

## Poradnik

### Zastosowanie transformacji Fouriera do filtracji obrazów w GIMP.

(usuwanie mory i rastru lub ziarnistej jedwabistej powierzchni ze skanowanych obrazów - Derasteryzacja)

Motto:

**Nie lubię książek i poradników, które mówią "co" ale nie "dlaczego".**

ver. 1 08-04-2012r

Poradnik nie będzie źródłem teoretycznych podstaw Szybkiej Transformacji Fouriera, ale wskazuje tylko jak praktycznie wykorzystać gotową opublikowaną i zaimplementowaną transformatę do filtracji niektórych obrazów. Pewne informacje o wykorzystaniu dyskretnej transformaty Fouriera opisałem w poradniku:

[http://zbyma.gimpuj.info/Poradnik-Kompresja\\_JPEG.pdf](http://zbyma.gimpuj.info/Poradnik-Kompresja_JPEG.pdf)

Kto jest zainteresowany podstawami teoretycznymi "Transformacji Fouriera dla obrazów cyfrowych" może skorzystać np. z: "**Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów - R. Tadeusiewicz P. Korohoda**" oraz:

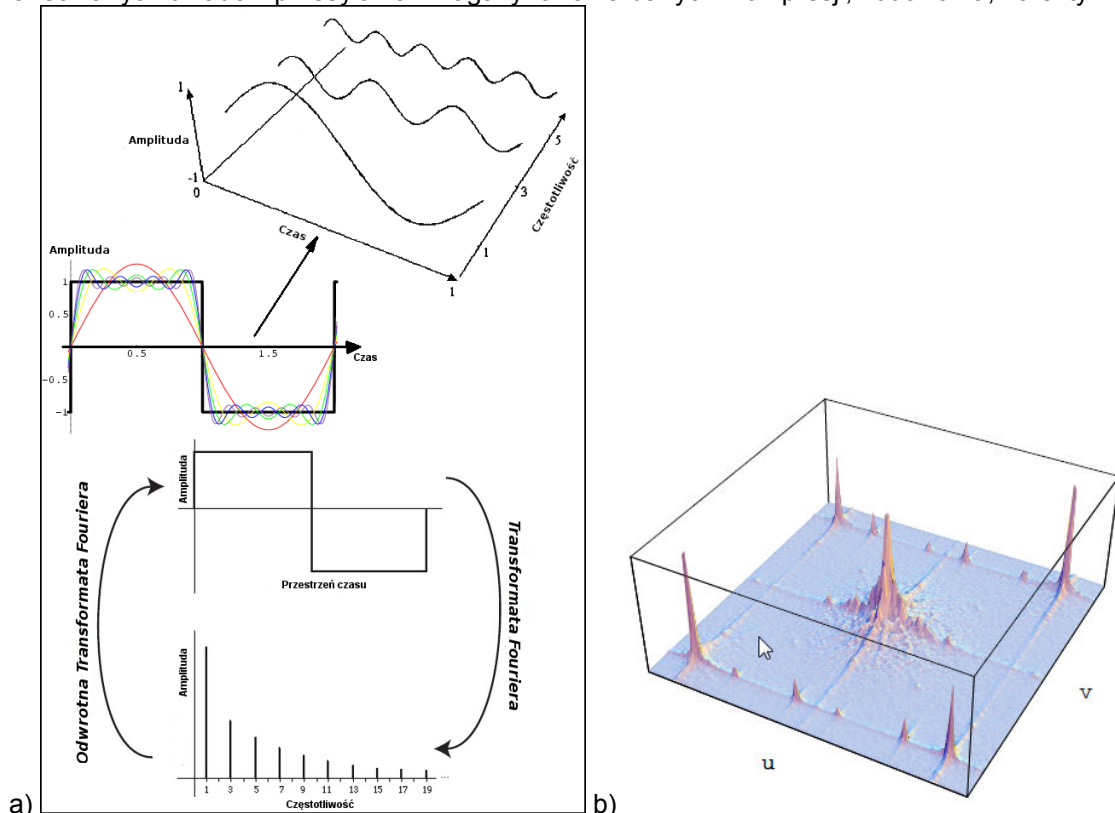
[http://www.geo.uzh.ch/microsite/rsl-documents/research/SARlab/GMTILiterature/PDF/1142\\_CH05.pdf](http://www.geo.uzh.ch/microsite/rsl-documents/research/SARlab/GMTILiterature/PDF/1142_CH05.pdf)

Podkreślić należy, że bez:



Jean\_Baptiste\_Joseph\_Fourier

odkrycia przez Fouriera szeregów nie było by dzisiejszej komunikacji i informatyki. Rozwoju technologii pozwalającej na zamianę sygnałów z osi czasu na oś częstotliwości, który umożliwił powstanie zaawansowanych układów przesyłania i magazynowania danych: kompresji, kodowania, korekty.



b) Spektrogram 3D części rzeczywistej - zachowanie widma w czasie: Amplituda (oś - z) i częstotliwości (oś - y)  $F$ - obrazu (po przesunięciu w dziedzinie  $F$ ) i operacji logarytmowania w funkcji czasu (oś - x).

<http://www.fourier-series.com/f-transform/flash-programs/FourierTran4.html>

Możliwość analizowania widma niektórych sygnałów pozwala nam zrozumieć ich fizykę i zachowanie. Są to zaawansowane metody matematyczne, ale dalej korzystając z wiedzy innych, spróbuję opisać je w miarę prosto i szczegółowo aby wiedzieć, co one dają.

**Analiza spektralna obrazów pozwala, nie wnosząc widocznych zniekształceń, odrzucić najmniej znaczącą część informacji.**

Transformata Fouriera przenosi obraz do dziedziny częstotliwości. Intuicyjną definicję częstotliwości obrazu oprzeć można na kontrastach zawartych w rozpatrywanym obrazie. Wysoki kontrast to wysoka częstotliwość, niski kontrast to niska częstotliwość. Krawędzie zawartych w obrazie powierzchni o jednolitej barwie, znajdujących się na tle o barwie różnej od barwy tych powierzchni to obszary o wysokiej częstotliwości. Można wyobrazić sobie, że DCT powoduje usunięcie drobnych, mało znaczących składowych części obrazu określających obszary o wysokiej częstotliwości co spowoduje „rozmycie” obrazu.

Jeżeli więc obraz zawiera ostre krawędzie, które zapisywane są w zakresie wysokich częstotliwości, DCT spowoduje ich „rozmazanie”.

**Transformata** (przekształcenie).

Stosujemy ją, ponieważ w wielu sytuacjach przetwarzanie danych w ich pierwotnej postaci jest niedogodne, albo z powodu natury stosowanych operacji lub otrzymywanych wyników.

W większości przy transformacjach prowadzi się transfer (czy mapowanie) przetwarzanego sygnału z domeny czasu (przestrzennej) do domeny częstotliwości, ponieważ istnieje domniemanie, że przykładowo obrazy rzeczywistych przedmiotów nie zawierają dużo energii w wyższych częstotliwościach i jest wtedy dobrze zgromadzić jak największą ilość odpowiednich danych do małej ilości współczynników.

**Zastosowania transformaty Fouriera w przetwarzaniu obrazów**

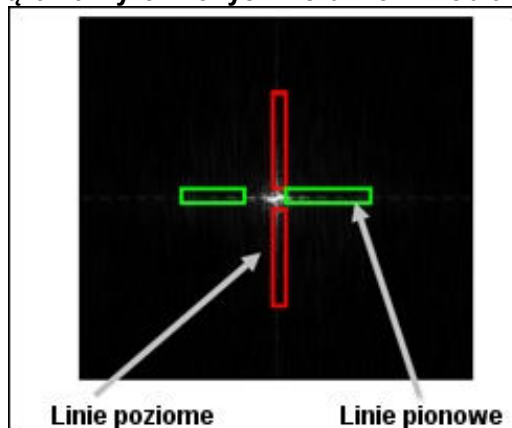
- Obserwacja periodyczności w obrazie
- Wyznaczanie kierunku struktur w obrazie
- Wytlumianie lub wzmacnianie pewnych kategorii informacji
- Wygładzanie i wyostanie obrazu

W celu nauczenia się rozpoznawania cech obrazu w  $F$  – obrazie, pokażę, w jaki sposób pewne cechy treści oryginalnego obrazu mogą być obserwowane na jego  $F$  – obrazie, oglądanym w postaci poziomów szarości.

Jako przykłady stworzyłem proste obrazy w rozdzielczości 128 x 128 pikseli.

**Przykłady:**

**Ilustracja powiązania wyróżnionych kierunków w obrazie i  $F$  – obrazie.**



**Uwaga:**

Praktycznie w filtracji transformatą Fouriera wykorzystuje się tylko jej moduł (ponieważ niesie on ze sobą większość ważnej w interpretacji informacji – jest on najczęściej używany, a więc nie będę przytaczał uzyskiwanych obrazów  $F$  – fazy).

**Ważnym jest również wiedzieć, że:**



Częstotliwości niskie (niosące najwięcej użytecznej informacji) przed przesunięciem, są rozproszone po rogach transformaty.

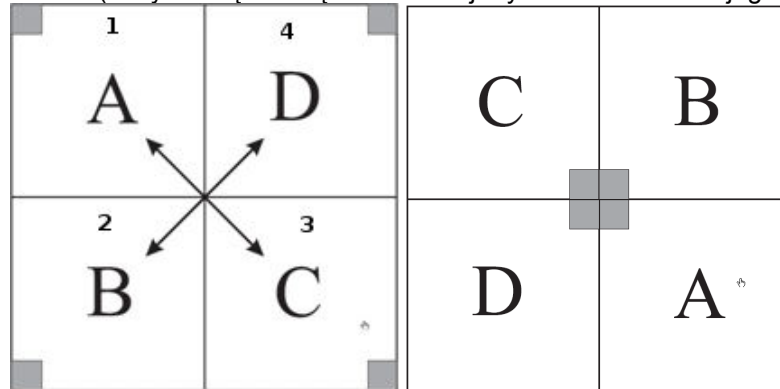
W **Szybkiej Transformacie Fouriera** (FFT) stosowane jest przesunięcie w dwóch wymiarach w dziedzinie częstotliwości.

W skrócie na czym to polega:

Na rysunku widać że  $F$ - piksel, odpowiadający **składowej stałej** (**składowa stała znacznie przewyższa inne częstotliwości**), przed wykonaniem przesunięcia w dziedzinie częstotliwości znajduje się w  $F$ - obrazie w lewym górnym rogu, niezależnie czy obraz jest typu parzystego, czy nieparzystego.

Po przesunięciu ten  $F$ - piksel, znajdzie się dokładnie w centrum obrazu nieparzystego, a w lewym górnym rogu prawej dolnej ćwiartki  $F$ - obrazu parzystego. Na krawędziach  $F$ - obrazu po przesunięciu znajdują się  $F$ - piksele **odpowiadające największym częstotliwościom** wygenerowanych ciągów bazowych. Czyli w przypadku dwuwymiarowej transformaty zamienia się ćwiartki obrazu transformaty A z C i D z B jak jest to zilustrowane na poniższym Rysunku . Dzięki takiemu zabiegowi **najniższe częstotliwości znajdują się w środku transformaty** i rosną wraz z oddalaniem się od centrum obrazu

Poniżej uproszczona ilustracja przesunięcia w dziedzinie  $F$ , przy pominięciu szczegółów związanych z pojedynczymi  $F$ - pikselami (litery nie są treścią  $F$  obrazu a jedynie oznaczeniem jego fragmentów):

