

Adatfeldolgozás a kísérleti gravitációs- hullám fizikában

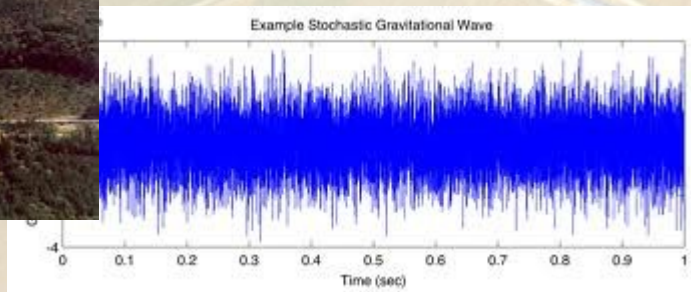
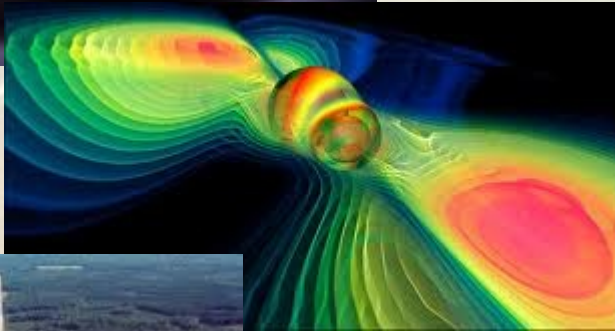
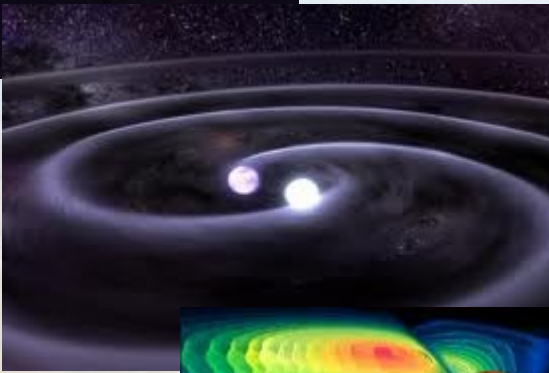
Debreczeni Gergely

Wigner FK,
Gravitációfizikai kutatócsoport

Mafihe Téli iskola

2015. február 3.

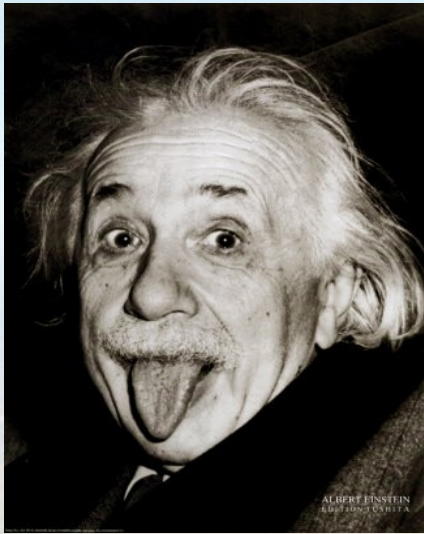
ELTE





A gravitációs- hullámokról

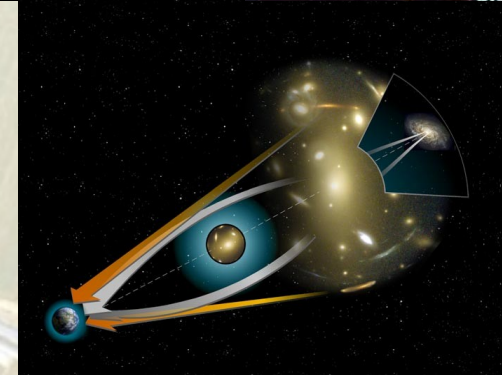
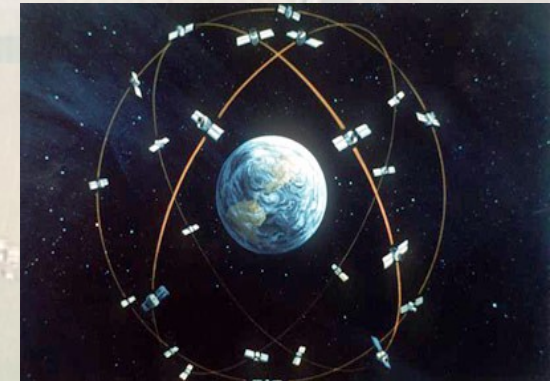
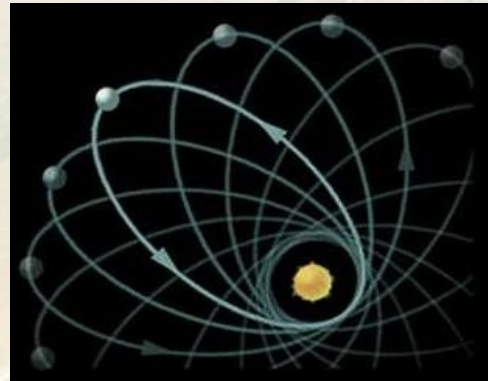
Á.R.: Megfigyelhető jelenségek



- Gravitációs hullámok: Az általános relativitáselmélet által megjósolt jelenség. Hatalmas tömegek mozgásakor fellépő teridő torzulások tovaterjedései.
- Mindmáig csak közvetett (de nagyon meggyőző) bizonyítékunk van.

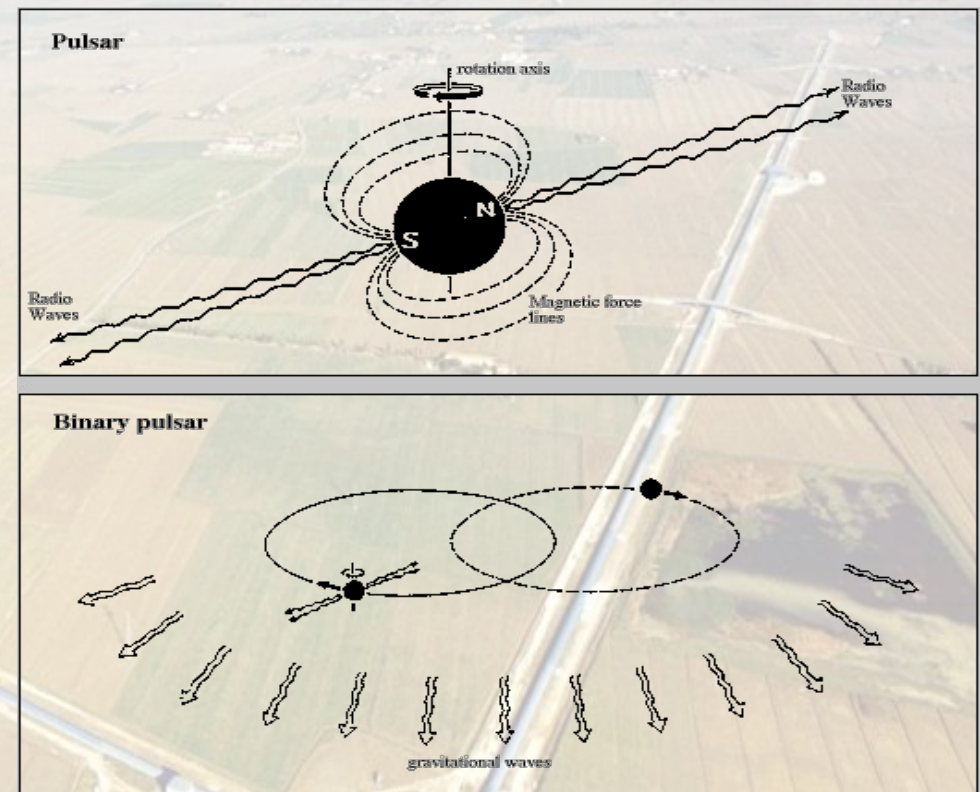
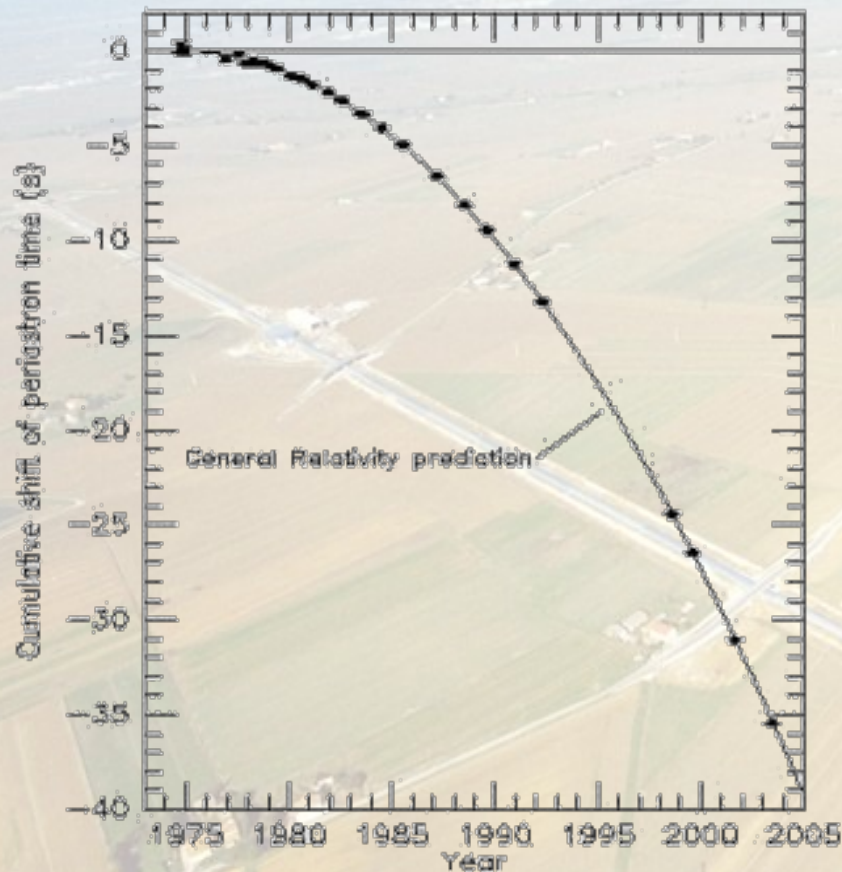
• Ált. Rel. megfigyelt jóslatai:

- Perihélium elfordulás
- Gravitációs lencsézés
- Az idő 'múlásának' változása



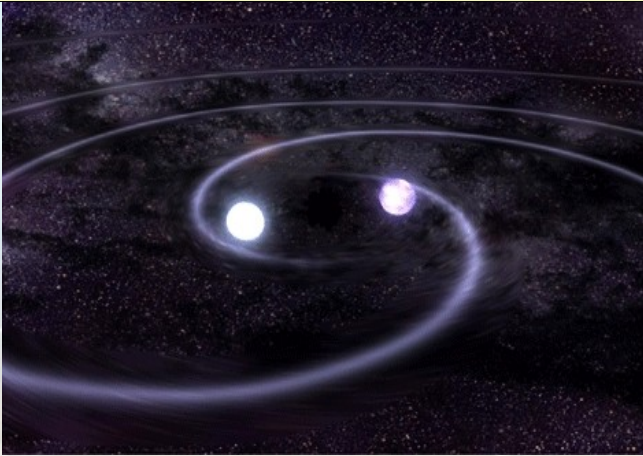
A Hulse-Taylor pulzár

- A grav. hull. kutatók Szent Grálja
- 1974 -ben fedezték fel (Russel Hulse, Joseph Taylor)
- 1993 megosztott Nobel-díj
- Valószínűleg 2 neutron csillag
- 3,1 mm közeledés keringésenként
- 59 ms-os pulzálás
- 7,75 órás keringési idő



