědy a život vědecké revoluce.

## L i t e r a t u r a

- [1] MICHÈLE COUCHAN: *Nicolas Bourbaki, Faits et légendes*. Éditions du Choix, Argenteuil, 1995.
- [2] DENIS GUEDJ: *Nicolas Bourbaki, Collective Mathematician: an interview with Claude Chevalley*. Translated by Jeremy Gray. *The Mathematical Intelligencer*, vol. 7, no. 2, 18–22, 1985.
- [3] PIERRE CARTIER: *Les Mathématiques et l'Art*. Institut des Hautes Études Scientifiques, preprint, IHES/M/93/33.
- [4] A. B. YEHOSHUA: *The continuing Silence of a Poet*. In *The Continuing Silence of a Poet: collected stories*, Penguin Books, 1991.

# Heteroepitaxní vrstvy — modelové studie ve fyzice tenkých vrstev

Vladimír Matolín, Praha

## 1. Rozhraní, povrchy a tenké vrstvy

Tenké vrstvy hrají velmi významnou roli v mnoha současných technologiích. Tenkovrstvové systémy jsou základem mikroelektronických součástek, uplatňují se v optice, optoelektronice, ochraně povrchů proti vnějším vlivům, úpravě povrchových mechanických vlastností, v katalýze a pod. Tenkou vrstvu lze definovat jako útvar, jehož jeden rozměr (tloušťka) je zanedbatelný vůči zbylým dvěma rozměrům. Za tenké vrstvy můžeme považovat vrstvy o tloušťkách v rozsahu od nuly do několika  $\mu\text{m}$ . Vrstva připravená na povrchu nějakého substrátu je omezena dvěma rozhraními, přičemž rozhraní s vnějším prostředím můžeme nazývat povrchem.

Povrchy a rozhraní mají obecně jiné fyzikální vlastnosti než objemové materiály. Je to dáno jiným okolím povrchových atomů, které mají menší počet nejbližších sousedních atomů (tzv. koordinační číslo) vzhledem k přerušení atomárních vazeb při vytváření povrchu nebo prostě jiné sousedy v případě rozhraní. Povrch můžeme

---

Prof. RNDr. VLADIMÍR MATOLÍN, DrSc. (1951), pracuje na katedře elektroniky a vakuové fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, Praha 8, e-mail: matolin@mbx.troja.mff.cuni.cz

Článek vznikl z obsahu „Strouhalovské přednášky z fyziky“, kterou prof. Matolín proslavil dne 14. 1. 1998 na veřejném zasedání vědecké rady MFF UK (viz zprávu v *PMFA 43* (1998), 170–171).