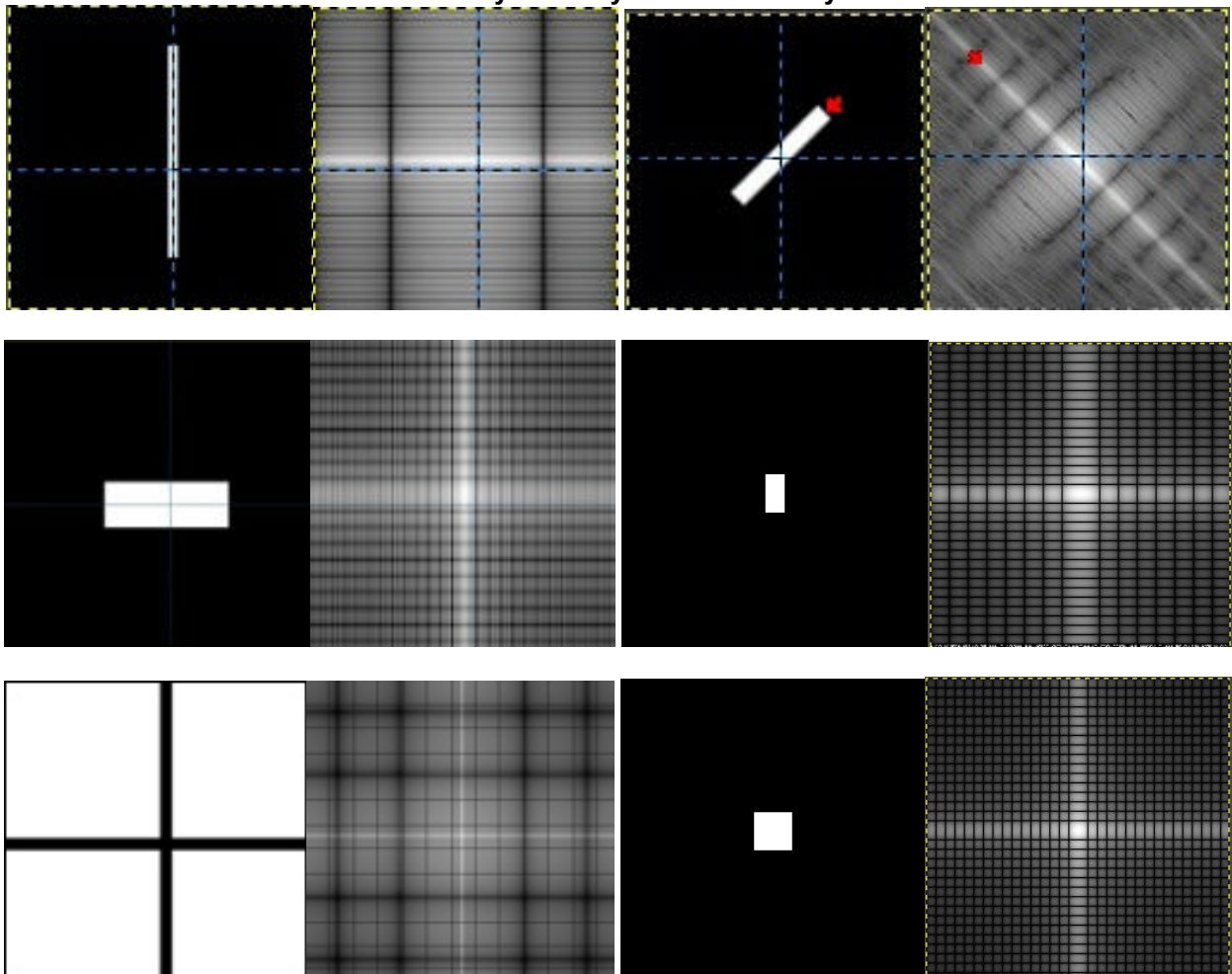


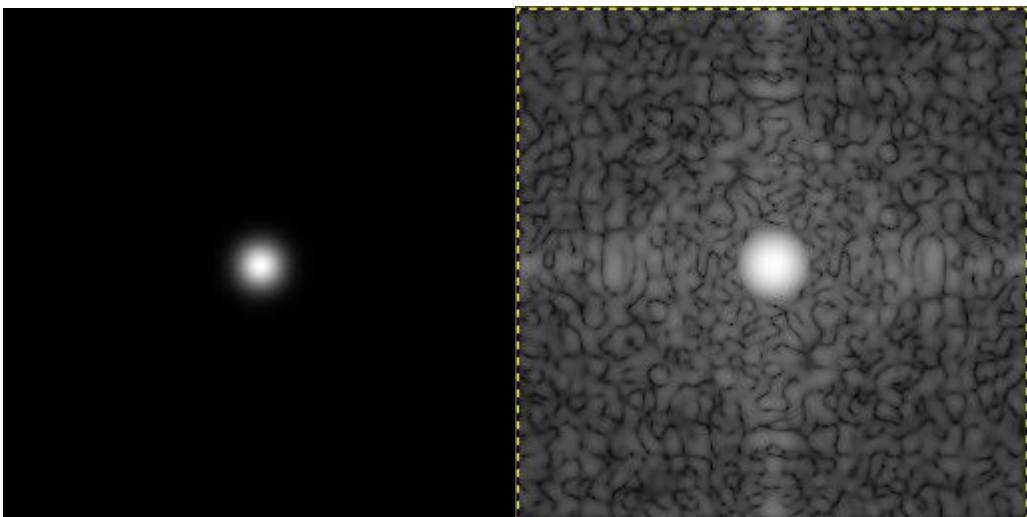
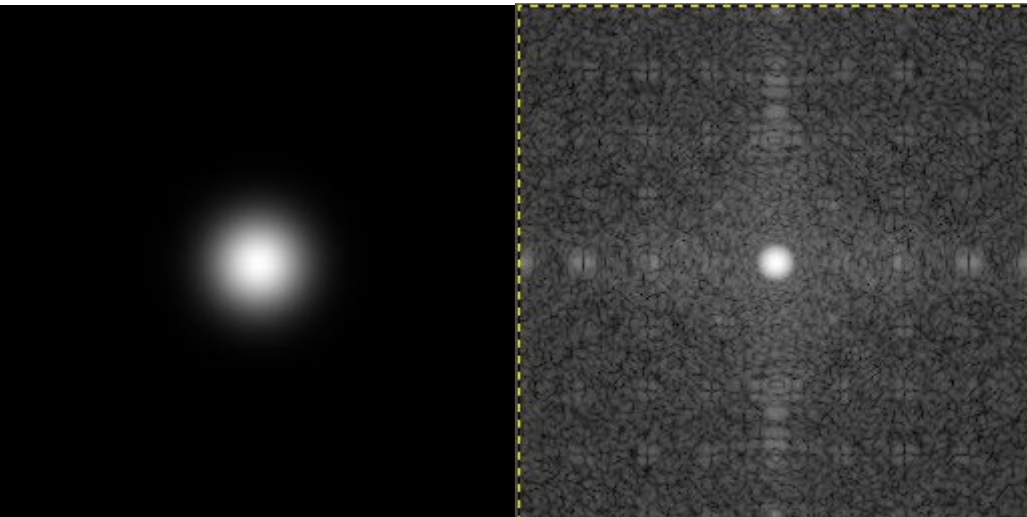
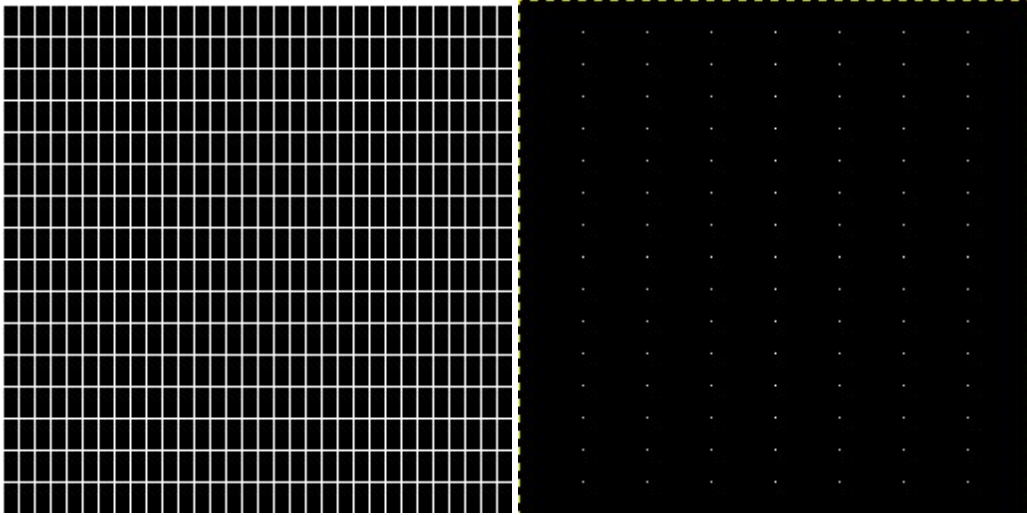
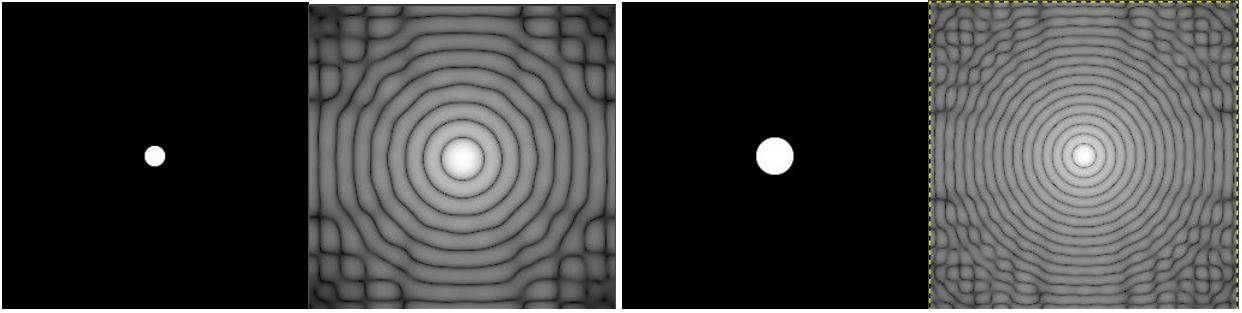
Zamiana ćwiartek w obrazie transformaty.

a)  $F$ - obraz przed przesunięciem      b)  $F$ - obraz po przesunięciu

Ta uwaga pozwala na zorientowanie się gdzie i co się znajdziemy na wygenerowanym obrazie FFT.

**Wszystkie poniższe obrazy otrzymano korzystając z Transformaty Fouriera plugin G`MIC.**  
Proste obrazy i moduły ich transformaty FFT.

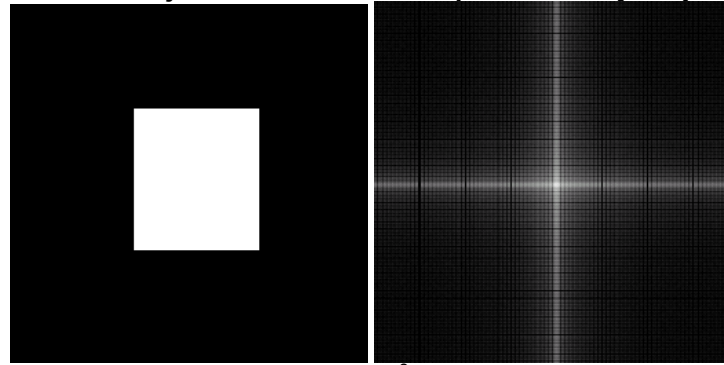




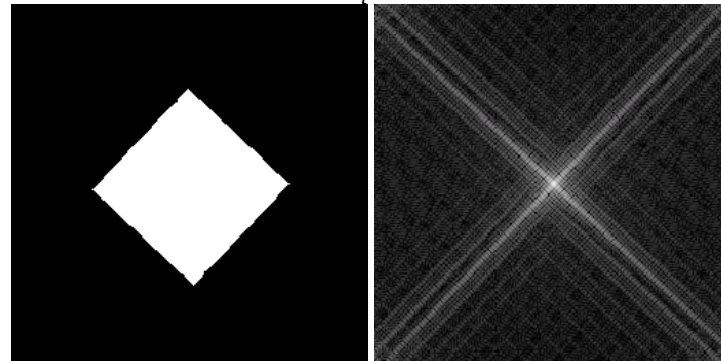
Obraz (po lewej) i obraz modułu jego transformaty (po prawej).



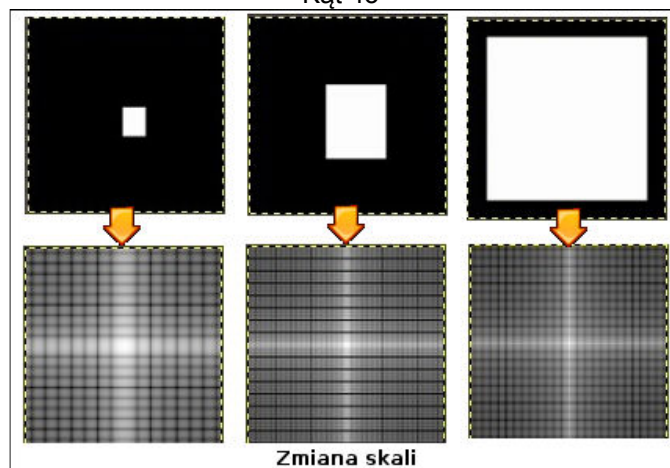
Własności obrotu - Rotacja obrazu w dziedzinie przestrzennej i częstotliwości o kąt



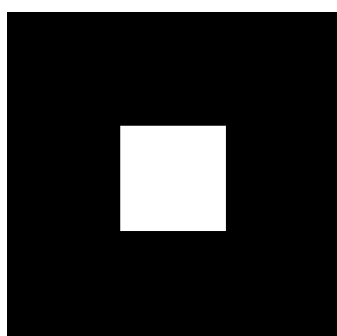
Kąt  $0^\circ$



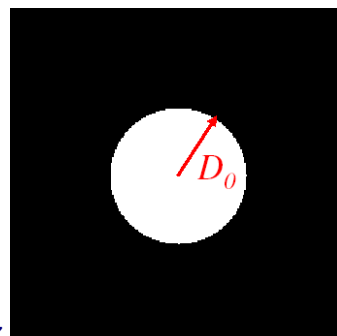
Kąt  $45^\circ$



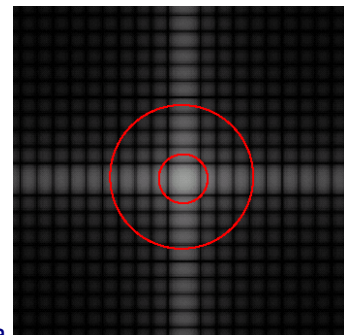
Zmiana skali



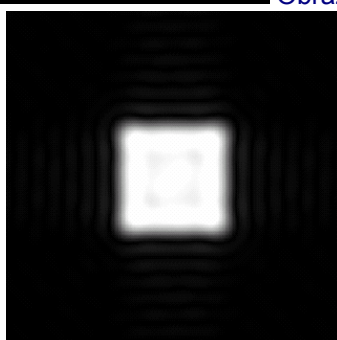
Obraz



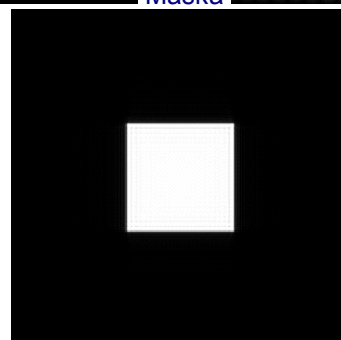
Maska



FFT



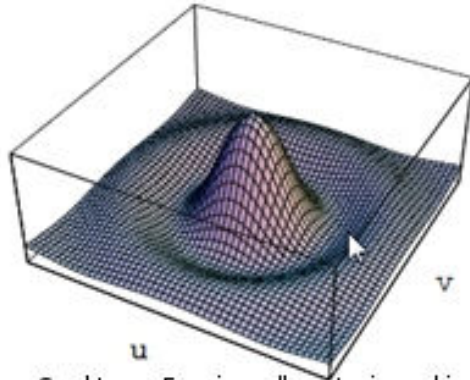
IFFT dla  $D_0 = 10$



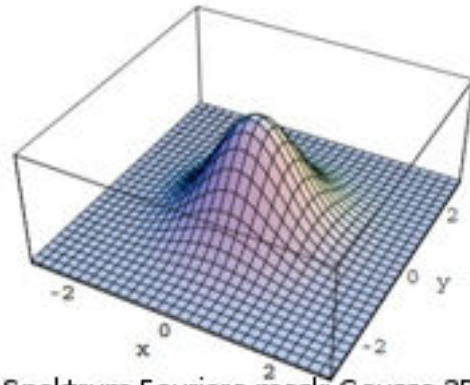
IFFT dla  $D_0 = 70$



maska kołowa o ostrych krawędziach



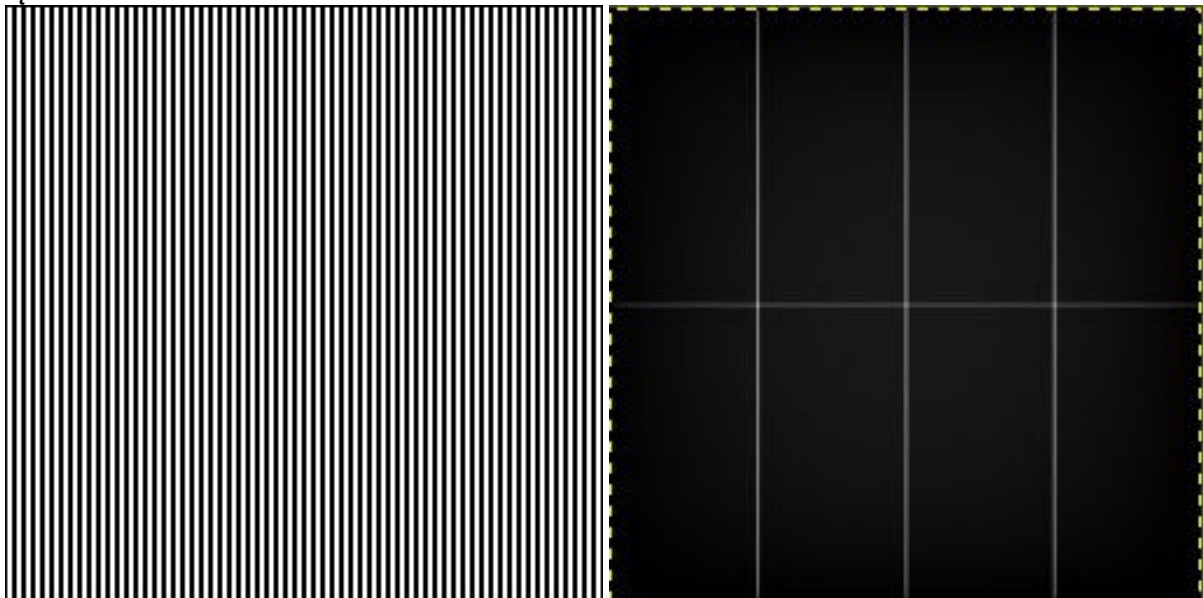
Spektrum Fouriera dla ostrej maski



Spektrum Fouriera maski Gaussa 2D

## Zbadamy dalsze funkcje "Bazowe" dla transformaty Fouriera

### Częstotliwość i kierunek:



Obraz zawiera 2 pikselowe paski pionowe.