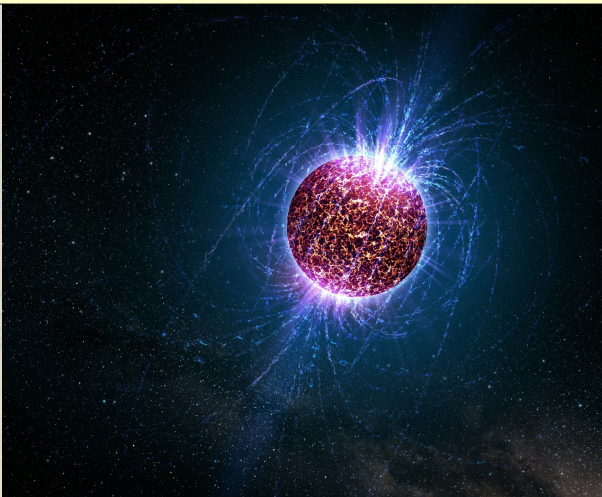
Lehetséges GH források

Csillagkettősök összeolvadása

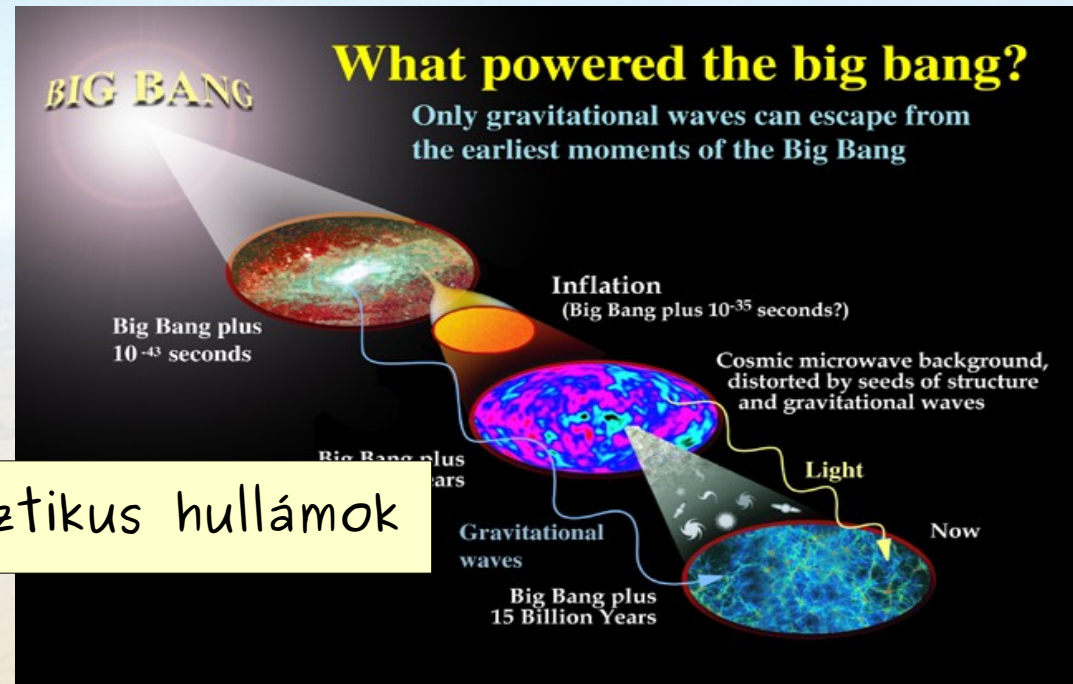
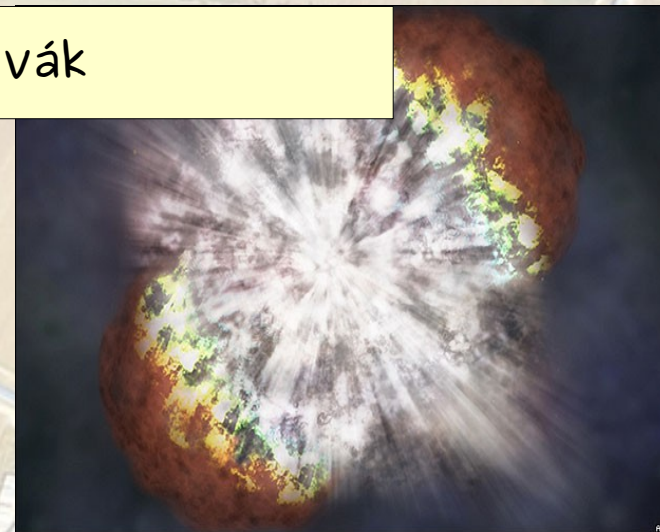


Sztokhasztikus hullámok

Pulzárak, neutron csillagok



Szupernovák

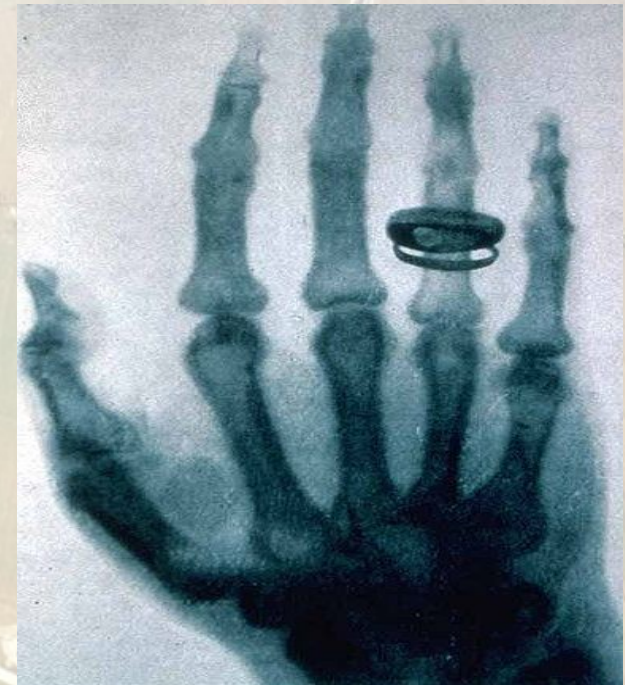


Miért érdekesek ?



Wilhelm Conrad Roentgen
1845 – 1923

- Az asztrofizikai objektumok teljesen új arcát láthatjuk meg
- Eddig láthatatlan dolgokat figyelhetünk meg
- Az emberiség új "érzékszerve" lenne
- Különböző elméletek tesztelése



A gravitációs hullámok detektálásának módjai

Korai próbálkozások

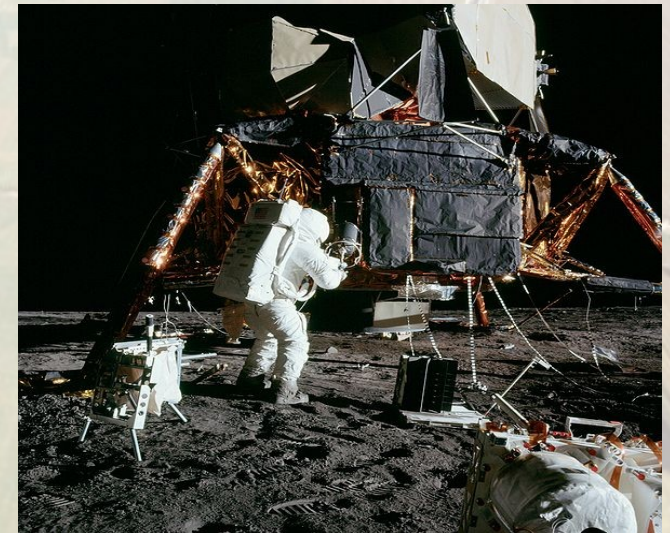


Joseph Weber

1919 – 2000

- Haditengerészetnél dolgozott, tanult
- Tengeralattjáró – vadászhajó kapitánya volt a Karib-tengern illetve a Földközi tengeren
- Később ő építette meg az első rezonáns rúd detektort a gravitációs hullámok megfigyelésére
- Felfedezését bejelentette, de nem igazán fogadják el.

- Gravitációs mérőműszereket küldött a Holdra is
- A róla elnevezett Weber-bar detektorok még hosszú ideig használatban voltak.



Apollo Lunar Surface Experiment Package (ALSEP) installation by Alan Bean.

Rezonáns rúd detektorok

- Néhány tonna tömegű általában alumínium detektorok
- A rajtuk áthaladó gravitációs hullám árapályerői megrezgetik
- Ha a rezonáns frekvencia jól van behangolva akkor sokszorosára erősíti a jelet
- Alacsony hőmérsékleten (2,3 K) működnek
- A hőmérsékleti zaj illetve az elektronika, erősítő zaja a fő probléma
- Hasonló detektorok: ALLEGRO, AUGIRA, EXPLORER, NAUTILUS, NIOBE
- Mára az interferometrikus elven működők jobb érzékenységgel bírnak



Pulzár megfigyelő hálózatok

- A "közeli" miliszekundumos (ms) rádiópulzárak jeleinek megfigyelését végző hálózat.
- A ms pulzárak nagyon stabilak nem jellemző rájuk a csillagrendés.
- A megfigyelő állomás és a pulzár között áthaladó gravitációs hullám kimutatható a pulzár jelének késésével
- Alacsony frekvenciás GH-k megfigyelésére jó (10^{-9} – 10^{-6} Hz)
- Csak 20 ns-os eltérés évente egy 3×10^{-7} Hz-es GH hullám esetén!!
- Hálózatok: Parkes Pulsar Timing Array, European Pulsar Timing Array, Nanohertz Gravitational Wave Observatory, etc...



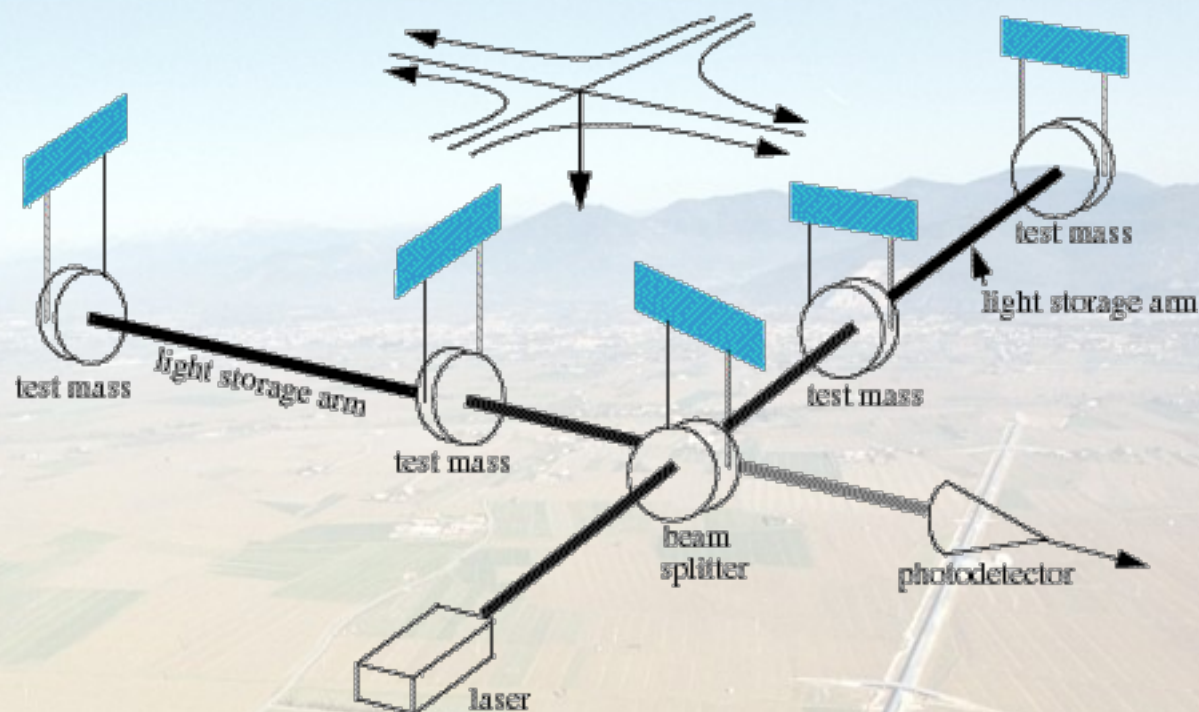
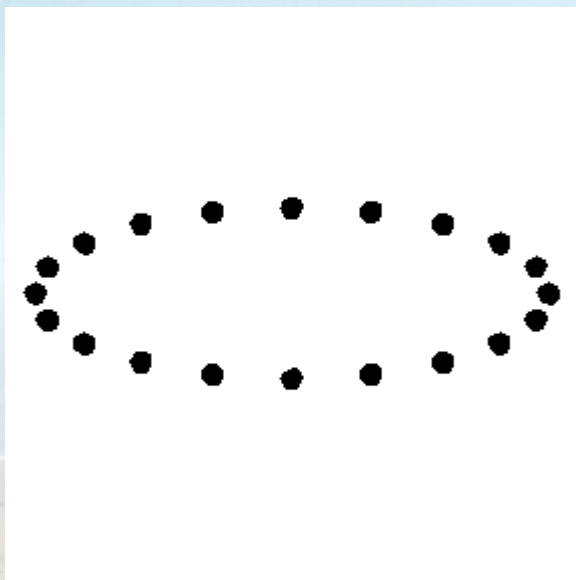
Rádió és optikai teleszkópok



- ETA, NRAO Green Bank, Arecibo
- Számos forrás amely mindkét módon megfigyelhető
- Közös adatanalízis, egy külső trigger nagy segítség a detektálási konfidencia javításában
- Később: előrejelzés, lesz idő a távcsövek pozicionálására
- Az GHz detektorok minden irányban egyszerre figyelnek, nem úgy mint az optikai távcsövek



Interferométerek



- A beeső gravitációs hullám megváltoztatja a karhosszúságot.
- Az interferenciapontban ezáltal megváltozik a fényintenzitás.
- A mérés kimenete a két kar hosszúságának különbsége.
- A világ legpontosabb relatív mérése, 10^{-18} m pontosság!
- Rengeteg környezeti zaj kiküszöbölését kell megoldani
- Több izolált detektor kell, hogy koincidenciát tudjunk mérni

Interferométerek

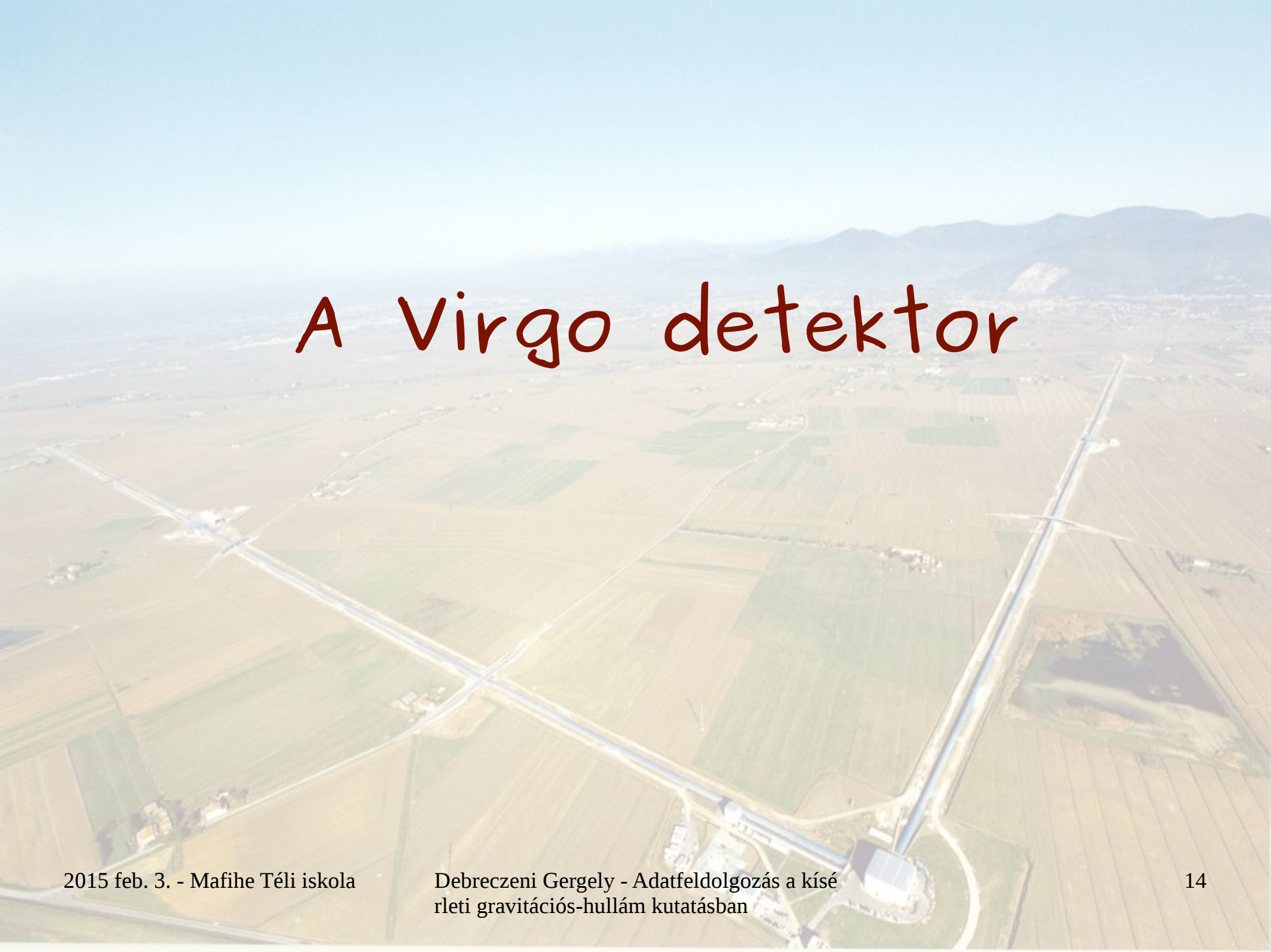


- Virgo – Cascina – Olaszország
- Ligo – Hanford, Livingston – USA
- GEO – Hannover – Németország
- Tama – Mitaka – Japán
- ACIGA – Ausztrália

- Hasonló interferometrikus elven működnek
- 300 m –től 4 km –es karhosszúságig
- Különböző technológiák kipróbálása, mint hűtés, préselt fény, szeizmukis izoláció, földalá helzés, etc...
- Közös adatanalízis, megbeszélések, összehangolt mérési időszakok



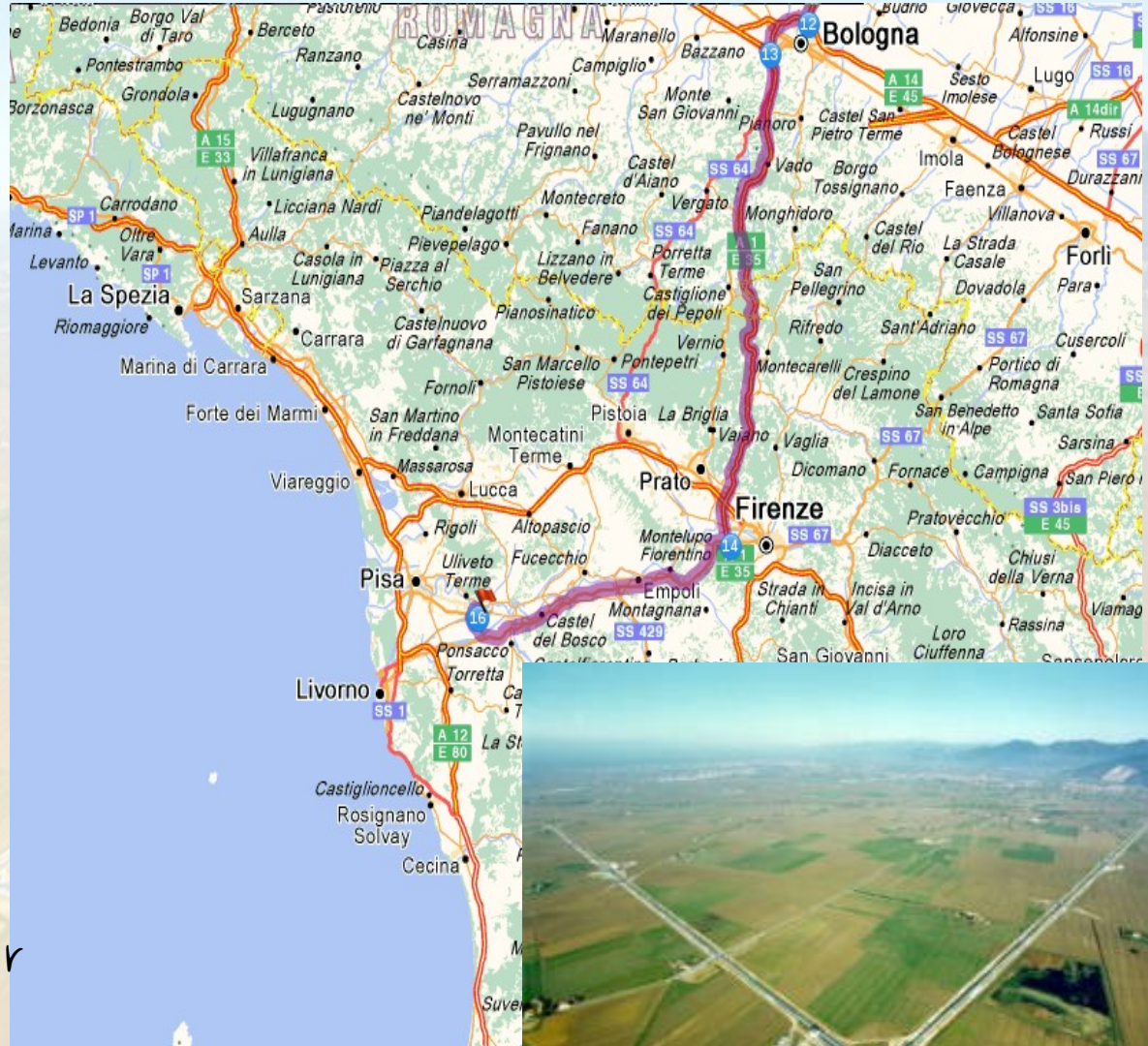
A Virgo detektor

An aerial photograph of the Virgo gravitational wave detector. The detector consists of two long, intersecting arms, each approximately 3 km long, forming a large 'V' shape. The arms are constructed from a series of mirrors and suspensions, appearing as thin lines against the landscape. The surrounding area is a mix of agricultural fields in shades of brown and green, with some small clusters of buildings. In the background, a range of mountains is visible under a clear blue sky.

A Virgo kísérlet

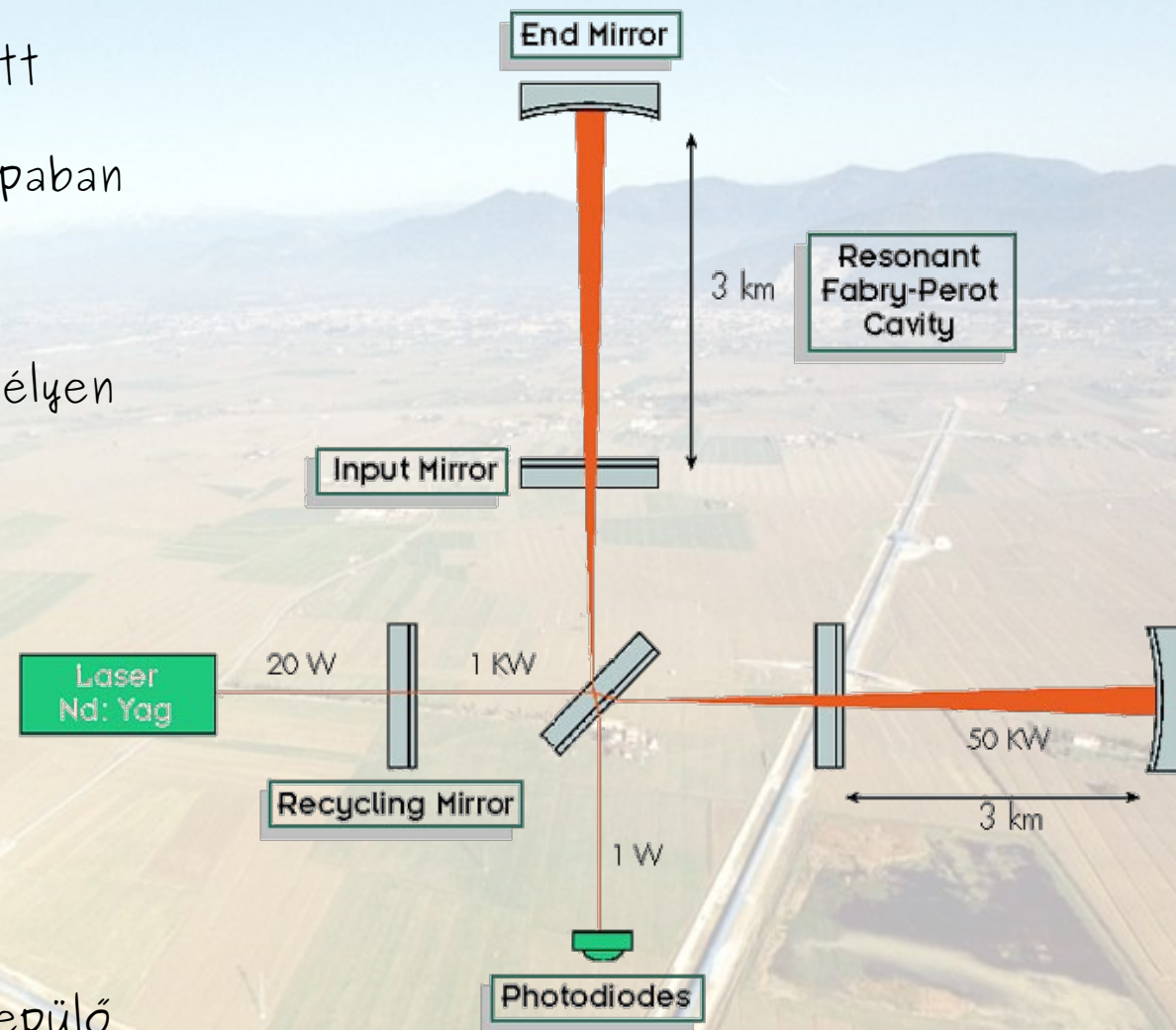


- A Virgo detektor az EGO (European Gravitational Observatory) telephelyén az Arno folyó sikságán Pisa melletti Cascina-ban található
- Az építkezés 2003-ban fejeződött be
- A francia – olasz együttműködésként induló kollaborációnak ma már magyar és lengyel tagjai is vannak.