Jeśli spojrzemy uważnie, widzimy, że obraz modułu transformaty Fouriera zawiera główne 3 wartości: wartość DC, a ponieważ  $F$  - obraz jest symetryczny względem jego centrum, dwa punkty odpowiadają częstotliwości pasków w oryginalnym obrazie. Zauważymy, że dwa punkty leżą na linii poziomej przechodzącej przez środek obrazu, ponieważ intensywność obrazu w dziedzinie przestrzennej zmienia się najbardziej, jeśli przesuwamy się wzdłuż niej poziomo.

Odległość punktów względem centrum można wytłumaczyć następująco: maksymalna częstotliwość która może być reprezentowana w domenie przestrzennej, (w przypadku obrazu próbkowanego przestrzennie) najwyższa częstotliwość może być reprezentowana przez - rozmiar obrazu/2.

Mamy dwu pikselowej szerokości pary pasków (jeden biały, jeden czarny).

$$f_{\max} = 1 / 2 \text{ piksele}$$

W konsekwencji dwa, 2 pikselowe paski w powyższym obrazku reprezentują

$$f = 1 / 4 \text{ piksele} = f_{\max} / 2$$

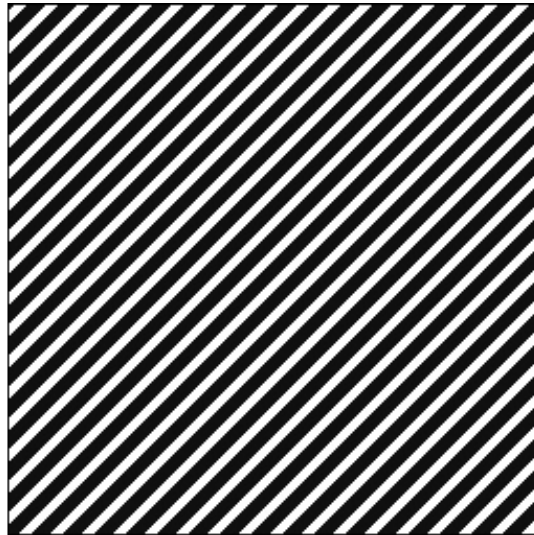
Tak więc punkty w  $F$  - obrazie są położone w połowie odległości między centrum a krawędzią obrazu, tzn. reprezentowana częstotliwość jest połową maksymalnej.

Czym wyższa będzie częstotliwość pasków, tym punkty będą położone dalej w stosunku do centrum  $F$  - obrazu, czym niższa tym bliżej centrum.

Gdy moduł innych częstotliwości w obrazie jest mniejszy niż 1/100 wartości DC, nie mają one żadnego znaczącego wkładu w obrazie.

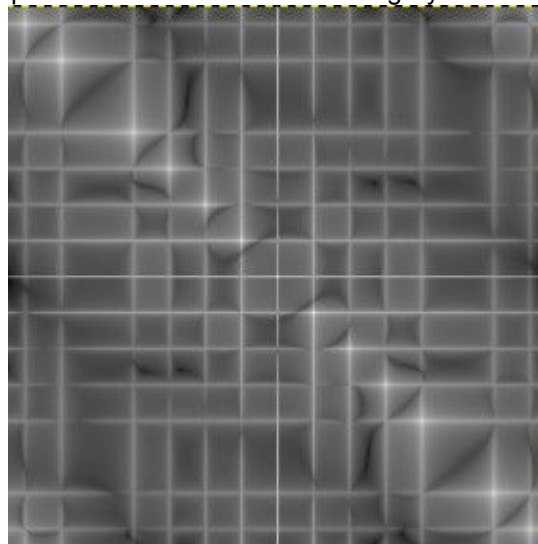
Wartość dwóch małych punktów, wynosi każdy dwie trzecie wartości DC.

Podobne efekty jak w powyższym przykładzie, można zaobserwować przy stosowaniu transformaty Fouriera do obrazu



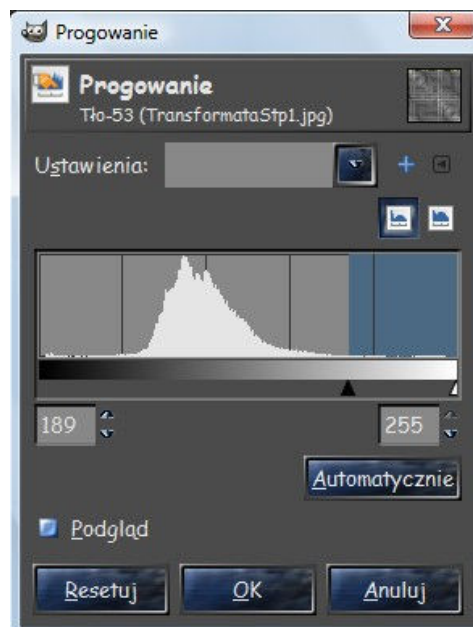
który składa się z ukośnych pasków.

Transformata pokazuje, że znowu główne elementy przekształconego obrazu to wartość DC i dwa punkty odpowiadające częstotliwości pasków. Jednak transformata logarytmiczna Fouriera, pokazuje,

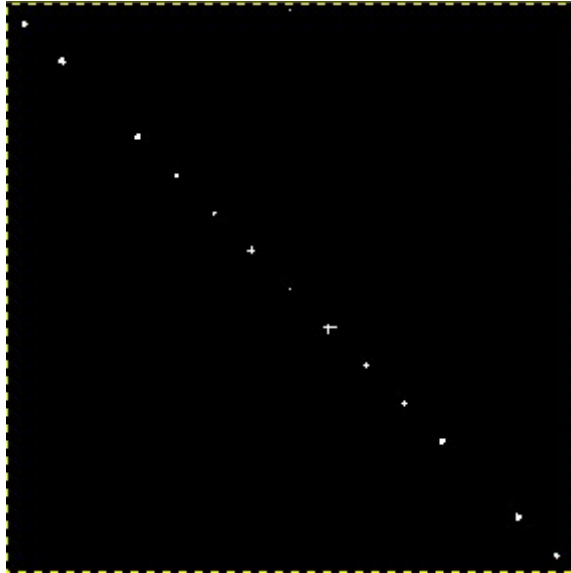


że teraz obraz zawiera wiele mniejszych częstotliwości. Głównym powodem jest to, że przekątna może być przybliżona przez kwadratowe piksele w obrazie, a więc potrzebne są dodatkowe częstotliwości, aby skomponować obraz. Logarytmiczne skalowanie sprawia, że trudno określić wpływ pojedynczych częstotliwości w oryginalnym obrazie.

Aby znaleźć najważniejsze częstotliwości zastosujemy Progowanie oryginalnego  $F$  – obrazu.

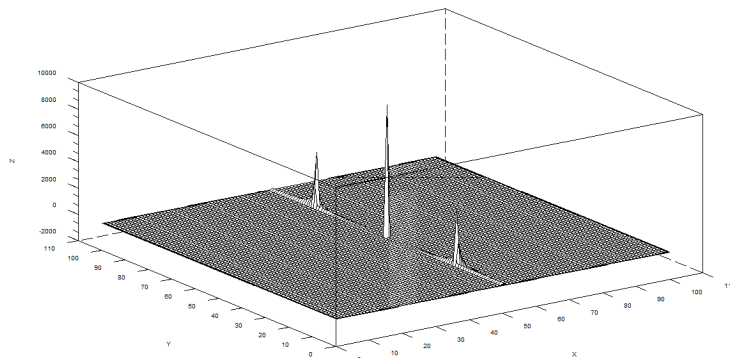


Wynikający z niego  $F$  - obraz,

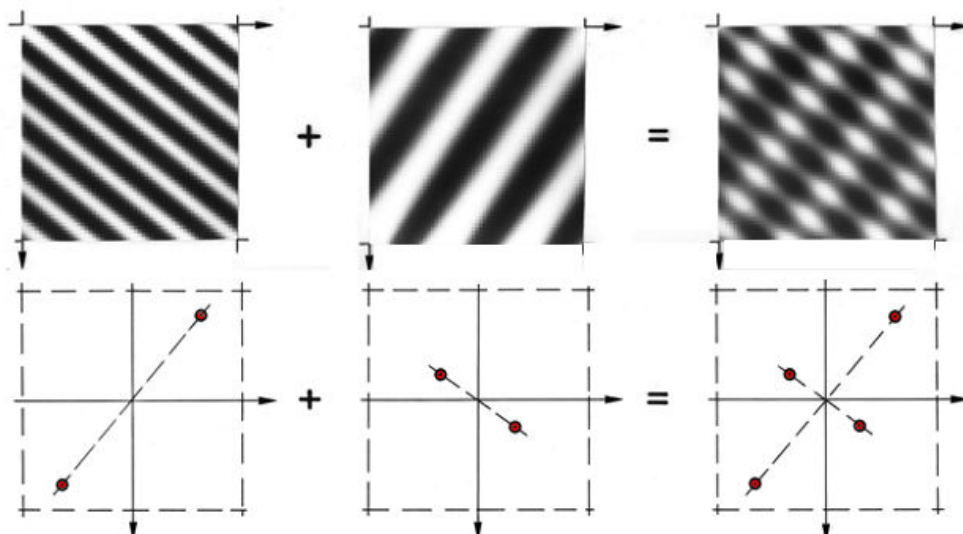


pokazuje wszystkie częstotliwości, których wartość wynosi co najmniej 5% głównego pikę (DC). W porównaniu do oryginalnego  $F$  - obrazu, wyświetla kilka punktów więcej. Wszystkie są na tej samej przekątnej jak trzy główne składniki, **czyli** wszystkie pochodzą z okresowych pasków. Wszystkie zaprezentowane częstotliwości są wielokrotnością częstotliwości podstawowej pasków w domenie przestrzennej obrazu. Jest to możliwe dzięki temu, że sygnał prostokątny, jak paski, z częstotliwością  $f_{\text{prost}}$  składa się z fal sinusoidalnych o częstotliwości  $f_{\text{sin}} = n * f_{\text{prost}}$  znanych jako harmoniczne  $f_{\text{prost}}$ . Wszystkie inne częstotliwości zniknęły z  $F$  - obrazu, **ozn.** wielkość każdej z nich wynosi mniej niż 5% wartości DC.

**Poniżej** – obraz widma (możliwy do uzyskania w **Scilab**-ie - ale to już dla studentów).



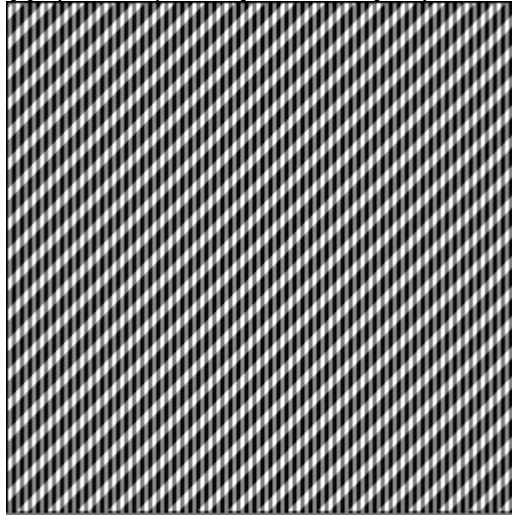
Podsumowanie częstotliwość i kierunek



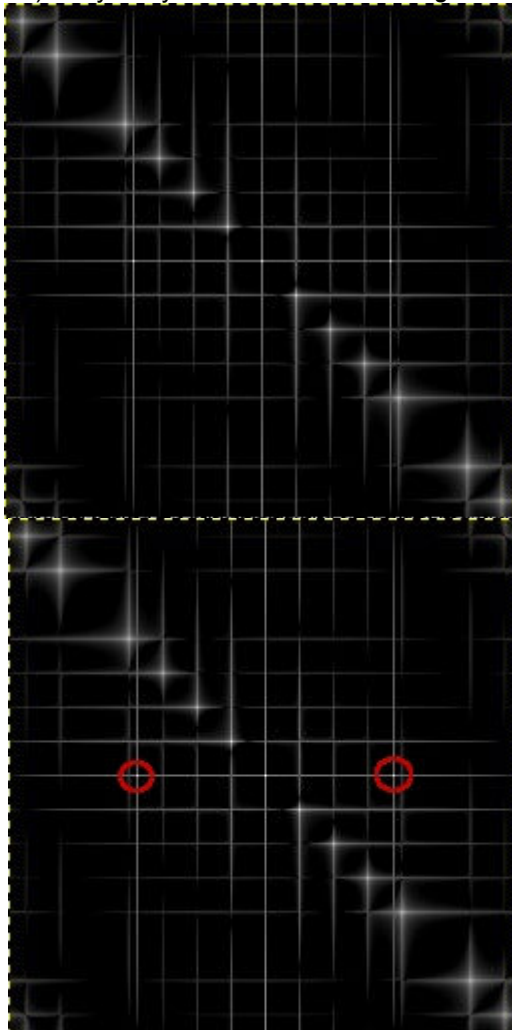
**$F$  - obraz jest symetryczny względem jego centrum, dwa punkty odpowiadają częstotliwości pasków w oryginalnym obrazie. Czym wyższa będzie częstotliwość pasków, tym punkty będą położone dalej w stosunku do centrum  $F$  - obrazu, czym niższa tym bliżej centrum.**



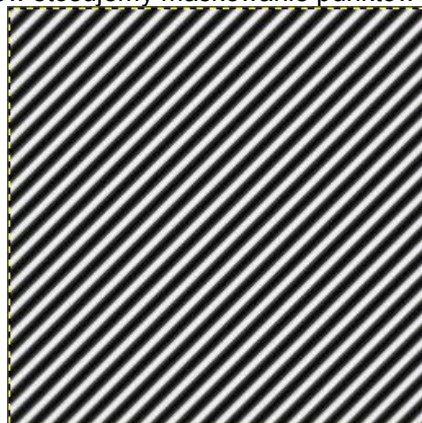
Z kolei obraz będący kompozycją - pasków pionowych i ukośnych pochodzących z powyższych obrazów



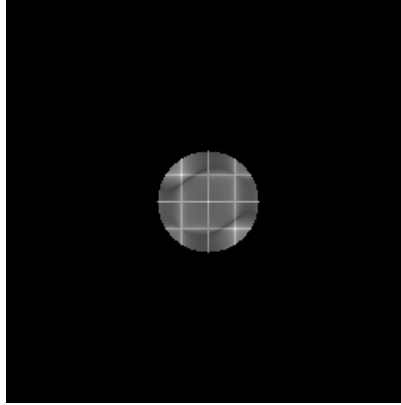
Poniżej: jego  $F$ - obraz (po FFT) otrzymany z zastosowaniem *Progowania* aby podkreślić główne piki



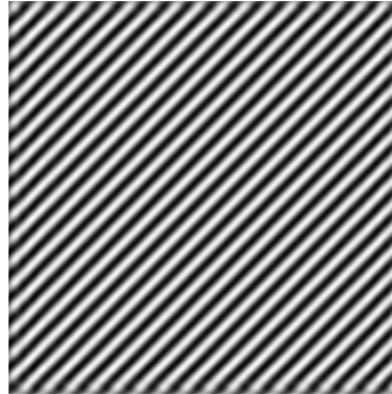
W celu usunięcia pionowych pasków stosujemy maskowanie punktów zaznaczone powyżej na czerwono.



A po zastosowaniu maski, jako filtru dolnoprzepustowego



i po zastosowaniu IFFT ostatecznie otrzymamy:



### Wnioski:

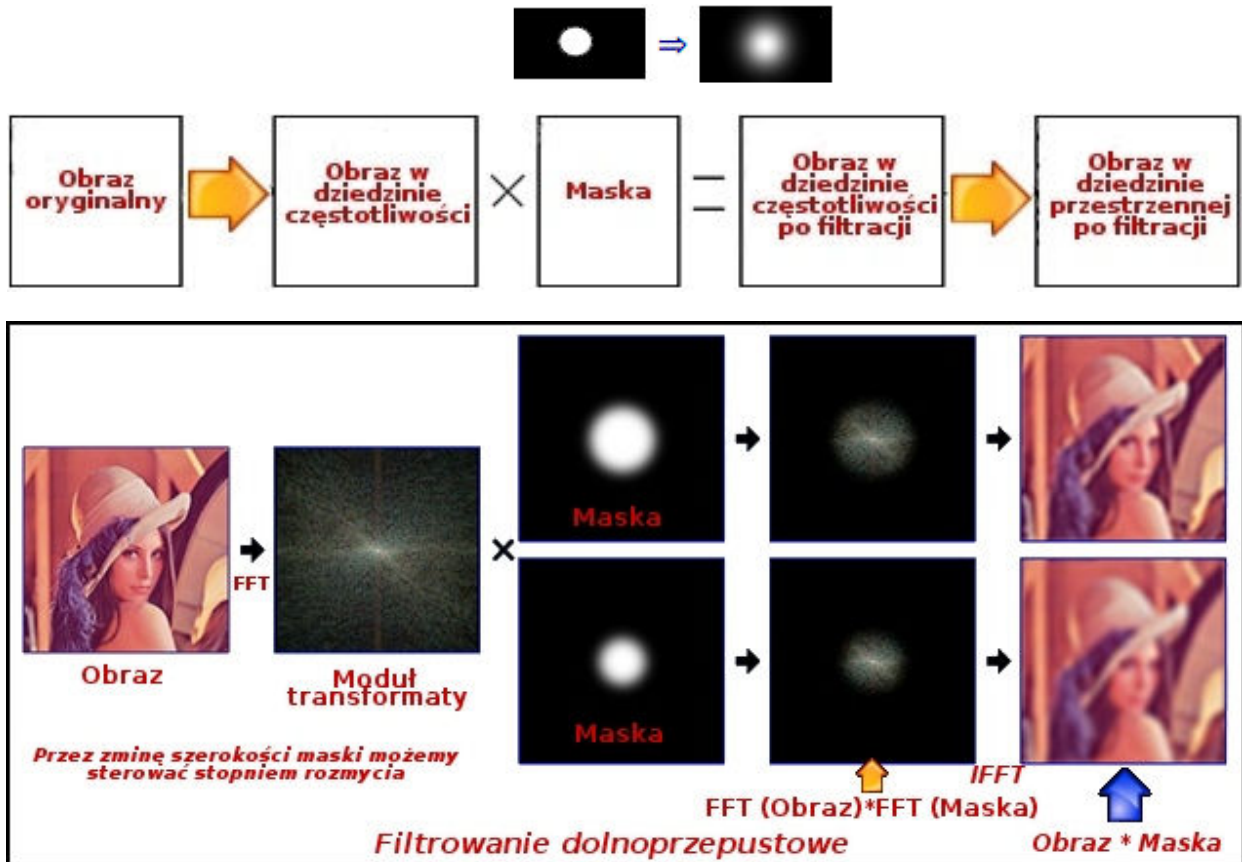
1. Wysokie częstotliwości FFT (szybkie zmiany intensywności w oryginalnym obrazie) leżą blisko zewnętrznej części widma.
2. Niskie częstotliwości w FFT (co odpowiada wolnym zmianom intensywności w oryginalnym obrazie) leżą w pobliżu centrum części widma.
3. Zerowe częstotliwości (składowa stała - DC) jakiegos oryginalnego obrazu  $N \times M$ , leżą w punkcie widma o współrzędnych  $N/2 - 1$   $M / 2$ .
4. Rozkład Wartość intensywności w całym obrazie w stosunku do DC jest równy średniemu poziomowi szarości w oryginalnym obrazie.
5. Krawędzie jakiegos obrazu powodują przekształcenie elementów leżących wzdłuż linii prostopadłej do krawędzi.
6. Mniejsze obiekty mają bardziej rozszaną transformatę; Większe przedmioty bardziej skompresowaną transformatę.
7. Transformata jednorodnego obiektu leży wzdłuż linii prostopadłych do wymiarów obiektu.
8. Kraty (równomiernie powtarzające się linie siatki) wytwarzają szereg punktów prostopadłych do linii kraty.
9. Transformata stałych prostokątów o wymiarach  $x = a$ ,  $y = b$  na obrazie o wymiarach  $N \times M$  jest funkcją sinc (od łac. *sinus cardinalis*):  
 $\text{sinc}(\pi \cdot a / N) \cdot \text{sinc}(\pi \cdot b / M)$  gdzie  $\text{sinc}(x) = \sin(x) / (x)$ . Odległość pomiędzy szczelinami widma będzie  $D_x = N/a$  i  $D_y = M/b$ .
10. Transformata ciągłego okręgu o średnicy  $d$  na obrazie o wymiarach  $N \times N$  jest funkcją jinc :  
 $\text{jinc}(\pi \cdot d / N)$ , gdzie  $\text{jinc}(x) = J_1(x) / (x)$  a  $J_1(x)$  jest funkcją Bessela pierwszego rodzaju, rzędu jeden (położenie zer funkcji Bessela).  
Odległość od centrum do pierwszej szczeliny - zagłębienia w widmie będzie  $D_r = 1,22 \cdot N / d$ .
11. Transformata z funkcją Gaussa (Normal) i  $\sigma = d$ , obrazu o rozmiarach  $N \times N$  jest funkcją Gaussa. Sigma funkcji Gaussa w widmie będzie  $\sigma = N / d$ .
12. Transformata z zespołem linii siatki w odstępach  $x = a$ ,  $y = b$  na obrazie o wymiarach  $N \times M$  jest tablicą punktów: rozstaw punktów w widmie będzie  $D_x = N / a$  i  $D_y = M / b$ .

Jak widać z rysunków Transformacja Fouriera umożliwia przejście z przestrzennej dziedziny obrazu  $x, y$  do dziedziny częstotliwości  $u, v$ . Zazwyczaj przybliża się sygnał kilkoma składowymi sinusoidalnymi o odpowiednich częstotliwościach. Dla zastosowań przetwarzania obrazów cyfrowych istotny jest algorytm szybkiej cyfrowej transformacji Fouriera (rozwiązanie Dyskretnej Transformacji Fouriera).

Tworząc odpowiednią maskę – odpowiednie **zaznaczenie** na  $F$  – obrazie, stworzymy potrzebny nam filtr **dolnoprzepustowy** lub **górnoprzepustowy**

- czułością (stopniem rozmycia) możemy sterować przez zmianę szerokości np. maski kołowej, pędzla

- **czym mniejsza maska, tym większe rozmycie !!!** (Zwiększając szerokość w dziedzinie przestrzennej zmniejszamy ją w dziedzinie czasu.)
- nie stosujemy masek kołowych o ostrych krawędziach, obraz będzie wygładzony, ale pojawią się zniekształcenia **Halo** „aureole” wokół ostrych poziomych i pionowych granic w obrazie (efekt – fenomenu Gibbsa określanego również jako **Ringing**, czyli takie maski wprowadzają do widma wiele składowych harmonicznych, wiążą się z występowaniem w obrazie małych i kontrastowych detali) transformata sygnału ze skokiem wartości jest złożeniem wielu częstotliwości.
- lepsze rezultaty otrzymujemy przy zastosowaniu maski w postaci funkcji Gaussa 2D, powstaje filtr **Butterworth'a**.



**Filtry górnoprzepustowe wykrywające krawędzie** – tworzymy stosując maską

Usunięte zostaną niskie częstotliwości, pozostają wysokie częstotliwości czyli głównie krawędzie, uzyskamy detektor krawędzi.

Jeśli jesteśmy zainteresowani zbiorem częstotliwości, należy zastosować kilka małych masek, z których każda wykrywa jedną precyzyjnie wybraną częstotliwość! (jedna koperta - moduł częstotliwości i kilka miejsc orientacji - umiejscowienia).

**W jednym z poradników niemieckich podano:**

Jak uniknąć niechcianych oscylacji na krawędziach (**Halo**, zjawisko **Gibbsa**) przy odpowiedzi skokowej  
 W niektórych przypadkach widać na obrazie po derasteryzacji przy pomocy FFT, że tekstura nie została usunięta przy górnej i dolnej krawędzi obrazu. Normalnie jest to **bardzo** trudne do uniknięcia i jest spowodowane przez ostre odcięcie w prostokątnym paśmie przenoszenia w dziedzinie częstotliwości. Ale jeśli utworzymy na obrazie dodatkowe krawędzie (ramkę) o szerokości co najmniej 100 pikseli i 50% szarości, a **następnie** wykonamy przetwarzanie FFT oscylacje zostaną zawarte w tych krawędziach.

Teraz realizujemy obcięcie ramki i pozbywamy się halo!. **Praktycznie tego nie sprawdzałem!!!**

**Są to artefakty obrączkowania**, które pojawiają się jako przypadkowe sygnały pobliżu ostrych przejść, w skokowym sygnale.

W analizie przebiegów okresowych niesinusoidalnych, w których występuje nieciągłość funkcji pierwszego rodzaju (tzw. skok funkcji), obserwuje się oscylację, powszechnie znaną jako fenomen Gibbsa. Analizując niesinusoidalny przebieg okresowy i aproksymując go sumą skończonych N wyrazów szeregu Fouriera, stwierdza się, że w punkcie nieciągłości występuje oscylacyjny charakter zbieżności sumy w punktach nieciągłości pojawia się tzw. fenomen Gibbsa.

## Do czego będziemy mogli wykorzystać wiedzę.

### Usuwanie błędów skanowania - usuwanie mory, czyli obróbka oryginałów drukowanych

Czasami na obrazie cyfrowym z wysokiej klasy aparatu cyfrowego lub na skanowanym zdjęciu są widoczne dziwne paski lub kolory. To zjawisko jest nazywane *morą*. Występuje, gdy szczegół na obiekcie (np. struktura materiału lub bardzo do siebie zbliżone, równoległe linie w obiektach architektonicznych) jest taki sam jak szczegół w układzie przetwarzania obrazu. Gdy te dwa szczegóły (wzory) połączą się, często powstaje trzeci wzór. Wzór taki jest zwany *morą*. Na poniższej ilustracji pokazano okrągłe, koliste wzory (po prawej stronie) powstałe w wyniku połączenia dwóch siatek. To zjawisko jest zwane *morą*.

Wg. <http://www.zgapa.pl/>

**Mora** w poligrafii, grafice komputerowej i fotografii to niepożądany efekt, pojawiający się w postaci regularnych punktów lub wzorów, wskutek krzyżowania się układu co najmniej dwu regularnych siatek rastrowych, lub wzorów podobnego rodzaju (a także krzyżowania się rastra z układem pikseli bitmapy). W poligrafii *mora* występuje zawsze przy druku rastrem klasycznym (amplitudowym) co najmniej dwiema farbami drukowymi, czyli w praktyce przy druku, w którym co najmniej dwa rastry nakładają się na siebie. Aby *mora* ta była jak najmniejsza, [kąty rastra](#) obraca się względem siebie. Najlepsze efekty osłabienia *mory* osiąga się przy obróceniu jednego rastra względem drugiego o 30° – *mora* przyjmuje wtedy swoją najmniej wyrazistą formę pod postacią układu [rozetek](#).

Uciążliwa postać *mory* powstaje podczas skanowania druków sporządzonych rastrem klasycznym, gdzie na istniejącą drobną *morę* nakłada się równomierny układ pikseli uzyskanego obrazu bitmapowego. Kolejny zaś wzrost *mory* następuje później przy tworzeniu z takich skanów [obrazu drukowego](#). W świecie realnym z *morą* spotkać można się również w szeregu szczególnych przypadków, gdy nakładają się na siebie dwa regularne wzory. Zaobserwować to można np. oglądając z dużej odległości siatkę ogrodzeniową zasłaniającą drugą.

Efekt *mory* na zeskanowanych zdjęciach najczęściej powstaje na wzorzystych ornamentach i tkaninach, może nie być bardzo widoczny podczas edycji obrazu na ekranie monitora (dopiero w powiększeniu). Najczęściej spotykanym niepożądanym efektem zeskanowanych obrazów z drukowanych oryginałów, takich jak magazyny, gazety i książki, ale także plakaty, kartki pocztowe i czarno-białe rysunki tzw. Line art, jest pojawianie się na skanie pasków i wzorów rombów mimo iż jakość oryginałów była bardzo dobra. Efekt ten to "moiré patterning" lub wzór "Moiré", (powtarzające się, interferencyjne wzory powstające przez nałożenie symetrycznych siatek punktów lub linii o różnym kącie lub gęstości występowania.) Efekt *mory* może pojawić się nie tylko na wzorzystych teksturach i tkaninach, lecz również w wyniku nałożenia się pewnych kombinacji rastrów poszczególnych kolorów procesu drukowania, na przykład żółtego i czerni.

Powstaje on z faktu iż drukowane oryginały składają się ze wzoru małych kolorowych punktów, które są prawie niewidoczne gołym okiem. Ten wzór (nazywany: rastrem) koliduje ze "wzorem" także niewielkich elementów CCD matrycy skanera i powoduje występowanie regularnych zniekształceń poprzez interferencję.

**Szpecólnie widać to wówczas gdy skanowano oryginalny obraz w rozdzielczości większej niż liniatura skanowanego materiału.**

Skany odbitek fotografii na papierach **jedwabistych** z fakturą powierzchni mają trójwymiarowe tłoczenie, po zeskanowaniu uwidacznia się struktura tego papieru w formie niezbyt przyjemnych refleksów wyglądających jak szum impulsowy, jednolity biały "śnieg" na całym zdjęciu (**to nie jest moire**).

Kiedyś papier jedwabisty był produkowany w czterech odmianach różniących się wielkością rastra, stąd mogą być różne opisy wyglądu tego samego typu papieru.

Proces usuwania powyższych niepożądanych efektów jest nazywany **derasteryzacją**.

**Derasteryzacja** służy do usuwania nieeleganckich wzorów powstających wskutek efektu *mory*, które pojawią się podczas skanowania dokumentów lub drukowanych fotografii. Dzięki **derasteryzacji** można zminimalizować poziom efektu *mory* w obrazie i uniknąć występowania w obrazie wzorów w postaci krat, pasków i punktów.

### Obrazy testowe

W eksperymentach starałem się wykorzystać standardowe obrazy testowe. Przy ich wyborze kierowałem się tym, aby obrazy były typowe i reprezentowały różne parametry interesujące z punktu widzenia przetwarzania obrazów przez systemy cyfrowe. Są to takie parametry, jak teksturowanie, kontury, liczba kolorów, regularność wzorów. Brana była pod uwagę również „popularność” wybranych zdjęć i grafik komputerowych w zastosowaniu do testowania systemów cyfrowego przetwarzania obrazów. Obrazy zostały pobrane z publicznej bazy danych, jednak ich pochodzenie nie zawsze jest niejasne.