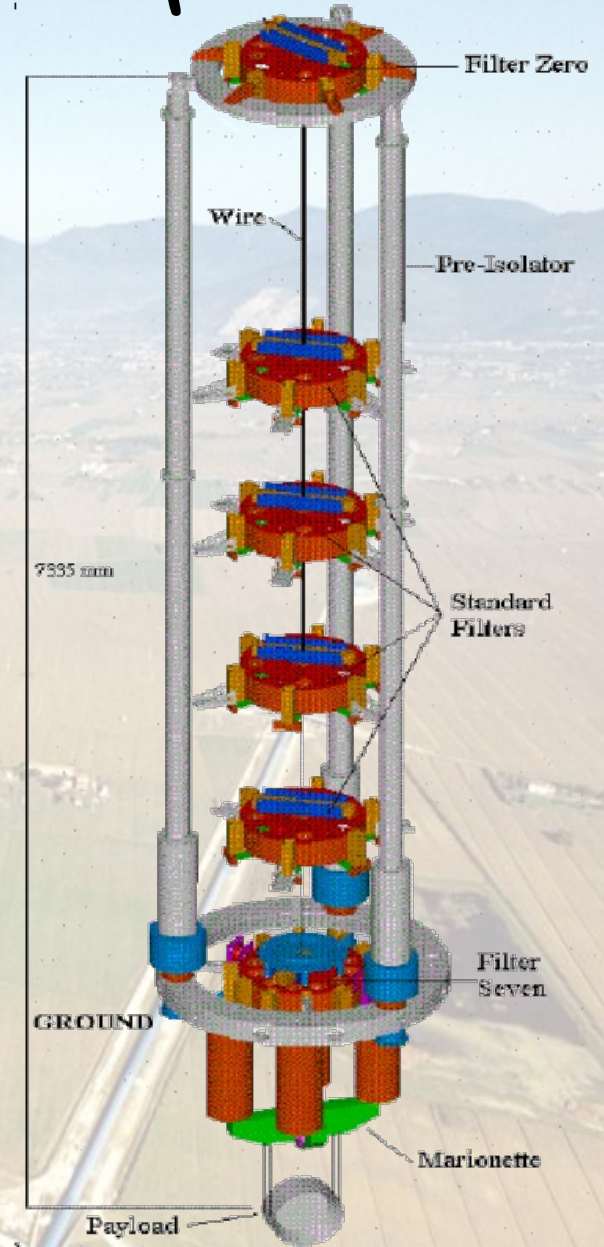
A Virgo detektor – felépítés

- 150 fok-ra felfűtve a mérés előtt
- 6800 m³ vákuum, legnagyobb Európában
- 1 MW fogyasztás
- stabil beton lábazat, 20–50 m mélyen (1000 db)
- 3 km-es karhosszúság
- 20 W-os lézer
- 50/150 -es jósági tényező
- több száz környezeti szenzor (akusztikus, termikus, mágneses, szeizmikus szenzorok, vonat és repülő menetrendek, etc...)

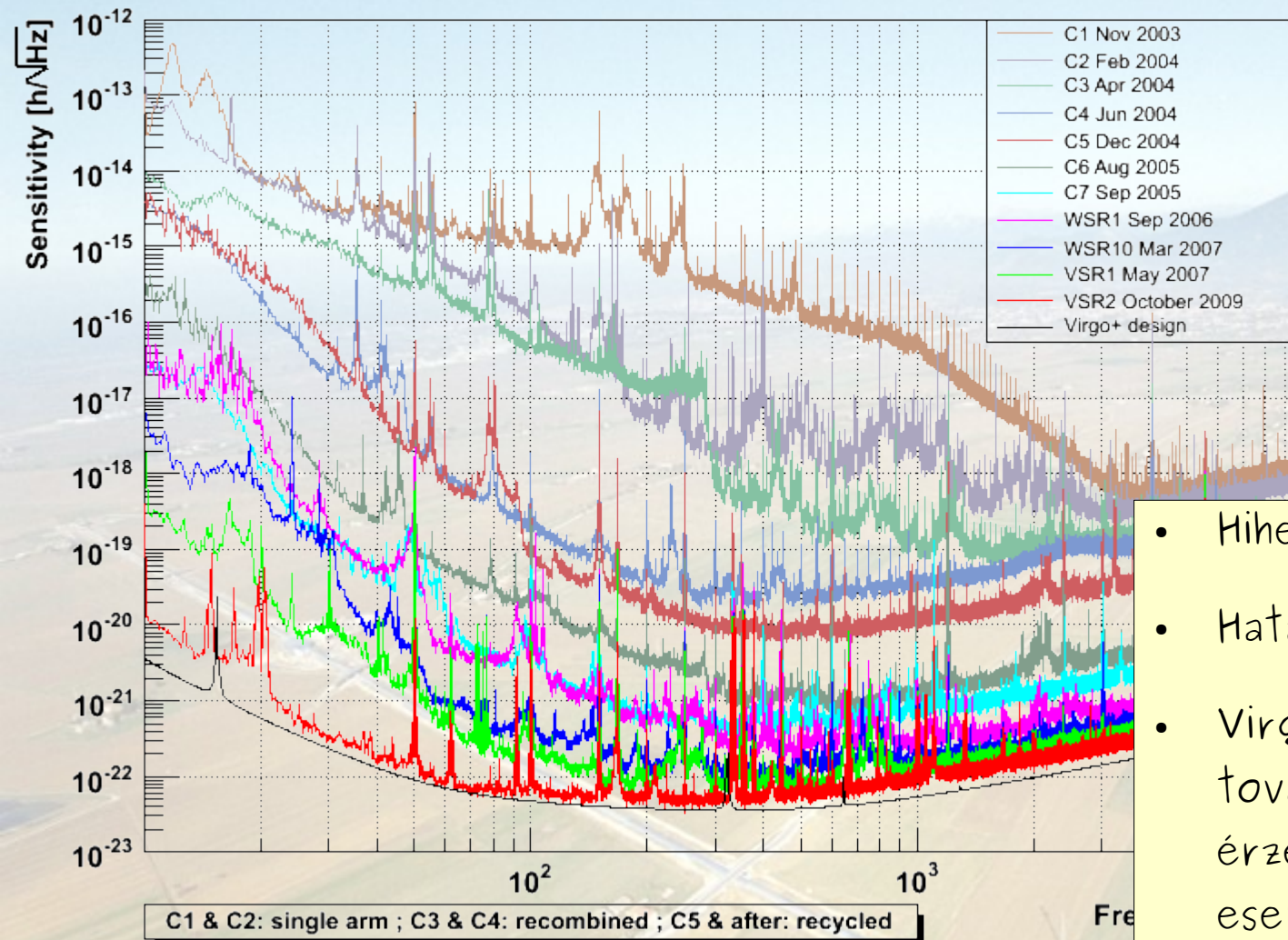


A Virgo detektor – felépítés

- Kiváló szeizmikus izoláció (szuperattenuator) 10^{-10} csillapítás
- A detektor alacsony frekvenciákon nagyon érzékeny
- 20 KHz-es mintavételezési frekvencia, 4/16 KHz-en analízis, 200 TB/detektor adat évenként
- A pulzások megfigyelésében ezért nagyon hasznos



A Virgo detektor – érzékenység

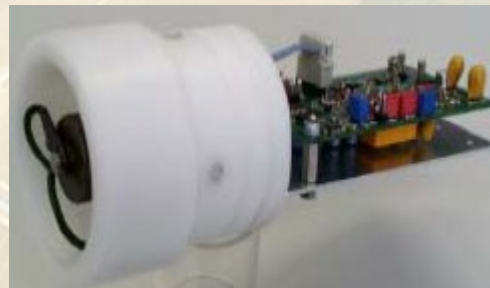


- Hihetetlen érzékenység
- Hatalmas és gyors fejlődés
- Virgo+ illetve AdvVirgo további 1–2 nagyságrenddel érzékenyebb lesz ami eseményszámban 1000 szoros illetve 1000000 szoros szorzót jelent !!!

Környezeti érzékelők

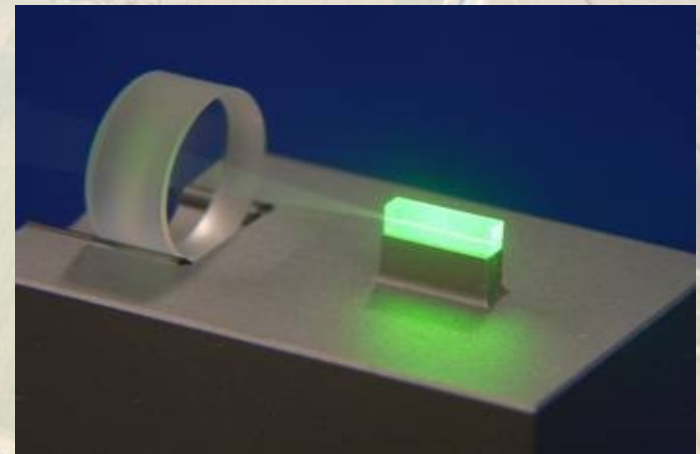
- A környezeti zavaró hatásokat nagyon pontosan kell figyelni
- Több száz érzékelőműszer veszi körül a detektort
 - Az ELTE-n infrahang mikrofont fejlesztenek !

- szeizmométerek
- hőmérők
- páratartalom mérők
- mikrofonok
- nyomás érzékelők
- szélirány érzékelők
- esőszenzorok
- villámdetektorok
- villámpozicionálók
- gyorsulásmérők
- guralp sebességmérők
- mágneses érzékelők
- elektromos érzékelők



A Virgo detektor – zajforrások

- alacsony frekvenciákon szeizmikus zaj
 - fordított pendulum izolációja
- 10 és 100 Hz között a termikus zaj a domináns
 - tiszta szilícium tükör és felfüggesztés
 - kb. 250 μm vastag szálak
 - egybeolvasztott a tükörrel
- 300 Hz felett a sörétzaj
 - a lézer teljesítményének növelésével vagy
 - préselt fény (squeezed light) használatával. (Eddig elért eredmény: 2x -es faktor érzékenységben.)
- A préselt fény esetében igazából a fény kvantumzaja préselt.
- Nem lineáris kristályok segítségével, OPO (Optical Parametric Oscillator) bizonyis fotonpárok között korrelációt illetve összefonódást lehet létrehozni.
- Az ilyen fotonpárok arányának növelésével lehet pontosítani a mérést.