Np. na stronach:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_test\\_image](http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_test_image)

[http://www.imagecompression.info/test\\_images/](http://www.imagecompression.info/test_images/)

<http://www.hlevkin.com/TestImages/classic.htm>

<http://www.hlevkin.com/TestImages/oldclassic.htm>

<http://r0k.us/graphics/kodak/>

[http://fourier.eng.hmc.edu/e161/imagedata/image\\_source.html](http://fourier.eng.hmc.edu/e161/imagedata/image_source.html)



## Zastosowanie Transformaty Fouriera z plug-inu G`MIC.

Wszystkie sprawy związane z ściągnięciem i instalacją plug-inu podano już w:

[http://zbyma.gimpuj.info/Poradnik\\_G%60MIC%20wprowadzenie%20.pdf](http://zbyma.gimpuj.info/Poradnik_G%60MIC%20wprowadzenie%20.pdf)

Mimo zainstalowania i wypróbowania **nie korzystam** z prostego plug-inu wykonującego również transformatę Fouriera, a mianowicie FFT możliwy do pobrania z:

<http://registry.gimp.org/node/19596>

lub z skryptu [descreen.scm](http://descreen.scm) , który korzysta z w/w plug-inu

<http://registry.gimp.org/node/24411>

Uzasadnienie: G`MIC oferuje zdecydowanie lepsze parametry i rezultaty.

<http://registry.gimp.org/node/13469>

<http://gmic.sourceforge.net/gimp.shtml>

Transformacja FFT w **G`MIC** jest typu *float-valued Transform* (transformacją zmiennoprzecinkową), tak więc, jeśli chce się uniknąć utraty zbyt dużo informacji, trzeba przechowywać wszystkie liczby zmiennoprzecinkowe transformacji (aby np. móc dokładnie obliczyć odwrotność transformaty). Jednak GIMP jest w stanie zarządzać tylko zdjęciami 8 bitów/piksel (liczby całkowite) [0,255 ] , a liczby zmiennoprzecinkowe FFT obrazu, nie mogą być przechowywana bez pewnych sztuczek (ang. "hack"). Jedną z sztuczek zastosowaną w pluginie G`MIC jest to konwersja z liczb zmiennoprzecinkowych FFT w (*fixedpoint numbers*) liczby stałopozycyjne (32-bitowe), oraz dołączanie tych informacji za pomocą kilku obrazów. To co widzimy na górze transformaty jest w istocie najbardziej znaczącym elementem FFT (a więc klasyczna log - wielkości obrazu) natomiast wszystkie pozostałe dane są mniej istotne. W rzeczywistości są one przydatne aby przeprowadzić dokładny proces odwrotnej transformaty - IFFT.

Chcąc rozpocząć, obrazek wzorcowy, możemy ściągnąć ze strony:

<http://www.passion-metrique.net/forums/viewtopic.php?f=11&t=4403%29>

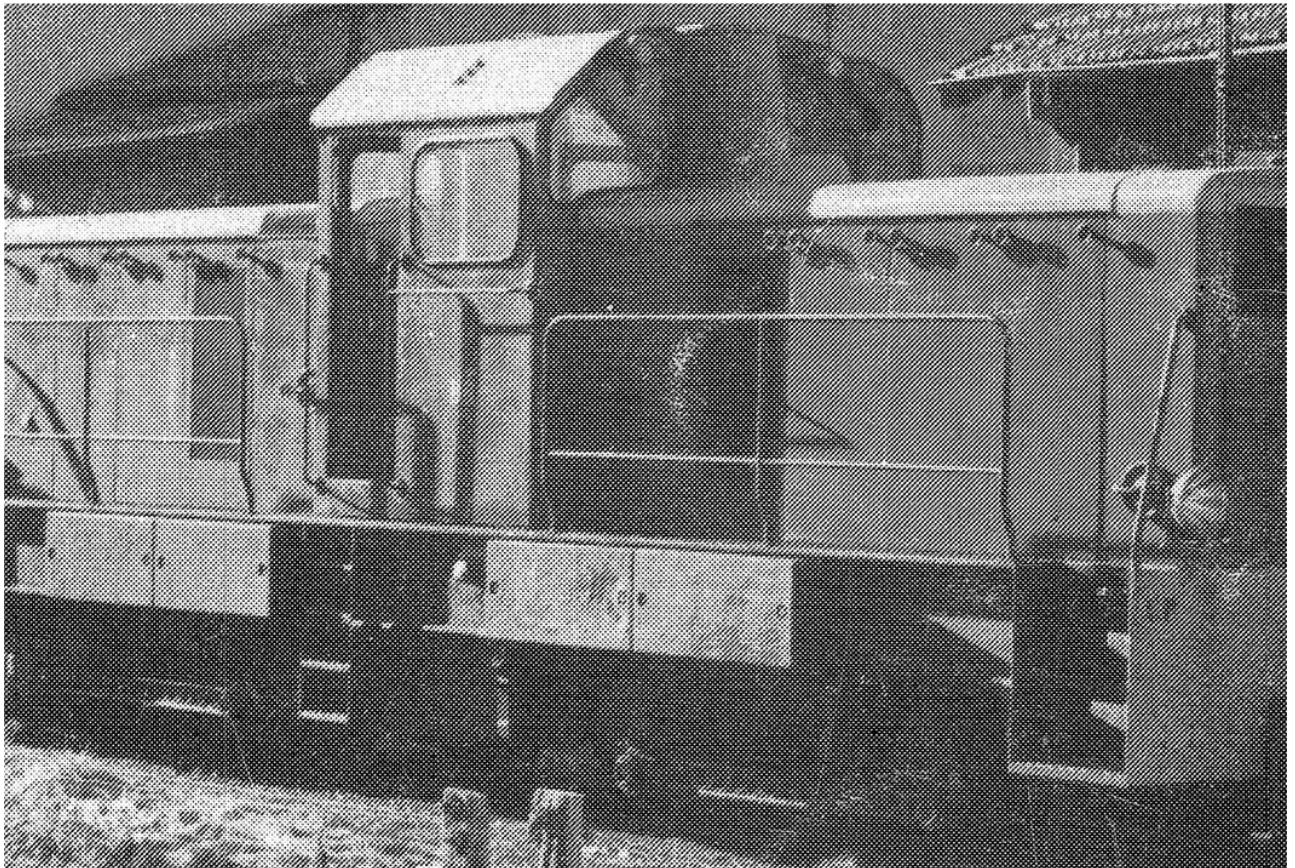
lub zastosować jakiś inny z obrazów testowych

### Uwagi początkowe:

Obraz powinien być: **Obraz \ Tryb \ RGB lub Odcienie szarości**

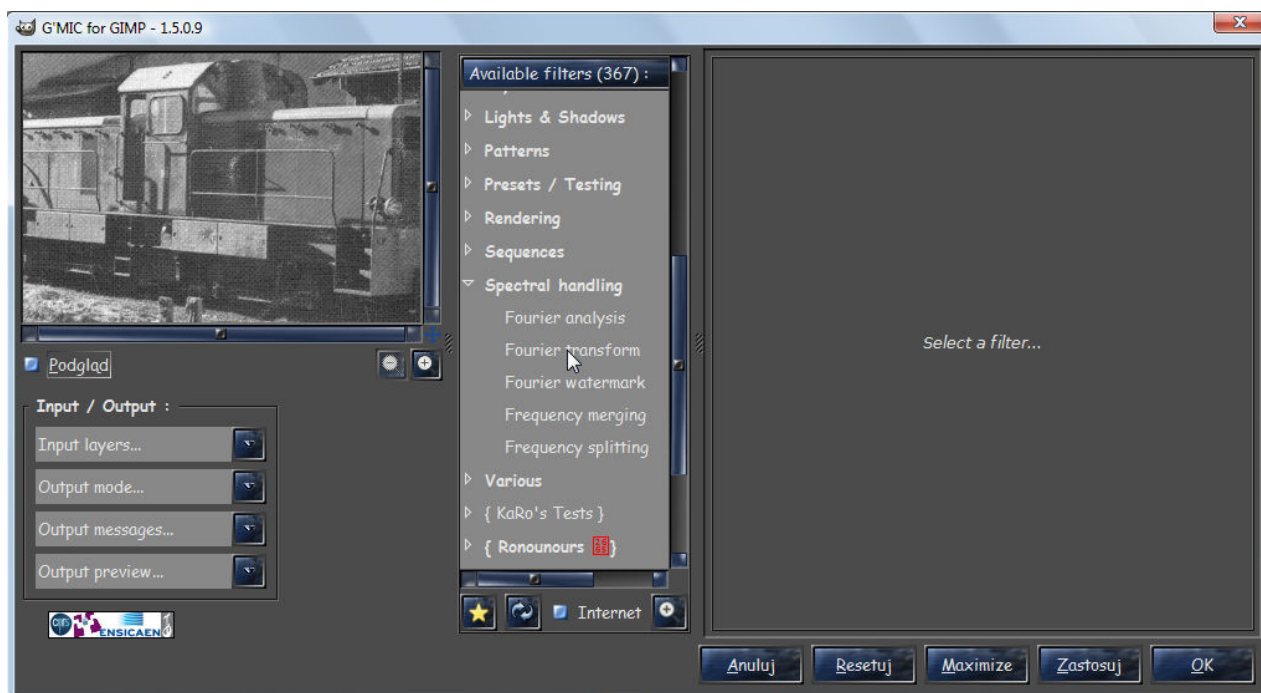
FFT nie rozumie warstw, masek, kanałów alfa itd. Obraz musi być tylko jeden, warstwa "Tło" i nic więcej, dlatego, usuwamy warstwę alfa, jeśli jest obecna w obrazie (**Obraz \ Spłaszcz obraz**)

G`MIC działa poprawnie **tylko z obrazami RGB oraz Odcienie szarości**, dlatego chcąc otworzyć obraz indeksowany zauważymy, że pozycja w menu **Filtry => G`MIC będzie wyszarzona**.

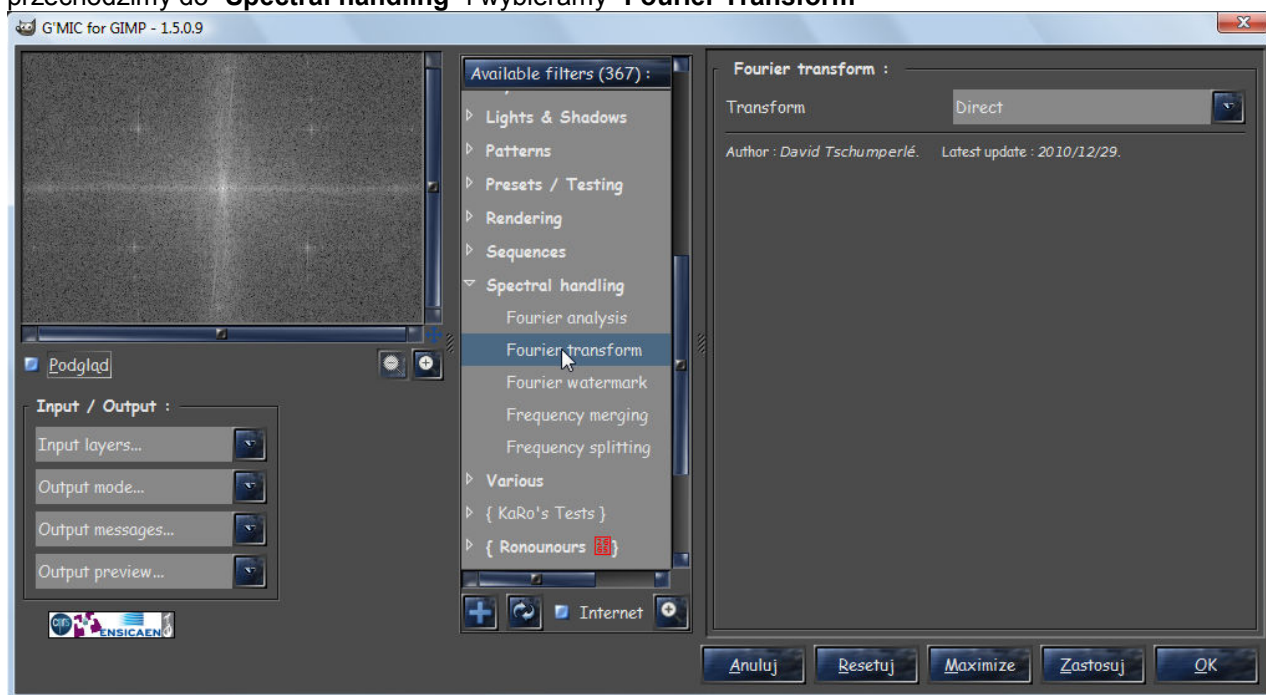


Otwieramy obraz i **widzimy szumy w postaci rastru**, uruchamiamy plug-in **G`MIC**,



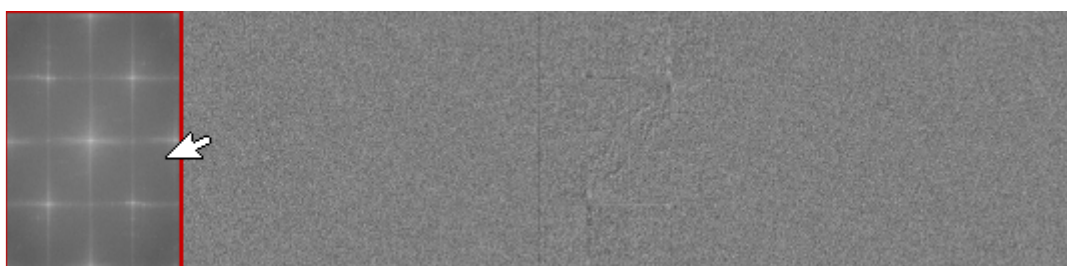


(jak widać z obrazu stosuję plug-in **gmic\_gimp\_win32\_1.5.0.9** z dnia 20-01-2012r) przechodzimy do **"Spectral handling"** i wybieramy **"Fourier Transform"**



pojawia się okno z prostym parametrem **"Direct"**, klikam **"OK."**

Po chwili, po wykonaniu **transformaty** Fouriera wyświetli się w oknie podgląd obrazu transformacji:



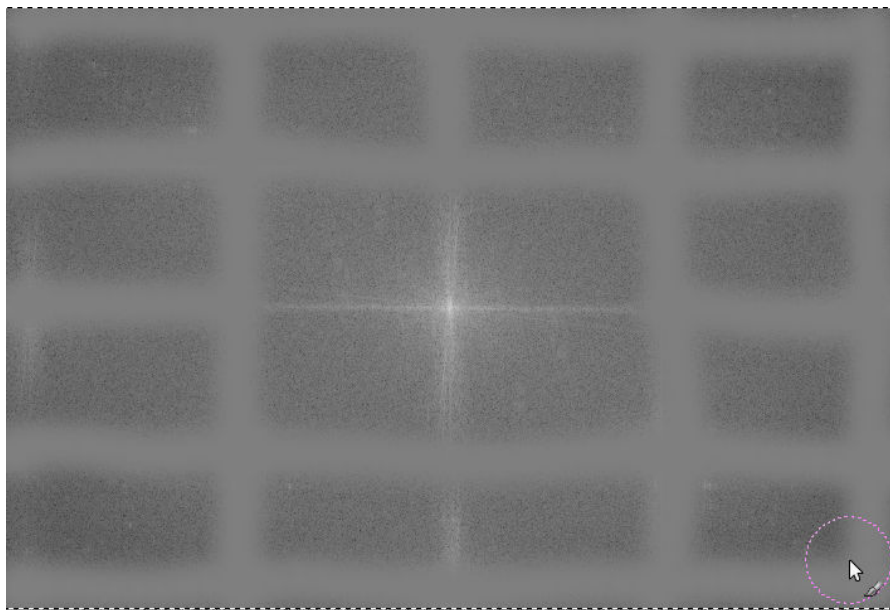
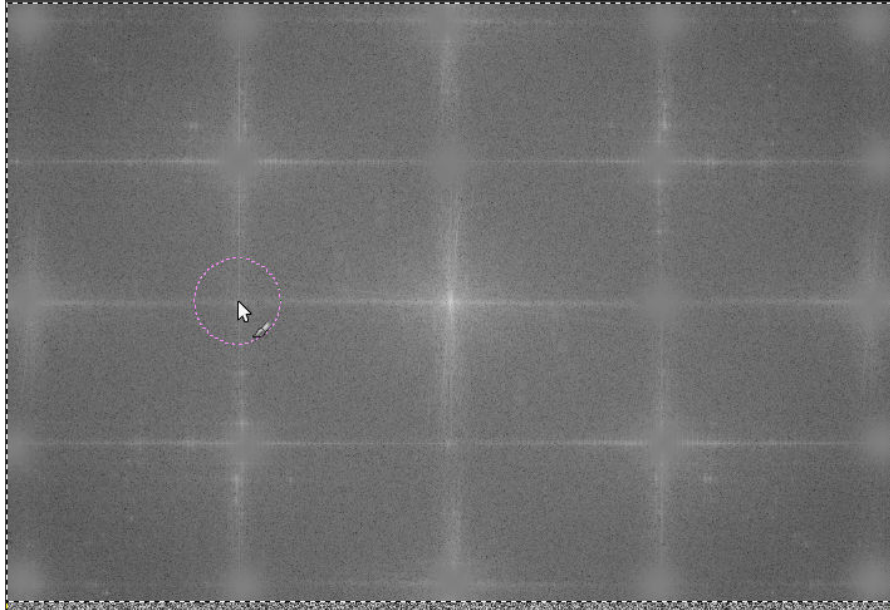
Na rzucie celowo zaznaczono na czerwono i wskazano, moduł częstotliwości  $F$  – obrazu, w ramach którego będziemy dalej przeprowadzać kolejne operacje

(Uwaga: obraz obróciłem o  $90^\circ$  aby nie zajmował dużo miejsca na stronie poradnika)

### Przygotowanie maski filtru.

Przy praktycznym wykonywaniu transformacji trzeba wykorzystać funkcje okna w celu zmniejszenia wpływu ograniczonych rozmiarów obrazu na zniekształcenia widma.