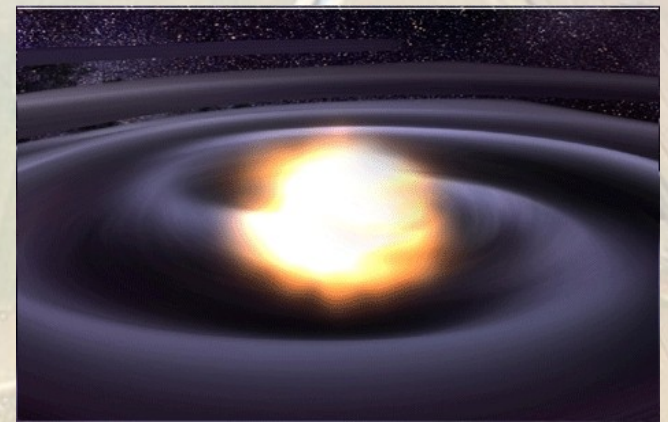
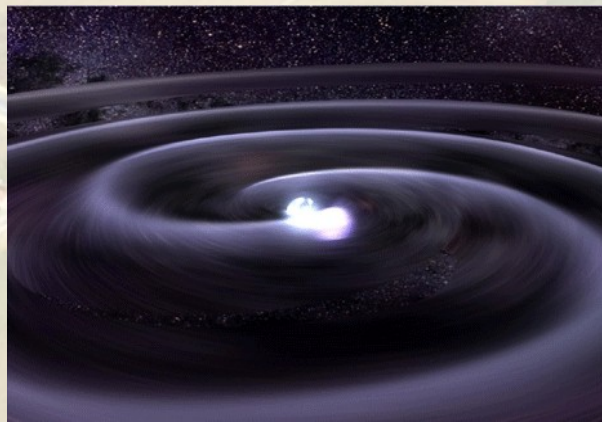
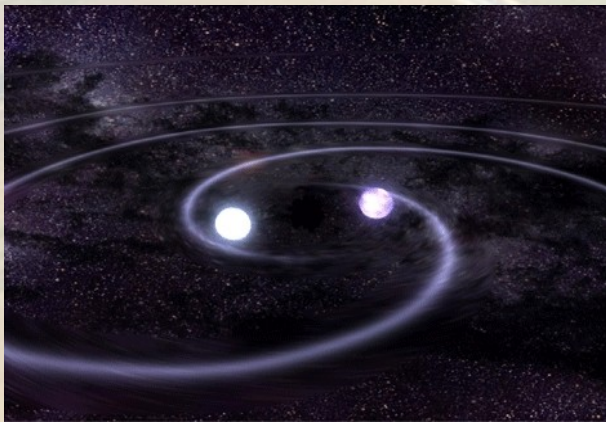


A hullámforrásokról

Bespirálózó kettőcsillagok

Az összeolvadás folyamata

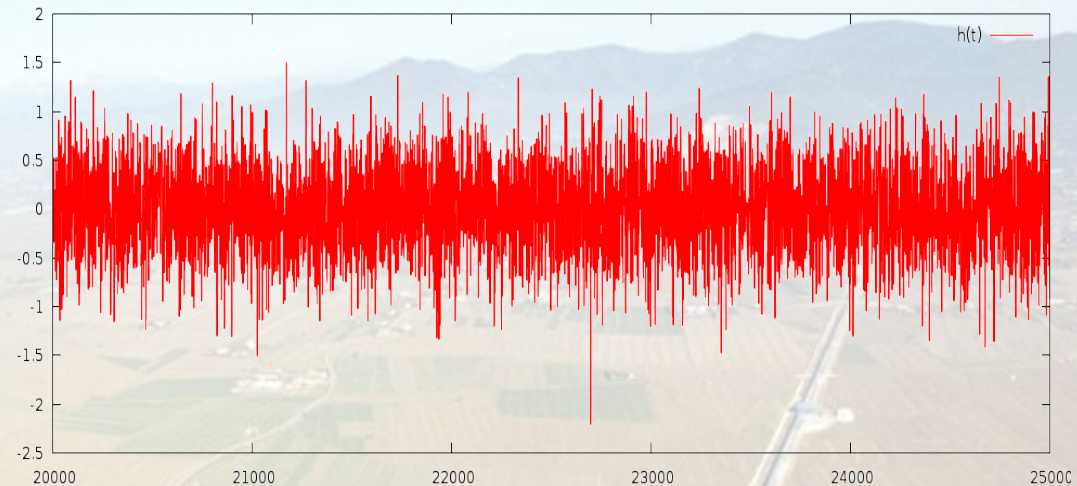
- Több millió évig is eltart.
- Csak az utolsó néhány percben vagy másodpercben keletkeznek a mai detektorokkal érzékelhető erősségű gravitációs hullámok.
- A kibocsátott hullám alakja, frekvenciája és nagysága függ a
 - csillagok tömegétől,
 - forgási sebességétől (spin),
 - annak a pályasíkkal bezárt szögétől,
 - a detektor és a kettős relatív helyzetétől
 - és távolságától.
- Rengetek lehetséges konfiguráció



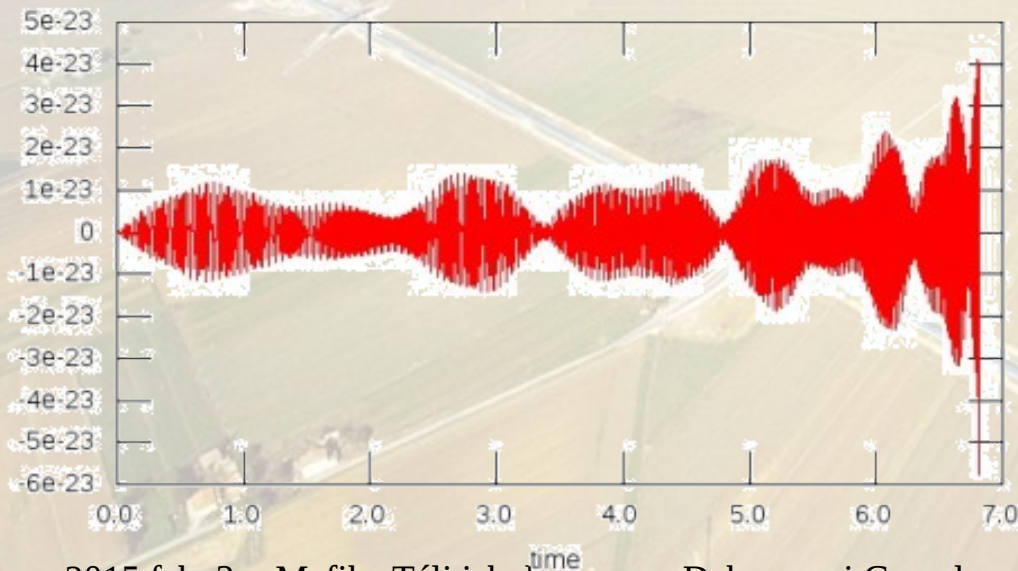
Bespirálózó kettőcsillagok

Hullámformák

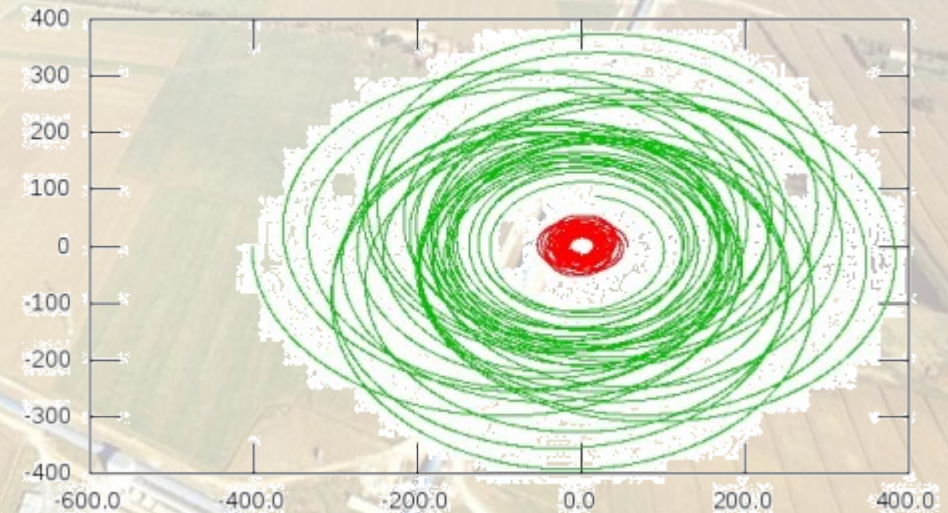
- A lehetséges hullámformákat ki lehet számolni és összehasonlítani a mérési adatokkal
- A "matched-filtering" módszert használjuk erre
- Nagyon érzékeny, de nagyon instabil módszer



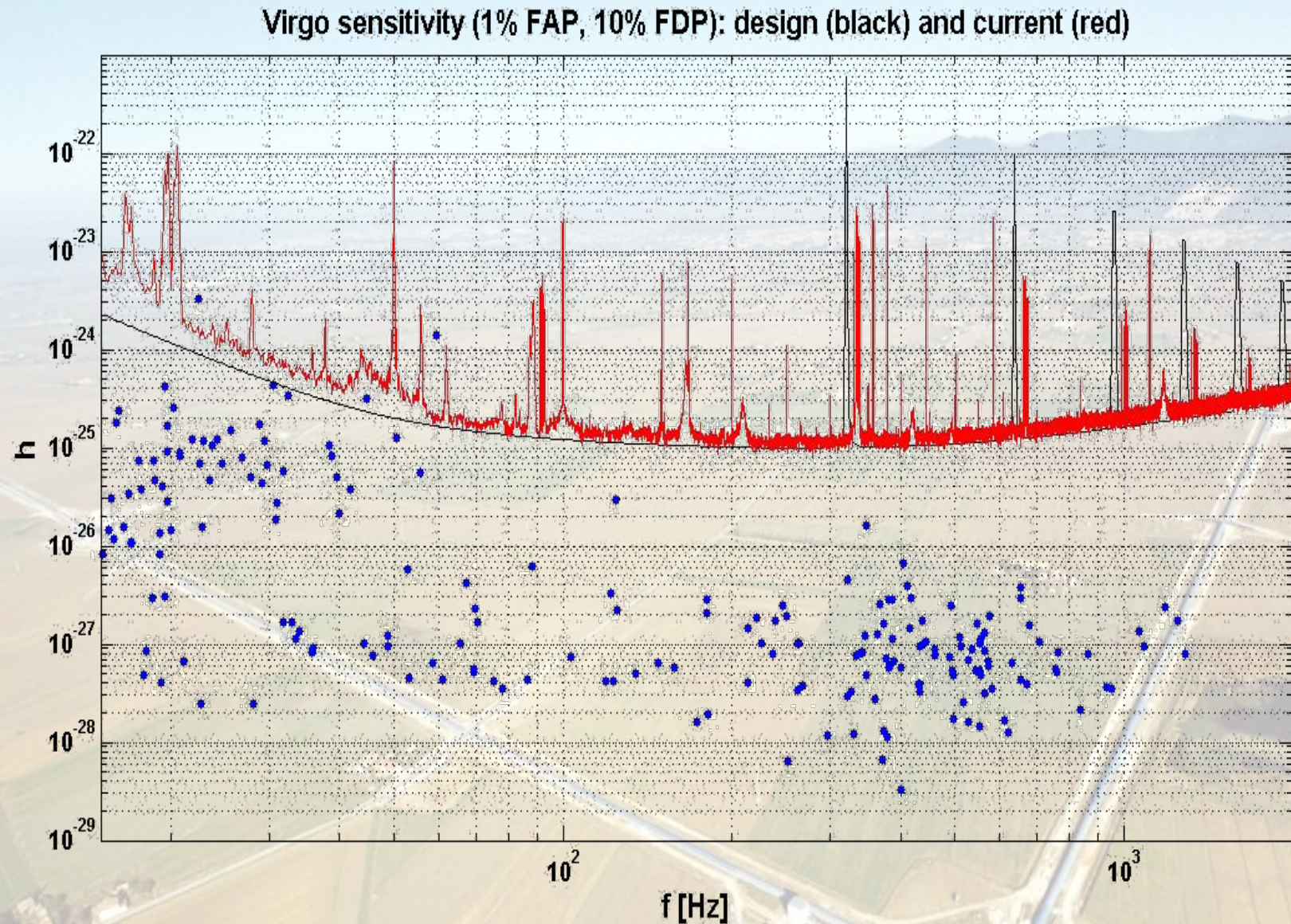
The waveform (h_x)



The orbit of m1 and m2



Periodikus hullámforrások



A Crab pulzár

- A Crab pulzár (PSR J05324+2200)
- Az SN 1054 július 4 -ei szupernova maradványa a Crab köd.
- Sigurd, Malcom Canmore, Machbet
- 29.78 Hz frekvencia
- 4.4×10^{33} W kinetikus energiaveszteség
- Energiaveszteség oka, részecskegyorsulás a magnetoszférában, elektromágneses sugárzás, gravitációs sugárzás
- 2006 augusztus 23-an megváltozott a forgása, a mérés kezdete lehet ez a nap
- "Spin-down" határ. Nem ismert a gravitációs sugárzásból származó energiaveszteség százalékos aránya.

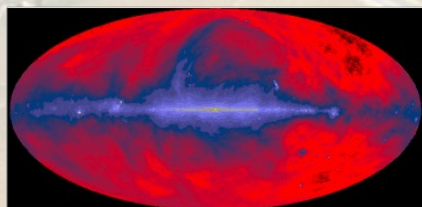


Sigurd, Earl of Northumbria
– 1055

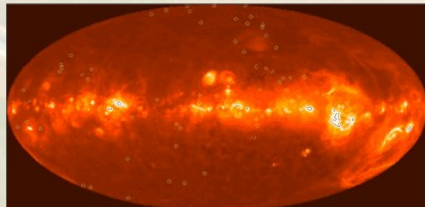
Sztokasztikus hullámok

- Sztokasztikusak olyan értelemben, hogy csak statisztikusan jellemezhetők
- Alapvetően két fajtájukat különböztetjük meg:
 - Nagyszámú, azonosíthatatlan egyedi források jeleinek összeségét. (pl galaktikus neutron csillagok)
 - A Nagy Bumm után jóval az 1 mp előtt keletkezett hullámok
- Keresésük: Két detektor jelét kell korreláltatni (összehasonlítani) hosszú időn keresztül.
- Keresésük a következő feltételezéseket igényli:
 - stacionáriusak
 - izotróp
 - polarizálatlan
 - normál eloszlást követnek

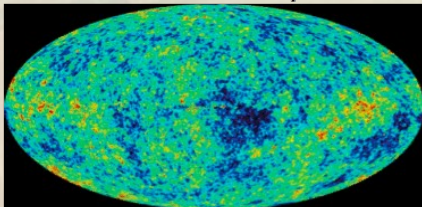
Radio sky



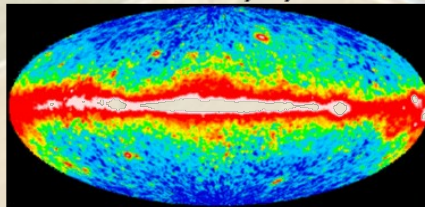
X-ray sky



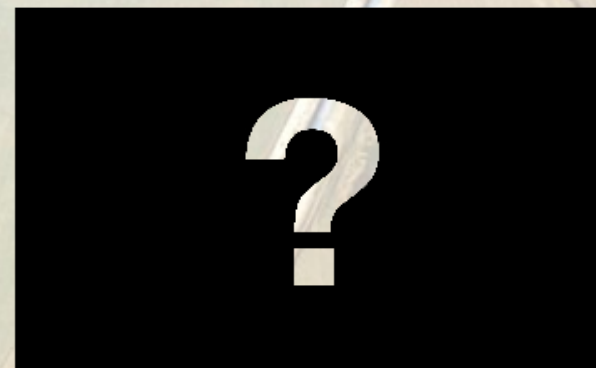
Microwave sky



Gamma-ray sky



Gravitational wave sky





Az adatok feldolgozásáról

Az adatok

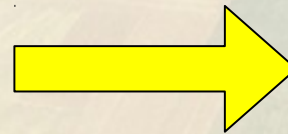
Data and computing needs

- ITF (interferometer) output sampling rate 20 kHz
- Hundreds of auxiliary channels
- Various analyses on 4 and 16 kHz
- cc. 150 day science time/year
- cc. 10.4 MB/sec data flow rate
- cc. 160 TB data / year / IF

The amount of data is not overwhelming for storages available today, but the **arithmetic density** of algorithms used for the analysis varies from less significant (online analysis) to practically infinity (CW searches).

This amount of data has to be transferred, recalibrated, downsampled, processed, analyzed (several time)

No unique/optimal computing solution for all, various approaches has to be used: such as Cluster, Grid, HPC and Many Core computing

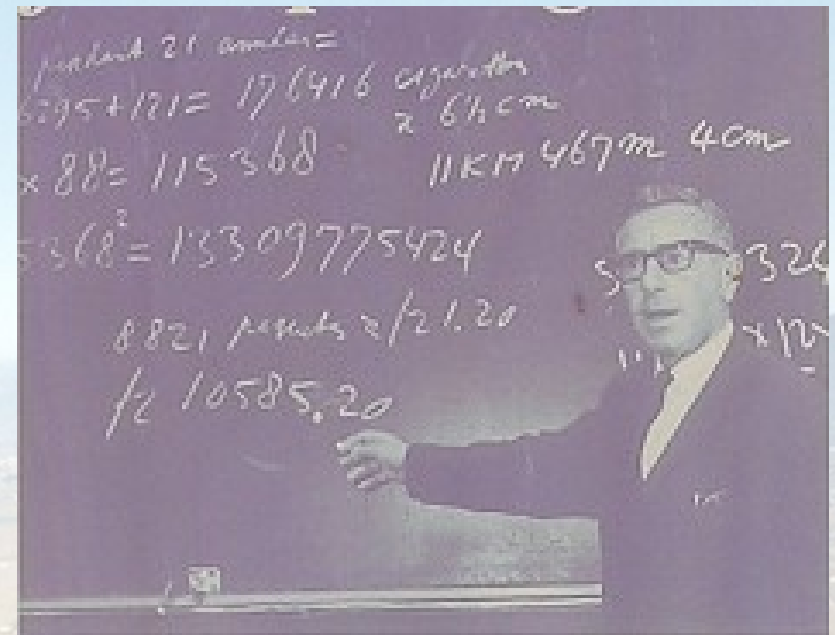




Az adatok feldolgozásáról

A kezdetek..

A kezdetek...



Wim Klein

Képes volt egy 133 számjegyből álló szám 19. gyökét fejben meghatározni. Egyszerű matematikai műveletekben jóval gyorsabb volt kora számítógépeinél.



After having worked many years at CERN Wim Klein gives a last demonstration of his amazing talent for mental calculations.

Az első számítógépek



1958–61: AZ első valódi nagyszámítógép a CERN-ben, a **MERCURY**. Két 40 bites szám összeadása 180, szorzása 300 us-ig tartott. Lyukszállag programozás. 1966-ban elajándékozták a lengyel 'ásványtani és bányászati' minisztériumnak.



Az első számítógépek



1961-63: Az IBM709 4x gyorsabb a MERCURY-nál. Mágnes szallagos egység 200 bpi sűrűséggel ír/olvas.

Támogatja a FORTRAN programozási nyelvet !



Az adatok feldolgozásáról

Párhuzamosítási lehetőségek

Parhuzamosítási lehetőségek

- Mérési adatcsomkok mentén
 - Különböző időben, helyen vagy műszerrel mért adatokat egymástól függetlenül is fel lehet dolgozni.
- Paramétertartomány szerint
 - Ugyanannak a jelenségnek más paraméterekkel történő keresése, feldolgozása ugyanazon az adathalmazon szintén jól párhuzamosítható
- Műveleti párhuzamosság
 - Egy adott matematikai vagy adatfeldolgozási művelet műveleti szintű párhuzamosítása. Például vektor és mátrixműveletek nagyon hatékonyan hajthatók végre sokprocesszoros rendszereken.

A „Big Data”-ról

„The question is: what is the Big Data” ?



„No ! The question is: ...

- ...ha nem tudjuk mit keresünk,
- ...ha nem tudjuk mivel/hogyan kell keresni,
- ...ha túl sok mindennel és túl sok mindent akarunk keresni
- ...ha nem az adott kérdés megválaszolásához szükséges adatban keresünk
- ...ha kicsi a diszkünk
- ...ha lassú a hálózatunk
- ...ha éppen arra irnak ki pályázatot
- netalán ezek összessége... :-)



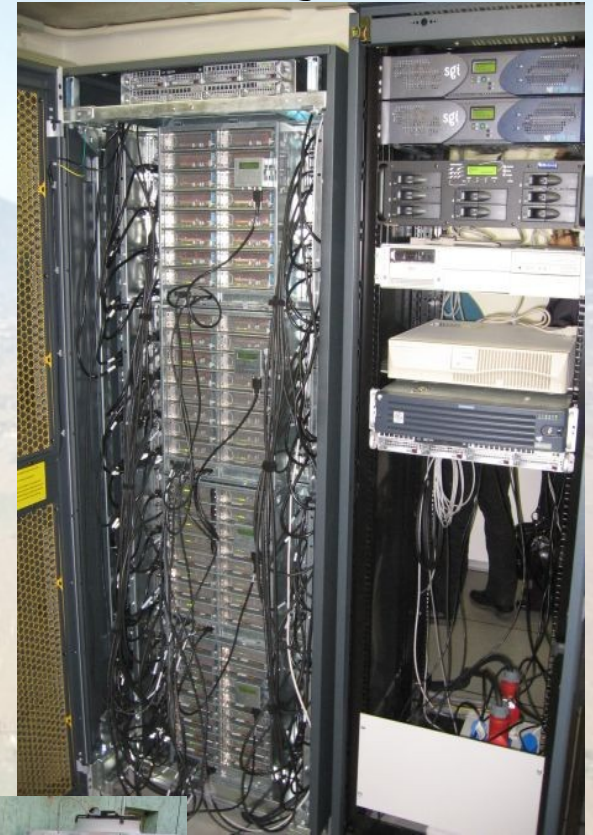
Az adatok feldolgozásáról Dedikált klaszterek



Wigner FK
HPC machine

HPC @ Virgo ?

- The machine (SGI Altix ICE)
- 512 CPU (64 x 8)
- Intel Xeon, X5365 @ 3 GHz
- 16 GB mem/8 core
- 10 TB Raid5 disk storage
- Infiniband (40 Gb/s) blade connectivity
- Software
 - RedHat Enterprise Linux
 - Condor and PBS batch scheduler, SGI MPI, Tempo cluster management, OpenMPI, SGI ProPack, etc...
- Power
 - Water cooling
 - 37 KW peak power
 - 7 TeraFlop computing capacity
- Purchased for another (medical, GenaGrid) project, but
- available for Virgo Grid on temporal basis
- Used as a simple PC cluster
- No real advantage found over PC cluster for gravitational wave applications





Az adatok feldolgozásáról Grid

The Virgo Virtual Organisation

- Virgo is one of the 211 Virtual Organisation of the EGI Grid.
- Some Virgo analysis is running smoothly on the Grid since quite a long time !
- Ideal for CPU intensive jobs crunching "small" amount of data.



The screenshot shows the Egee Operations Portal for the Virgo Virtual Organisation. The header features the Egee logo (Enabling Grids for E-science) and the text "OPERATIONS PORTAL". Below the header is a navigation bar with tabs for Home, VO, RC, ROC, and C-COD. The main content area is divided into two columns. The left column contains a sidebar with sections: Home (links to About this portal, Contact us - Feedback, Current Developments, Getting started with Grid, Site Map), Procedures / Documentation (link to CIC Portal Documentation), CIC Tools (link to VO Information / List), External Tools (link to Enoc Network Operation), Communication (links to Global Downtime Overview, Send a EGEE Broadcast), and Links (links to Credits, Find a User Support). The right column contains a section titled "Information about VO virgo" with a table of details. Below the table is a "NOTE" section with a link to more information and a "Download" section with a list of downloadable files.