**Zaznaczeniem prostokątnym** selekcjonujemy z wyświetlanego wyniku transformacji, górną część obrazu (którą zazaczyłem powyżej – maska będzie tworzona w ramach tego rozmiaru obrazu). Chcemy stworzyć w dziedzinie częstotliwości filtr dolnoprzepustowy, czyli taki który eliminuje wszystkie nagłe zmiany intensywności w obrazie, musimy więc usunąć z widma obszary odpowiadający za wysokie częstotliwości. **Tworząc odpowiednią maskę – odpowiednie zaznaczenie tworzymy filtry**



Będziemy zaznaczać (maskować), niepożądane wysokie częstotliwości obrazu do wyzerowania, wyraźnie widzimy, że są one zlokalizowane w miejscach innych niż w centrum (centrum to niskie częstotliwości które \* muszą \* być zachowane, tutaj znajduje się większość najważniejszych informacji graficznych).

Wysokie częstotliwości są odpowiedzialne za szumy rastru lub morę, które widać na oryginalnym obrazie.

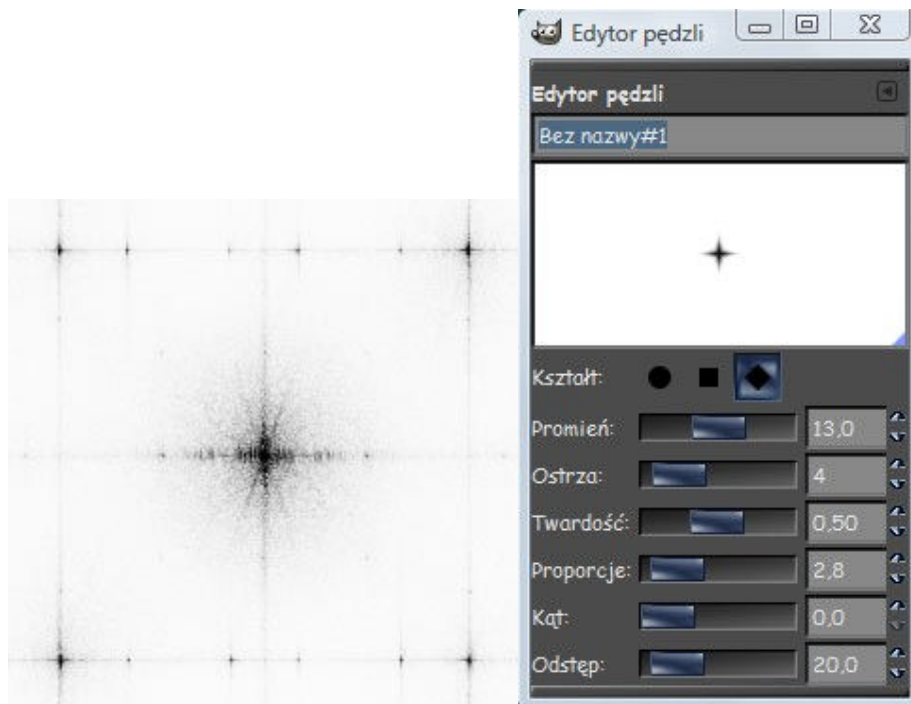
**Wskazówka:**

W celu dokładnego zlokalizowania i rozpoznania miejsc charakterystycznych dla mory czy rastru w  $F$  – obrazie, **musimy stosować duże powiększenia**, przy małych powiększeniach często nie rozpoznamy istotnych szczegółów.

Wybieramy narzędzie np. pędzel w kolorze czarnym (lub szarym) i maskujemy charakterystyczne punkty i linie odpowiadające za rastr lub morę wysokiej częstotliwości. Rozpoczynając nie musimy zachować dużej precyzji, zawsze możemy po **IFFT** zastosować kolejne **Ctrl+Z** i wykonać poprawki.

Możemy stworzyć sami potrzebny odpowiedni kształt pędzla aby usunąć np. gwiazdne punkty :





W niektórych przypadkach można zastosować również Łatkę.

A więc maskowanie możemy przeprowadzić różnymi metodami, ale zawsze narzędziem z rozmyciem "Circle Fuzzy" (dlaczego – wyjaśniono powyżej), w tym przypadku, kolor pierwszoplanowy ustawiłem na **808080** (*średnia szarość*) i zaznaczam węzły i linie pionowe oraz poziome nie ruszając centrum (linie malujemy z Shift).

### Ważne

Po zakończeniu tej czynności, **przechodzimy do menu "Zaznaczanie" i wybieramy "Nic"**

Teraz ponownie otwieramy G`MIC => **"Spectral handling"** => **"Fourier Transform"** pojawia się okno z którego wybieramy parametr **"Inverse"**, klikam **"OK."**



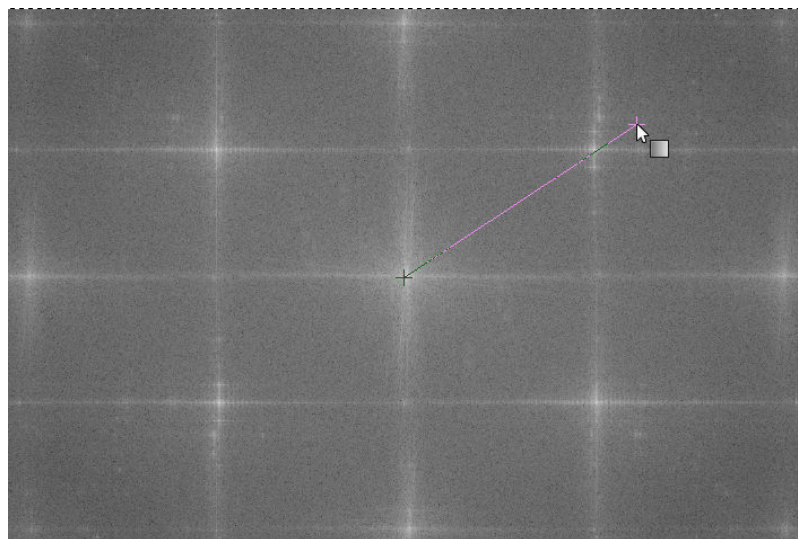
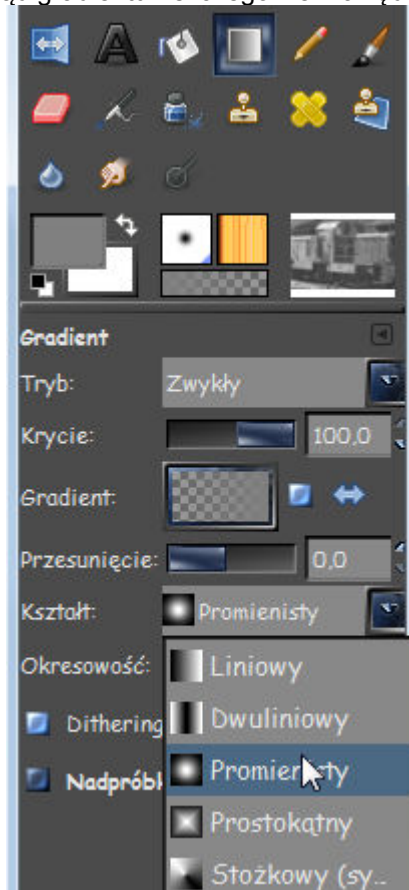
Po chwili pojawia się przefiltrowany obraz, robimy powiększenie dla lepszej oceny skuteczności procesu. Większość szumu struktury rastra zniknęła, a pozostał tylko pewien rzeczywisty szum losowy. Na powyższym obrazie zastosowano jeszcze skrypt **Filtry => Rozmycie => Sharp Blur...** lub można Enhancement => Anisotropic smoothing (anizotropowe wygładzanie) z ustawieniami domyślnymi. Czy G`MIC => Enhancement => Deconvolution => Regularization => Tikhonov, co może odtworzyć artefakty. Dalej: **Kolory => Automatycznie => Balans Bieli**. Powyżej pokazano efekt końcowy.



**Inna metoda:**

**Zaznaczeniem prostokątnym** wybieramy z wyświetlanego wyniku transformacji górną część obrazu. Będziemy korzystać z narzędzia "**Gradient**", z listy wybieramy gradient **Transparentny - FG to Transparent** - oznacza, że kolor pierwszoplanowy (FG) będzie stopniowo zanikał poprzez płynną zmianę wartości alfa (od 255 do 0). W celu ustalenia kierunku rysowania gradientu klikamy na **strzałkę** dla zmiany wykorzystania koloru pierwszoplanowego lub tła (w tym przypadku ustalamy typ tworzonego filtra FDP lub FGP).

Dalej kształt **Promienisty** (będzie tworzyć okrąg, środek którego wypełniany jest kolorem pierwszoplanowym, brzegi zaś - kolorem tła) oraz ustalamy **Przesunięcie** (pozwala zwiększyć „nachylenie” gradientu. Określa ono w jakiej odległości od punktu kliknięcia rysowany będzie gradient). Można wypróbować poprawić wygląd gradientu - szczególnie krawędzi – Nadpróbkiowaniem.



teraz w obszarze selekcji, klikam na środku, potem wybieram sobie myszką kierunek od centrum. Chcemy stworzyć w dziedzinie częstotliwości filtr dolnoprzepustowy, czyli taki który eliminuje wszystkie nagłe zmiany intensywności w obrazie, musimy usunąć z widma obszar odpowiadający za wysokie częstotliwości.

Kolor pierwszoplanowy ustawiamy na czarny wtedy obraz będzie wyglądał jak poniżej:





Po zakończeniu tej czynności, tak jak poprzednio przechodzimy teraz do menu "**Zaznaczenie**" i wybieramy "**Nic**" i znowu otwieramy G`MIC => "**Spectral handling**" => "**Fourier Transform**" pojawia się okno z prostym parametrem "**Inverse**", klikam "**OK.**" -

**Po chwili** jak poprzednio pojawia się przefiltrowany obraz, robimy powiększenie dla lepszej oceny skuteczności procesu itd. Przy tym typie maskowania, jest to wersja bardzo skutecznego filtra dolnoprzepustowego, skutecznie wycina składowe wysokiej częstotliwości – mocne rozmycie obrazu!.

**Inny przykład:**



Skan z ulotki reklamowej 1053x1053 pikseli 300 dpi





Wycinek z tego obrazu powiększenie 200%

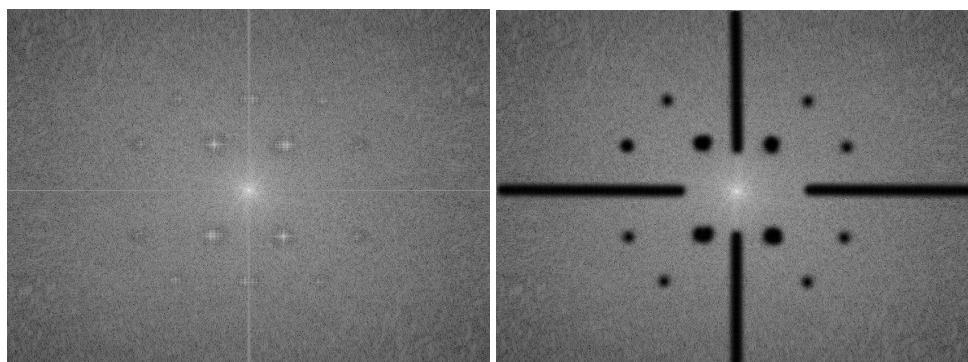
Wynik:



G`MIC => FFT/IFFT oraz Filtry => Rozmycie => skrypt Sharp Blur...