VO Name	virgo
Scope	Global
Current integration status	active
Description	Scientific target: detection of gravitational waves VO target to allow data management and computationally intensive data analysis
Homepage	http://www.cascina.virgo.infn.it/
Contact	cristiano(DOT)palomba(AT)roma1(DOT)infn(DOT)it

NOTE

More information is available about this VO in the secured section of this portal: <https://cic.gridops.org/index.php?section=vo&vo=virgo>

You will need to have a valid certificate to enter this secured section. Please browse the **Getting Started** section to learn more about certificates

Download

Information about this VO is available in downloadable format:

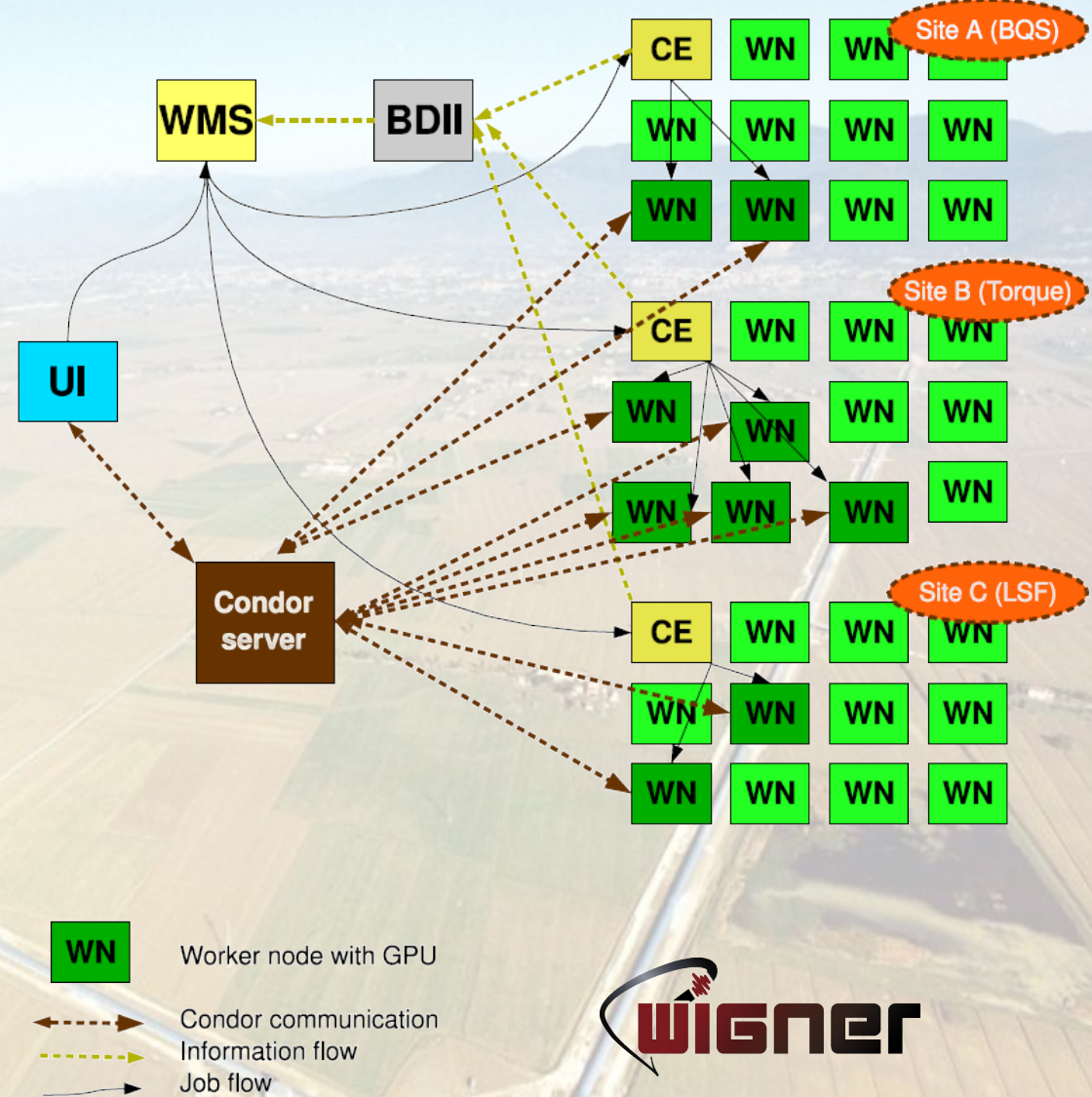
- VO ID card info (Details about the VO, technical requirements, etc.) available in XML format
- AUP file (Acceptable Use Policy) available in the original submitted format (txt, doc, pdf...)
- VOMS certificate Public Key is now available in the downloadable VO id card

- Resources: ~34 sites, ~16000 CPU, 500 GPU, ~150 user, c.c PB storage

The Virgo Pilot Pool - I

The Virgo Pilot Pool properties:

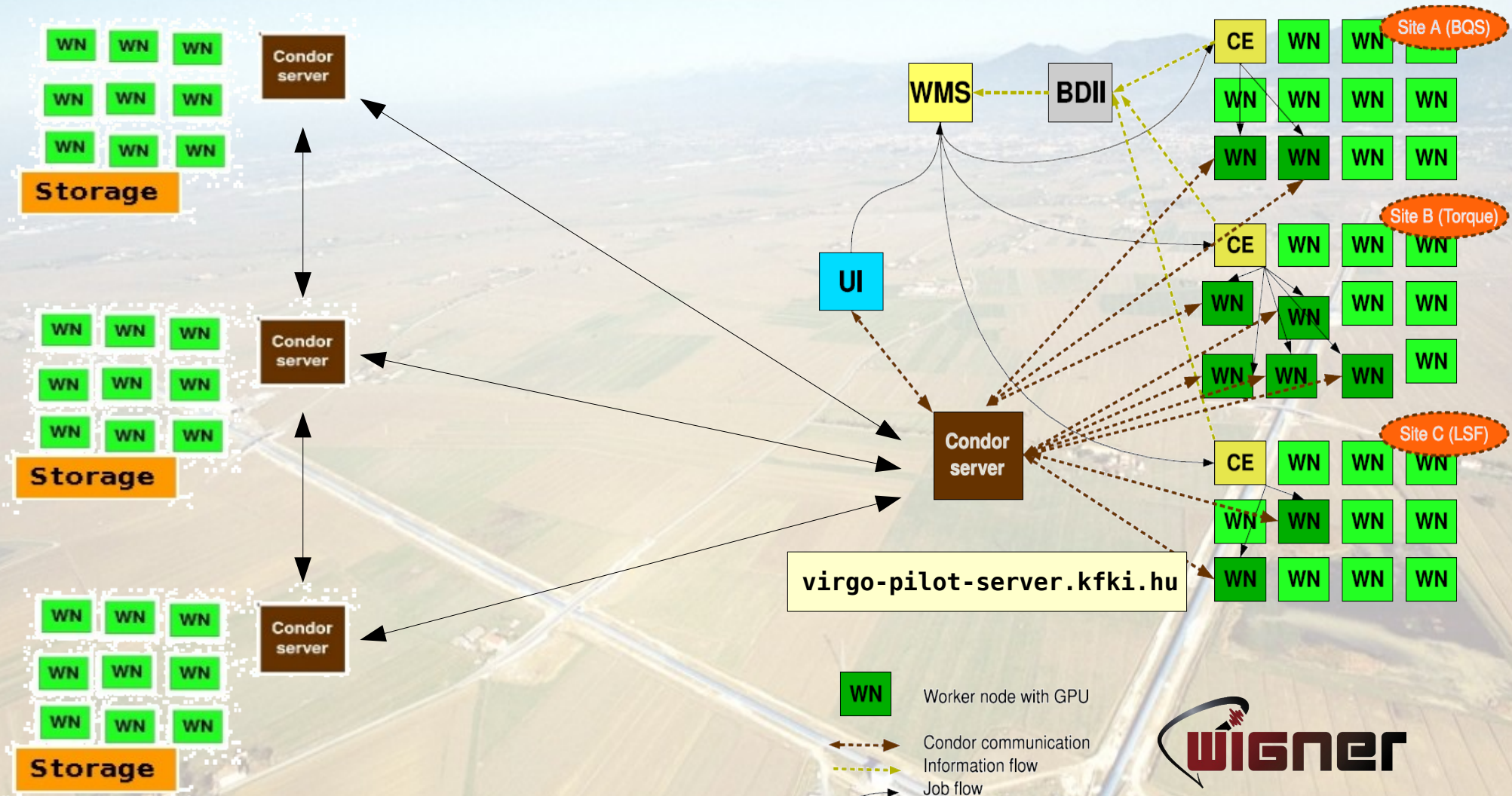
- Homogen infrastructure over the inhomogen Grid
- Less administrative interaction/delay
- User transparent mechanisms
- Low latency submission
- Global priorities
- Late-binding to resources
- No stucked-in jobs
- Improved job failure rate due to pilot prechecks
- Interactive login
- Smooth interaction interoperability with LDG/OSG.



The Virgo Pilot Pool – II

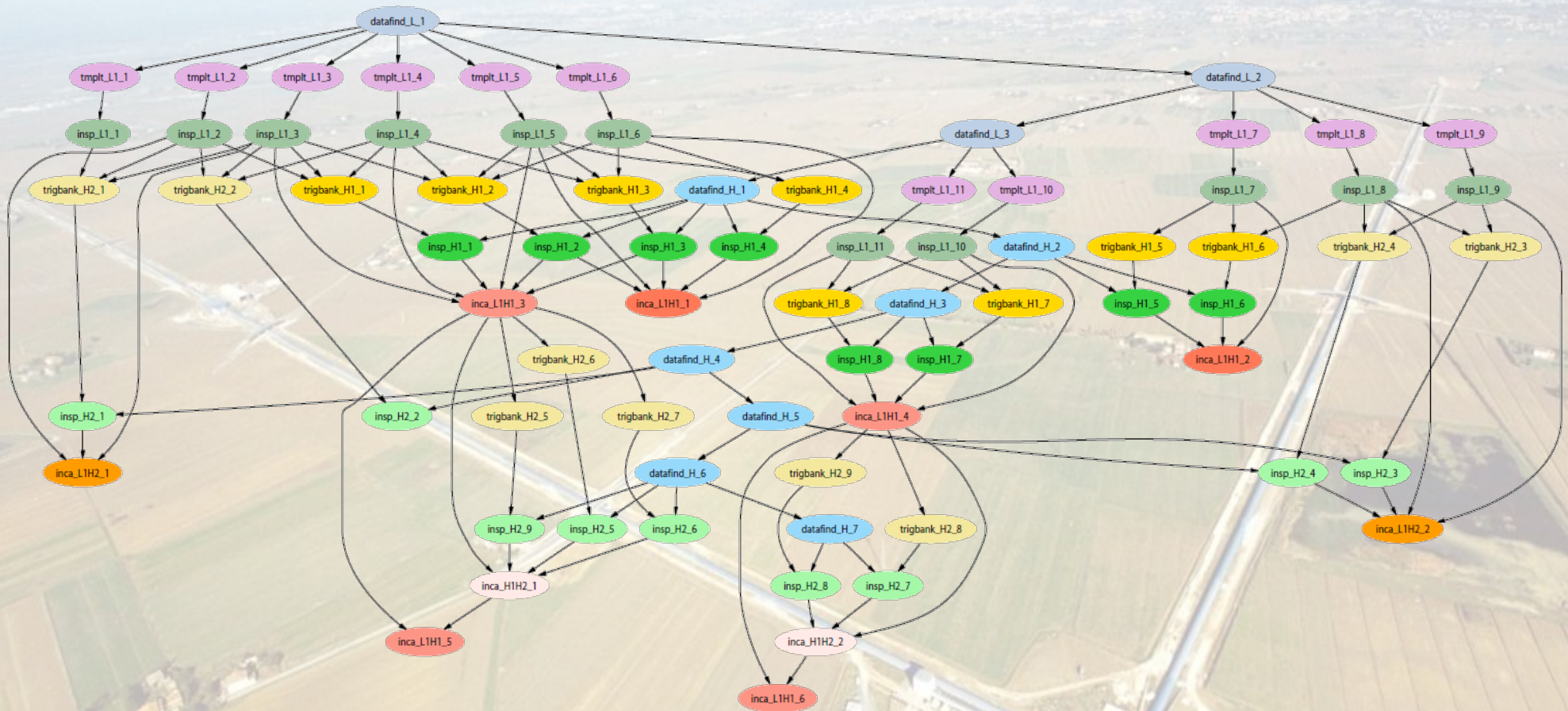
Ligo clusters

Virgo EGI sites



The Virgo Pilot Pool – III

- Mapping of abstract workflows like DAGs/DAXes to the Grid is now easily possible with the Virgo Pilot server.
- Complex and relational workflow handling is missing from Cream/WMS.





Az adatok feldolgozásáról GPUk

A GPU-k felhasználása (CBC)

- A Wiener-filter egy optimális lineáris szűrő módszer ismert jelalakok stacionárius zajban való kereséséhez.

$$\rho(t) = \frac{\sqrt{\langle s, h_c \rangle(t)^2 + \langle s, h_s \rangle(t)^2}}{\sigma}$$

$$\langle s, h \rangle(t_e) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\tilde{s}(f) \tilde{h}^*(f)}{S_n(|f|)} e^{2\pi i f t_e} df$$

$$\sigma^2 = 2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\tilde{h}(f) \tilde{h}^*(f)|}{S_n(|f|)} df$$

- Fourier transzformáció
- Vektorok skaláris szorzása
- Vektorok összeadása, komplex konjugálása
- Integrálás (összegzés)

A fenti algoritmusok művelet szinten is nagyon jól párhuzamosíthatók, ezen felül még paramétertér és adatszegmensek szintjén és feldarabolható a feladat.