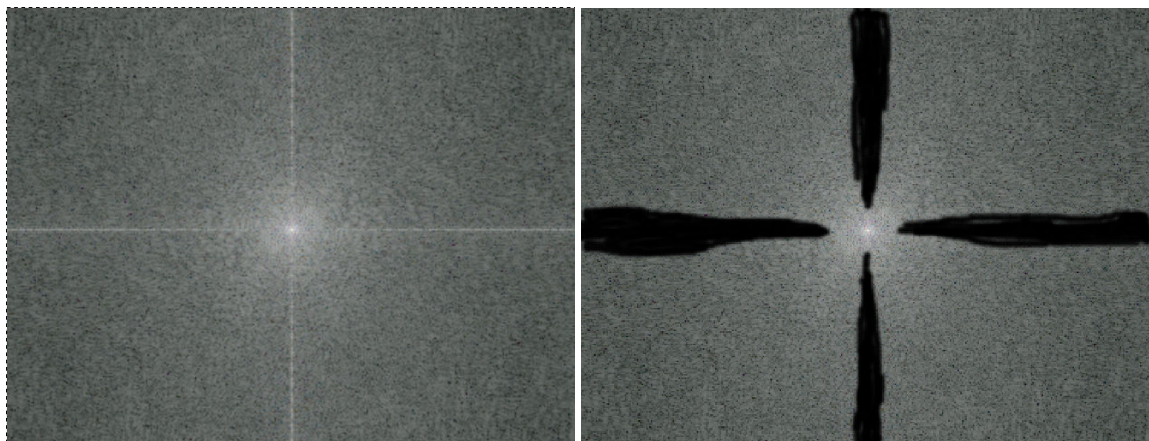
Wycinek z tego obrazu powiększenie 200%





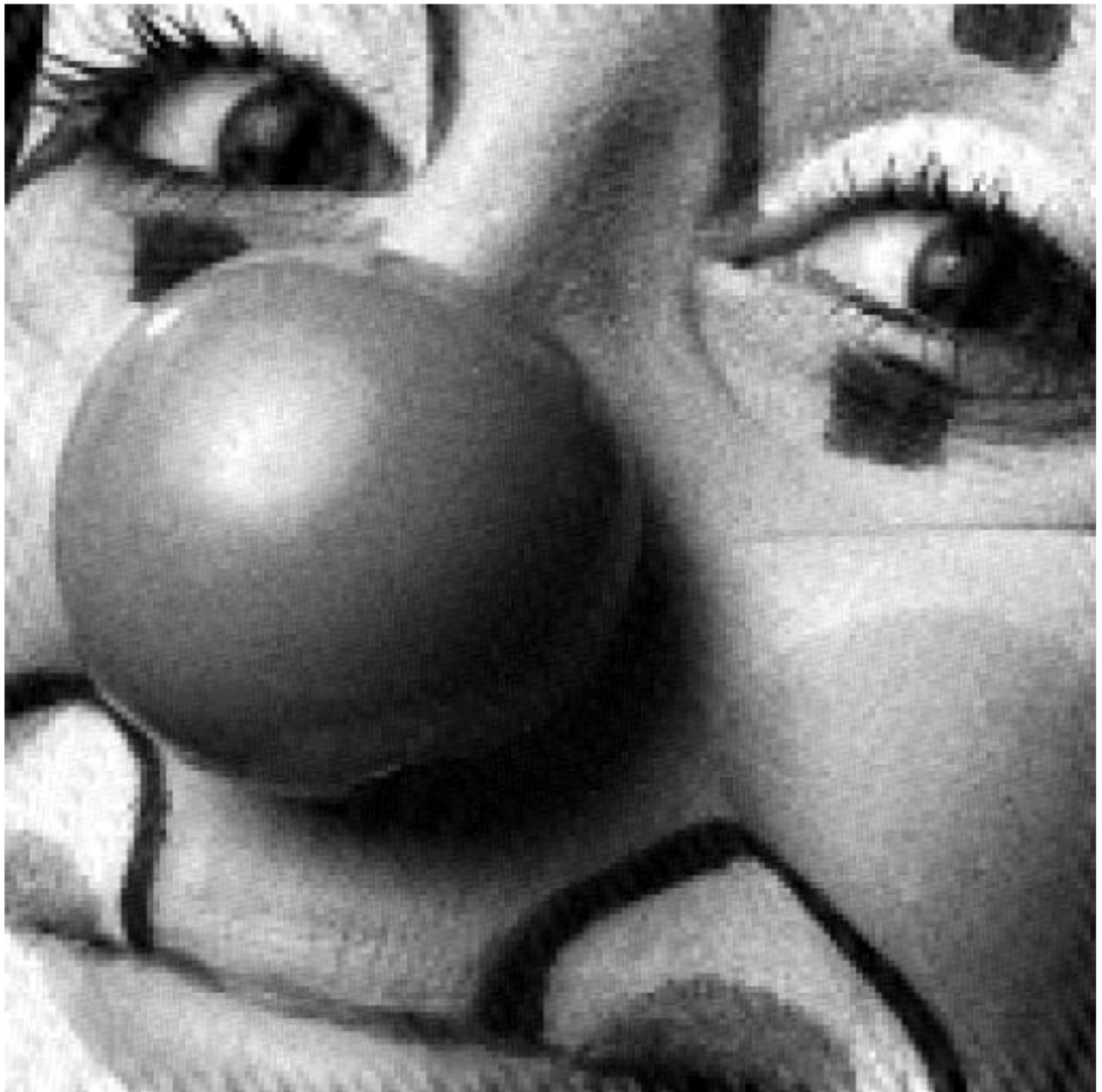
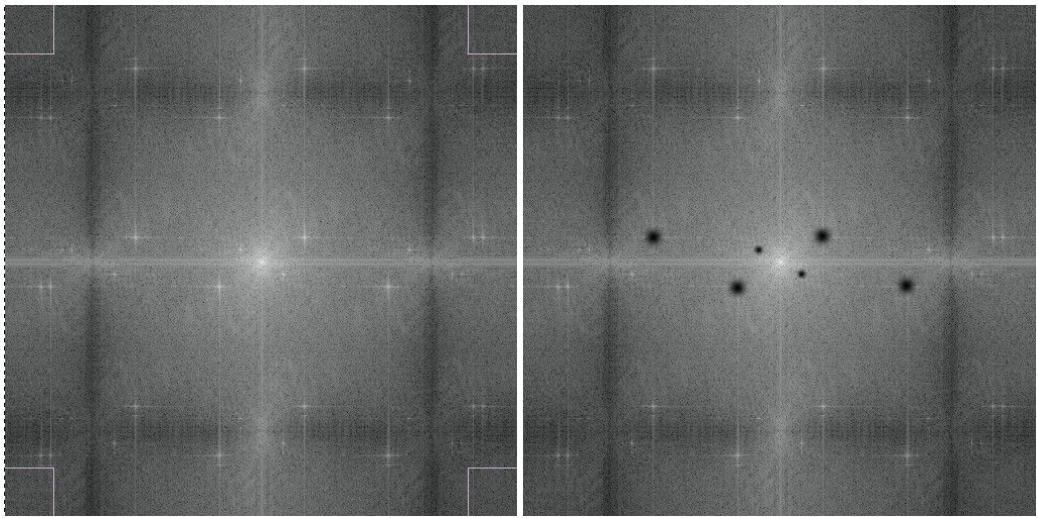


Dodano tylko: Kolory => Automatycznie => Balans Bieli

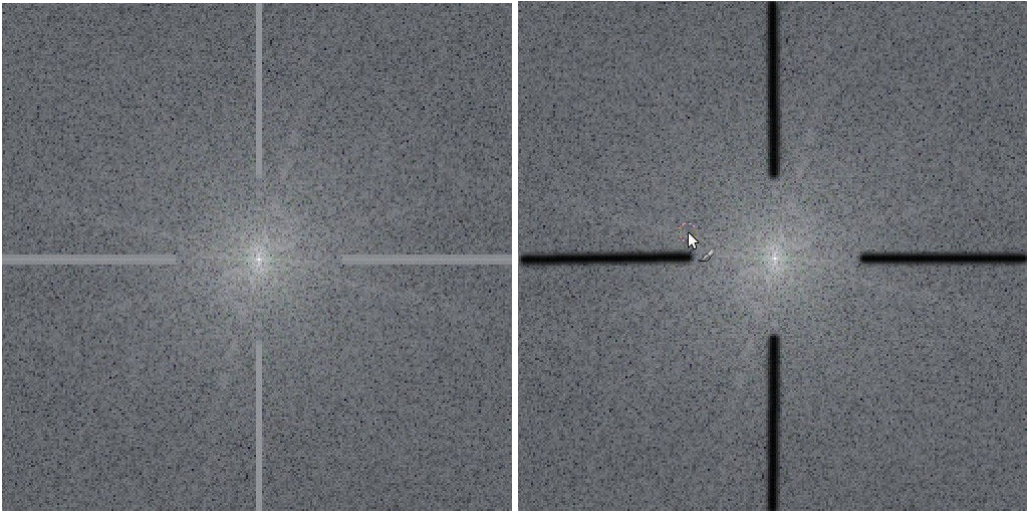










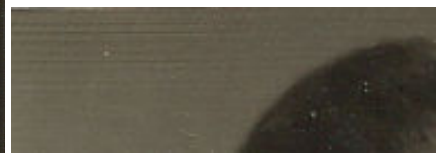
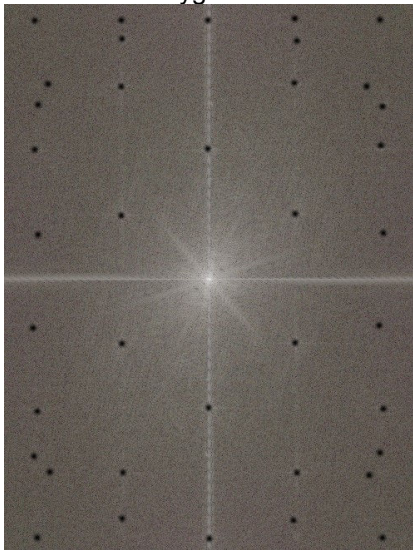




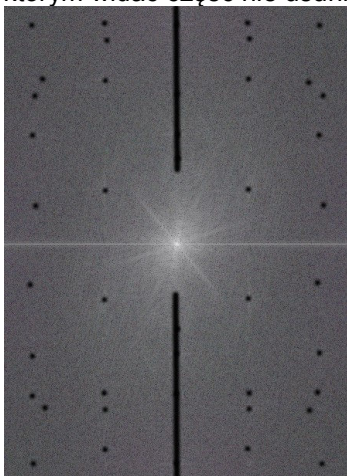
Teraz jeszcze ostatni przykład:



Oryginał zeskanowanego zdjęcia z roku 1960 i jego wycinek powiększenie 200%



Transformata z zaznaczonymi punktami maskowania, efekt i wycinek z niego powiększony 200% na którym widać część nie usuniętych linii poziomych rastra, stosujemy więc Ctrl+Z i dodajemy nowe maski



Tak wygląda teraz transformata z dodatkowymi maskami oraz wycinki z uzyskanego efektu ostatecznego w powiększeniu 200%.



Efekt końcowy bez dodatkowego retuszu



Efekt finalny po zastosowaniu **Filtry** => **Uwydatnianie** => **Odplamianie** dalej **Łatka** i **Balans Bieli**.



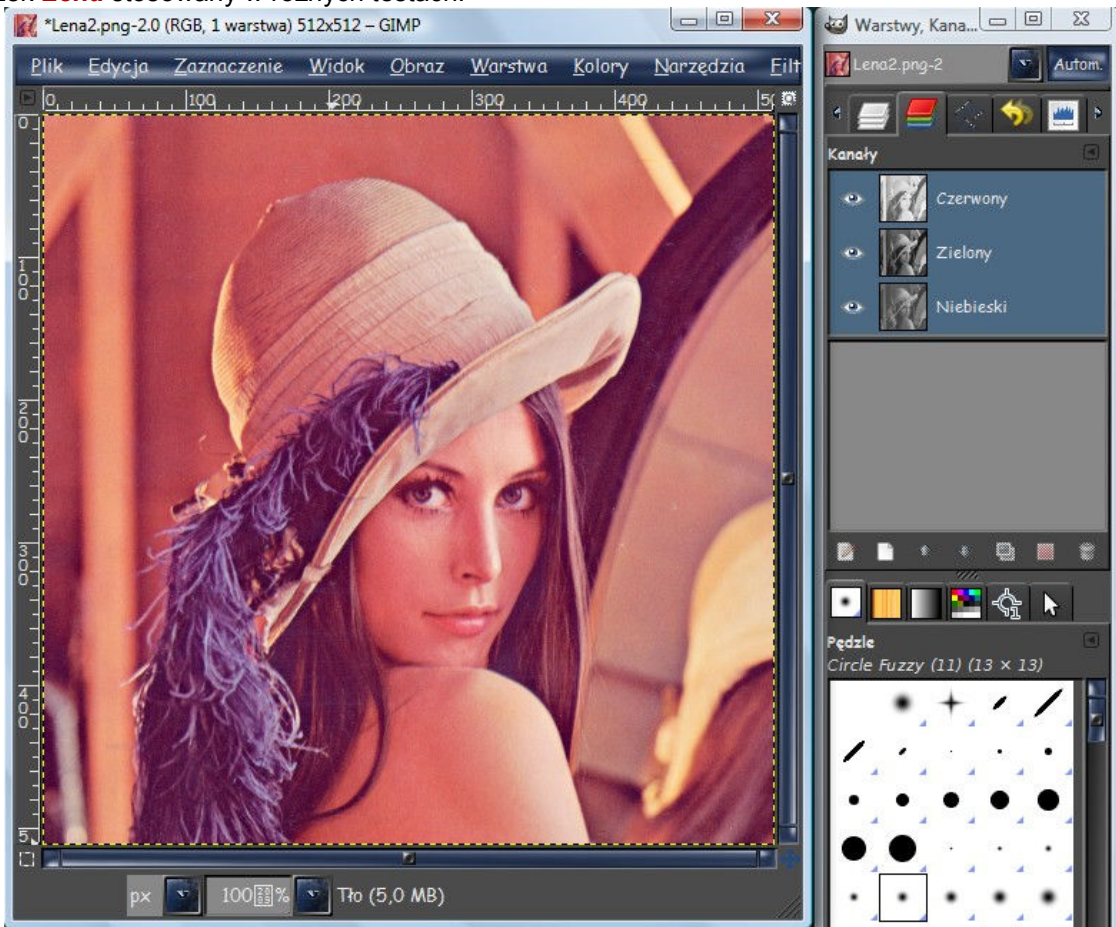
G`MIC oraz jego Transformację Fouriera możemy wykorzystać do znakowania obrazów, czyli stosowania

## Watermark (znak wodny)

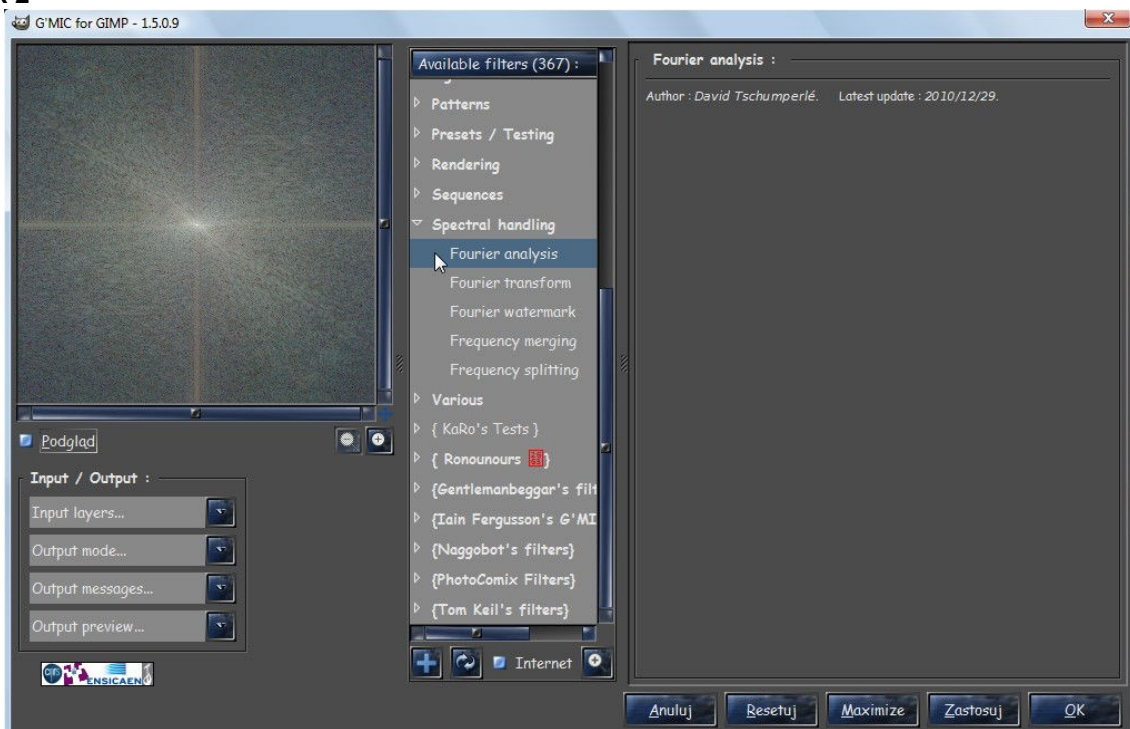
Kolejne czynności:

### Krok 1.

Otwieramy w GIMP obrazek, w którym chcemy umieścić znakowanie, założmy że będzie to słynny obrazek **Lena** stosowany w różnych testach:



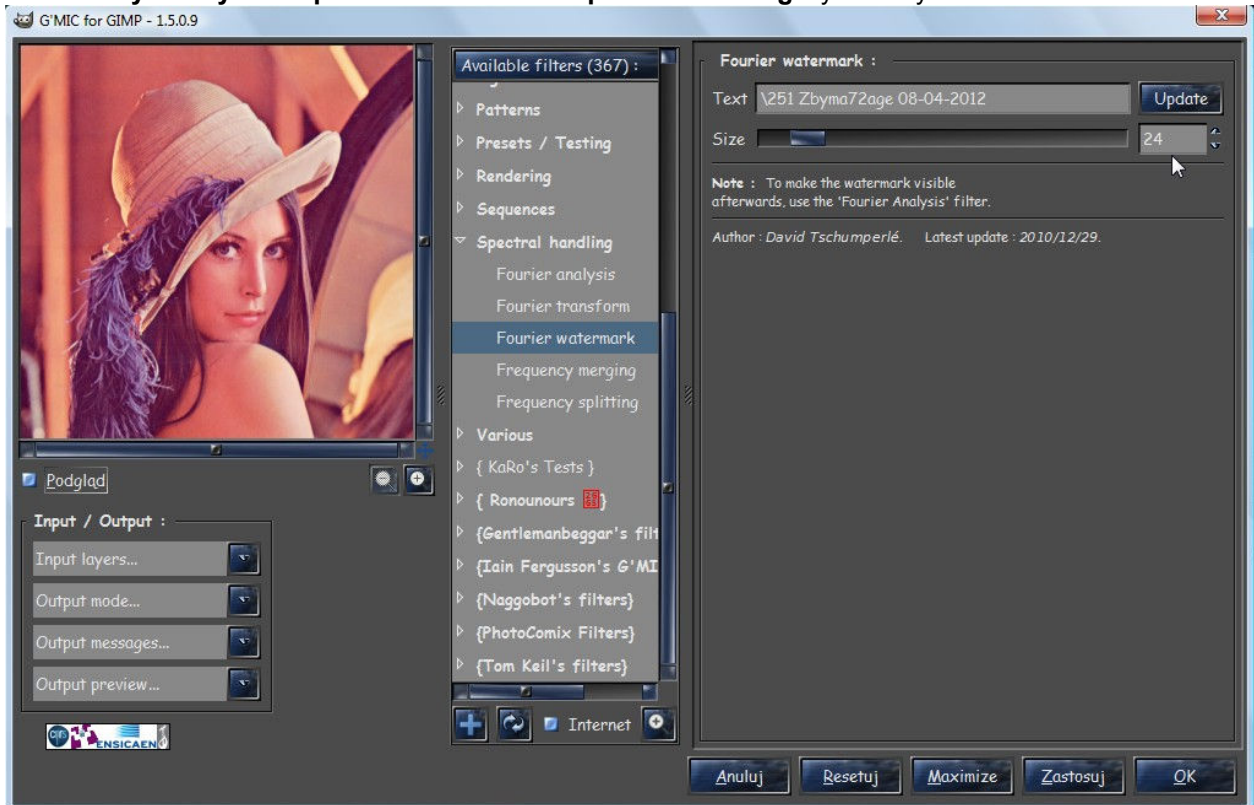
### Krok 2



Otwieramy **Filtry** => **G`MIC** => **Spectral handling** wybieramy => **Fourier analysis** i sprawdzamy czy obraz nie zawiera jakiegoś znaku, teraz Anuluj i przechodzimy dalej

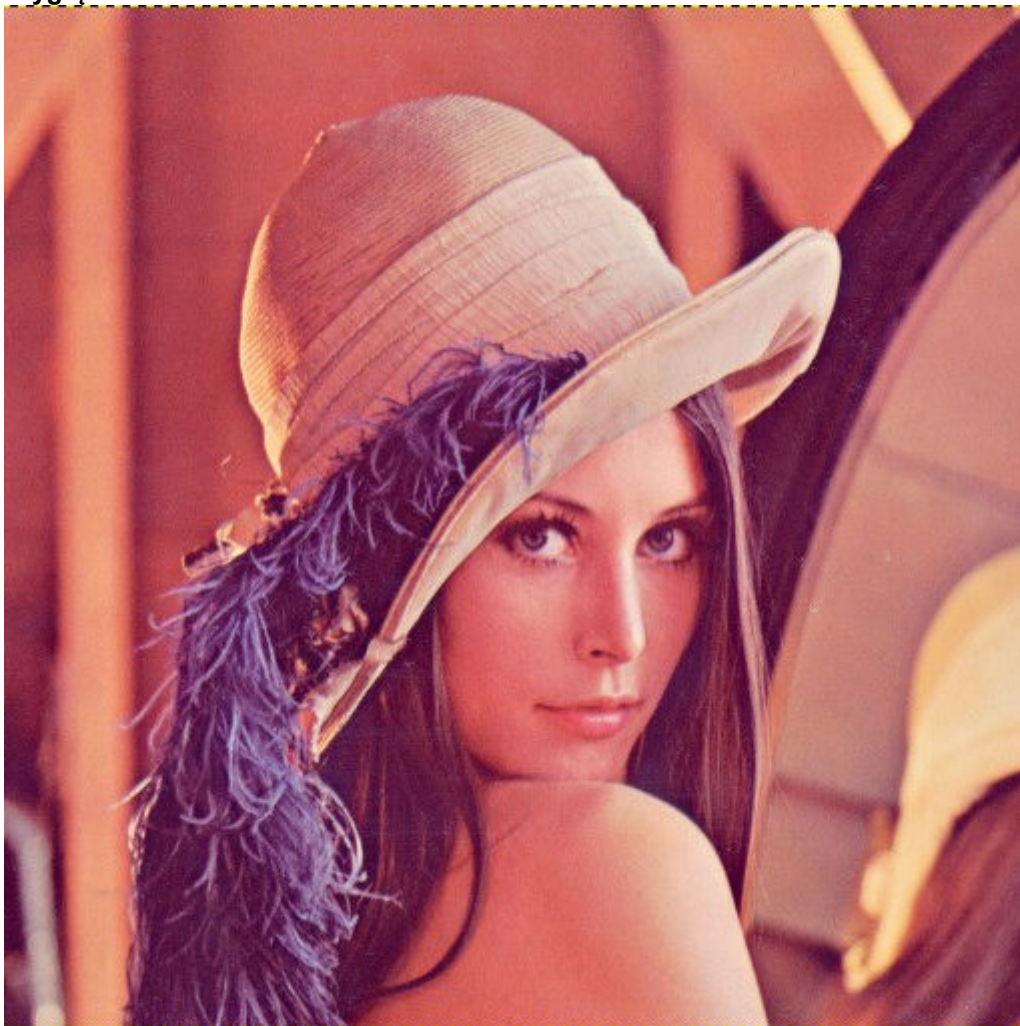
### Krok 3.

Teraz **Filtry** => **Wyświetl ponownie G`MIC** => **Spectral handling** wybieramy => **Fourier watermark**



W oknie możemy wprowadzić nasz tekst i jego rozmiar w zależności od rozmiaru obrazu (**1251** jest to © - znak zastrzeżenia prawa autorskiego), po czym klikamy **OK**.

**A oto jak wygląda teraz nasz obrazek:**



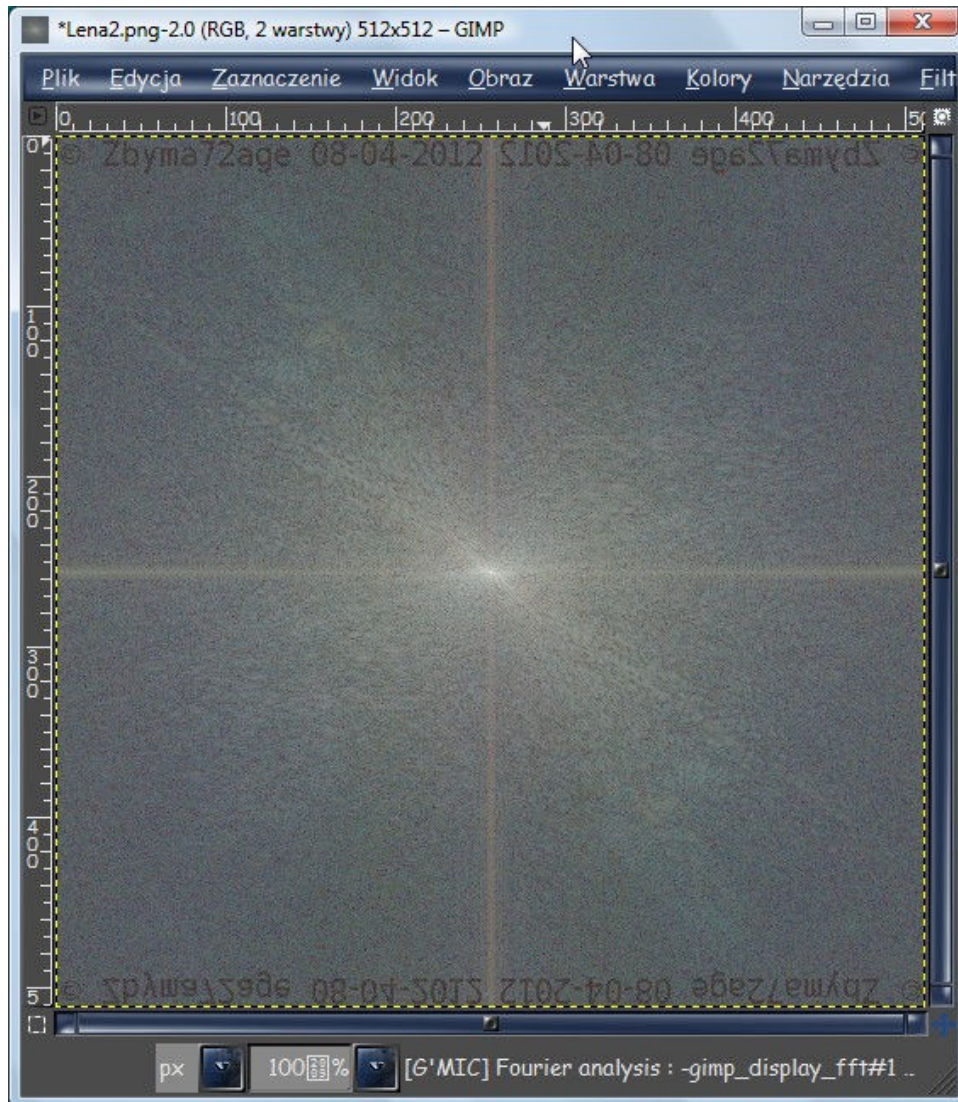
Nie widać żadnych śladów znakowania, więc:



#### Krok 4.

Sprawdzamy czy obraz zawiera nasz **Watermark**.

Ponownie **Filtry** => **Wyświetl ponownie G`MIC** => **Spectral handling** i wybieramy => **Fourier analysis** i klikamy **OK**



i widzimy nasze znakowanie!

#### Niektóre informacje dodatkowe:

Jeszcze raz podkreślę, że do testów stosowałem gmic\_gimp\_win32 **ver.1.5.0.9** z dnia 20-01-2012r, jest to o tyle istotne, że plug-in jest w ciągłym rozwoju i w niektórych wersjach zdarzają się błędy o których autor prosi informować!

[http://pl.wikipedia.org/wiki/Pr%C4%85%C5%BCKi\\_moir%C3%A9](http://pl.wikipedia.org/wiki/Pr%C4%85%C5%BCKi_moir%C3%A9) Prążki mory

[http://pl.wikipedia.org/wiki/Kod\\_sta%C5%82opozycyjny](http://pl.wikipedia.org/wiki/Kod_sta%C5%82opozycyjny)

<http://www.oberonplace.com/dtp/moire/index.htm> Usuwanie

[http://en.wikipedia.org/wiki/Fast\\_Fourier\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform)

[http://www.robotplanet.dk/graphics/raster\\_removal/](http://www.robotplanet.dk/graphics/raster_removal/) Prosty Tutorial

<http://people.via.ecp.fr/~remi/sitewrapper.php3?src=ecp/tpi/rapport/fourier.html>

<http://www.aljacom.com/~gimp/fourier-0.4.1-32bits-64bits.zip> najnowsza wersja Plug-inu FFT

<http://dl.dropbox.com/u/6795661/4N6site/improc/fftplugin/hosts.htm>

<http://dl.dropbox.com/u/6795661/4N6site/improc/fftplugin/howto.htm>

<http://www.retouchpro.com/forums/rp-tutorials/10911-using-fft-filter-remove-photographic-paper-texture.html>

<http://www.retouchpro.com/forums/rp-tutorials/10911-using-fft-filter-remove-photographic-paper-texture-2.html>

<http://www.retouchpro.com/forums/rp-tutorials/10911-using-fft-filter-remove-photographic-paper-texture-3.html>

<http://paulbourke.net/miscellaneous/imagefilter/> Image Filtering in the Frequency Domain

<http://price.sourceforge.net/manual/filters.html>

<http://www.cs.unm.edu/~brayer/vision/fourier.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=pC9W-a->

[aPyg&context=C44fb74aADvjVQa1PpcFOBCNpGO8iFAeJZdvMjvFAoM25grHfPzhY](http://www.youtube.com/watch?v=pC9W-a-aPyg&context=C44fb74aADvjVQa1PpcFOBCNpGO8iFAeJZdvMjvFAoM25grHfPzhY)= How To Remove Photo Paper Texture From Old Photo



<http://www.youtube.com/watch?v=maZC9Mafh1Q&feature=relmfu> Установка плагина FFT  
[http://www.youtube.com/watch?v=\\_J6ocaPNVvk8&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=_J6ocaPNVvk8&feature=related) Убираем тиснение с фотографии.  
Применение фильтра FFT  
<http://www.youtube.com/watch?v=JYpyMV4Fs0Y&feature=relmfu> Убираем тиснение с фотографии  
<http://www.youtube.com/watch?v=5efY5HssNzA> Видеоурок ретуши фотографии с тиснением  
<http://www.flickr.com/groups/90604013@N00/discuss/72157601082052073/> Removal of repeating patterns  
[http://en.wikibooks.org/wiki/GIMP/Remove\\_Coherent\\_Noise](http://en.wikibooks.org/wiki/GIMP/Remove_Coherent_Noise)  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:Cleaning\\_up\\_interference\\_with\\_Fourier\\_analysis](http://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:Cleaning_up_interference_with_Fourier_analysis)  
<http://www.youtube.com/watch?v=-mJGGQ7EdzQ&feature=related> How to use Fourier transform in GIMP to remove a Moire pattern  
<http://www.youtube.com/watch?v=30XaCfM2QGg&feature=related> gimp\_fft.avi (różne metody usuwania w tym FFT w G`MIC)  
<http://www.youtube.com/watch?v=lg3Zpfvk69k&feature=youtu.be> fft01.avi  
<http://www.flickr.com/groups/gmic/discuss/72157624462331405> G`MIC New filter 'Fourier Transform'  
[http://www.kamlex.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54](http://www.kamlex.com/index.php?option=com_content&view=article&id=54)  
[http://ffaaf.pointclark.net/incoming/scripts/fft\\_helper.scm](http://ffaaf.pointclark.net/incoming/scripts/fft_helper.scm)

**Opracowanie:**  
**Zbigniew Małach**  
**Zbyma72age**