A GPU maximális kihasználtsága a cél !

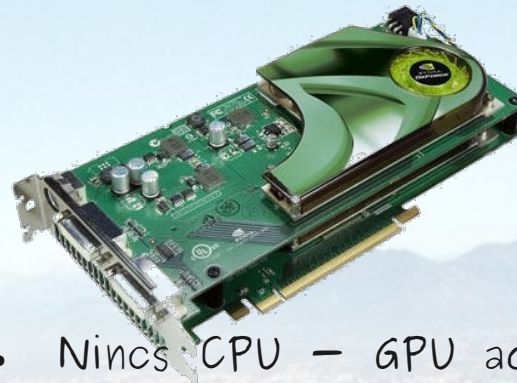


A GPU-k felhasználása (CBC)

- Ha a probléma visszavezethető az adatfolyam feldolgozás (stream processing) paradigmájára akkor sikeresen gyorsítható GPU-n

Rengeteg probléma visszavezethető az alapvető kernel műveleti osztályok valamelyikére:

- Leképezés (map)
- Összevonás (reduce)
- Szórás és gyűjtés (scatter and gather)
- Prefix összeg képzés (prefix sum)
- Szűrés (filter)
- Rendezés (sort)
- Keresés (search)

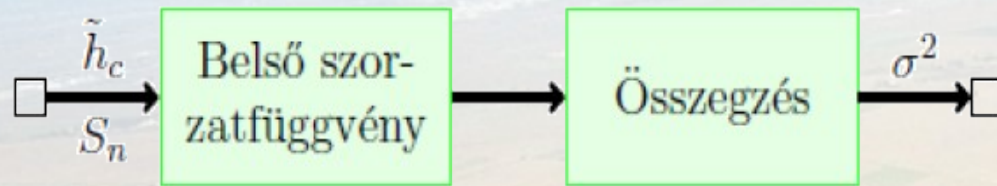


- Nincs CPU – GPU adat transzfer, a CPU csak vezérel, minden számolás a GPU-n történik
- A műveletek aritmetikai sűrűsége viszonylag kics, ezért egy kernel több adatdarabon is végrehajtja ugyanazt az operációt. Loop unrolling lehetőségessé válik.
- Pinned memoria használata
- Globális és osztott memória használatának optimalizálása

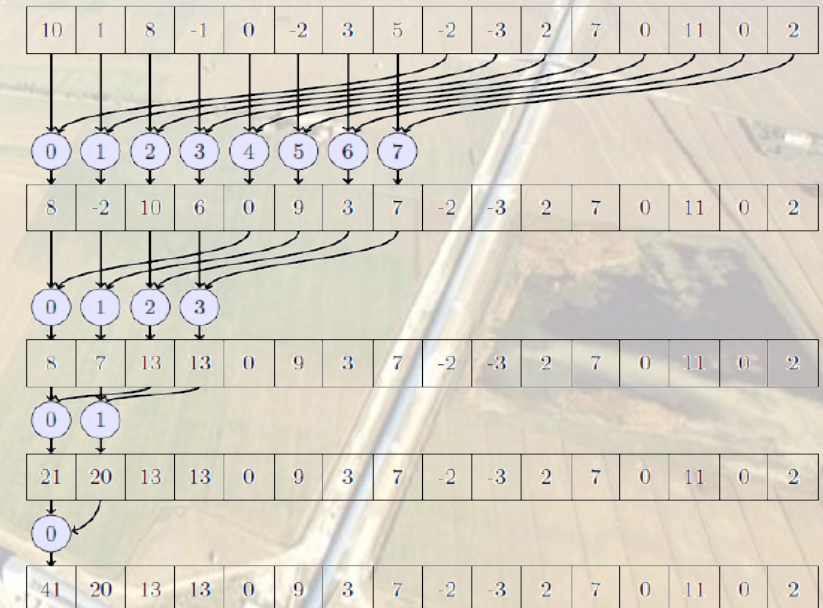
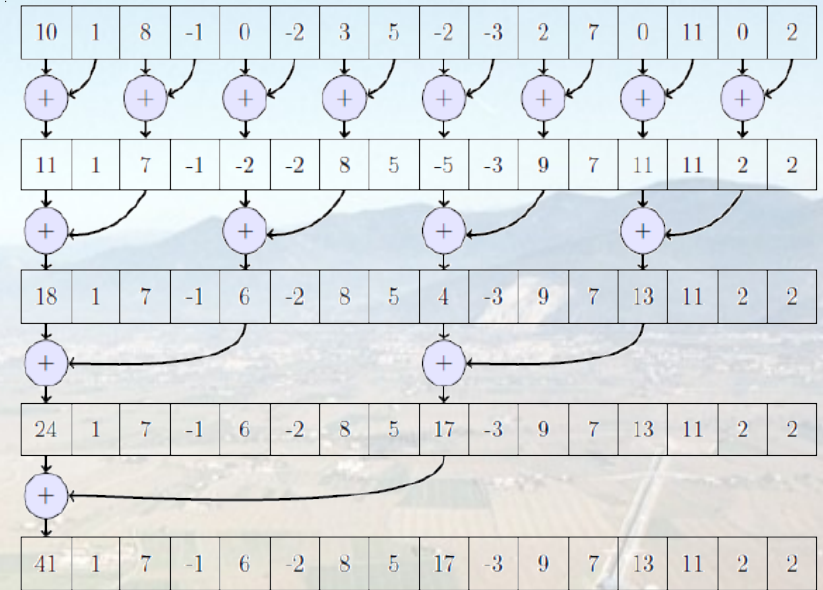
Pl.: Variancia számítás (CBC)

A variancia számítás például így végezhető el GPU-n:

$$\sigma^2 = 4 \frac{\Delta t}{N} \sum_{k=0}^{N/2-1} \frac{\tilde{h}_{ck} \tilde{h}_{ck}^*}{S_n(|f_k|)}$$



- Szorzatfüggvény: leképezés (map) művelet
- Templatekre köteget módon
- Minden adatelemre külön szál ?
- Összegzés speciális redukálási művelet, az eredmény 1 elemű
- Az asszociatív műveletek hatékony párhuzamosításának elmélete már régóta létezik



GPU eredmények (CBC)

Elért sebességnövekedés:

- CPU Quad Core AMD 3 GHz
- GPU: Tesla c2050
- Mintavételezési frekvencia: 4096 Hz
- Adatcsomók mérete 2048 sec: 2^{23} minta
- Szegmensek mérete 128 sec
- 500 template
 - Régi CPU kód: 44 perc
 - GPU kód: 17 másodperc !

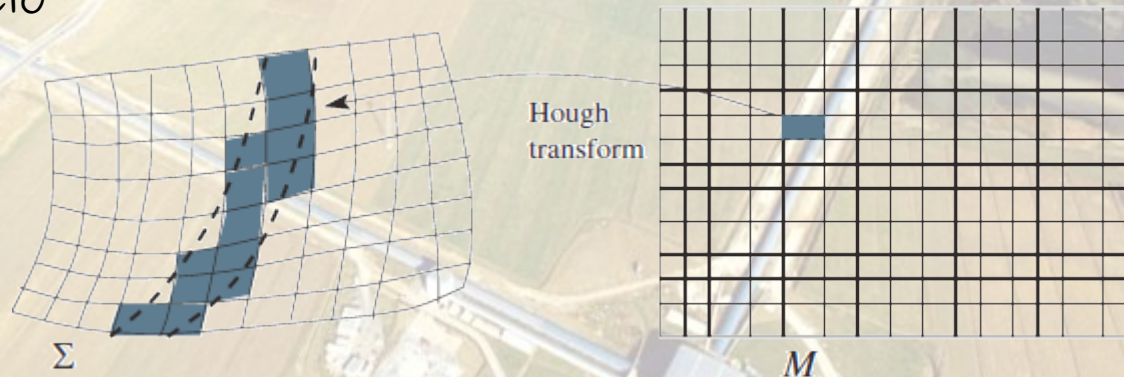
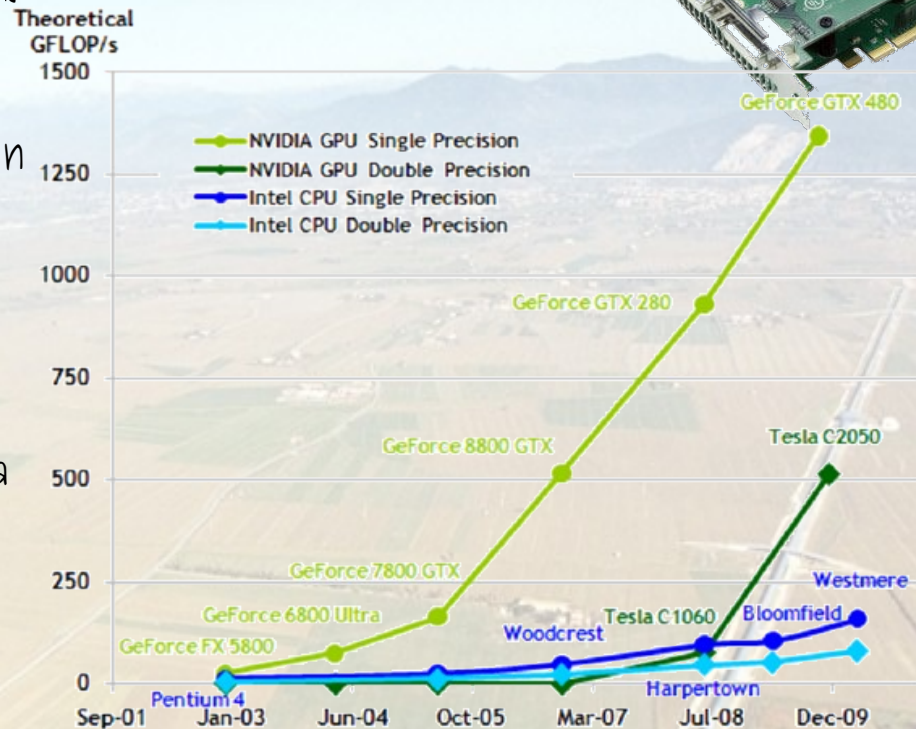
Miért jó ez a kísérletnek ?

- Gyorsabb, olcsóbb
- Az új detektorok érzékenyebbek lesznek, sokkal hosszabb jeleket képesek detektálni amelyek feldolgozásához nagyságrendekkel többet kell számolni.
- További, több paraméterrel rendelkező releváns asztrofizikai modell tesztelése, vizsgálata is lehetővé válik.
- Az optikai és részecskefizikai teleszkópok riasztásai után minimális időkésedelemmel fel tudjuk dolgozni az adatokat.

Több mint 2 nagyságrend az elért gyorsulás !

A GPU-k felhasználása (CW)

- Az ismeretlen helyzetű periodikus hullámforrások keresése nagyon nagy számítástechnikai kapacitást igényel
- A használt algoritmus viszont nagyon jól párhuzamosítható
- A GPU-k (a számítógépek grafikus kártyája) alkalmasak a párhuzamos algoritmusok effektív végrehajtására
- Programozásuk mára már viszonylag egyszerű feladat
- Az ún. Hough-transzformáció implementálása GPU-kra



The Hough search I (CW)

- Searching for **neutron stars with unknown frequency** evolution on the sky
- Nor the frequency neither its time derivatives (spin down parameters) are known -> has to be scanned
- Basic steps of the method:
 - Segment the data (T_{total}) into coherent segments (T_{coh}), where the frequency can be approximated to be constant (order of 30 min, but depend on the actual frequency bin).
 - Calculate the power spectra of the entire data and normalize the Fourier Transformed segments with it. The normalized FFT domain segments are then thresholded -> converted to 0s and 1s -> the peakmap is obtained in the time observed - frequency plane
 - For each position in the sky the peakmap is doppler de-modulated to obtain the (time - real frequency) peakmap. The happens on-the-fly, no need to store them.

The Hough search II (CW)

- Taking into account only the first spindown parameter d , (i.e. assuming linear relationship) one can write up the following equation:

$$f_{\text{instantaneous}} = f_0 - d * (t - t_0)$$

that is a straight line in the $f_0 - d$ plane.

- Since we have a finite frequency resolution (df) this equation becomes

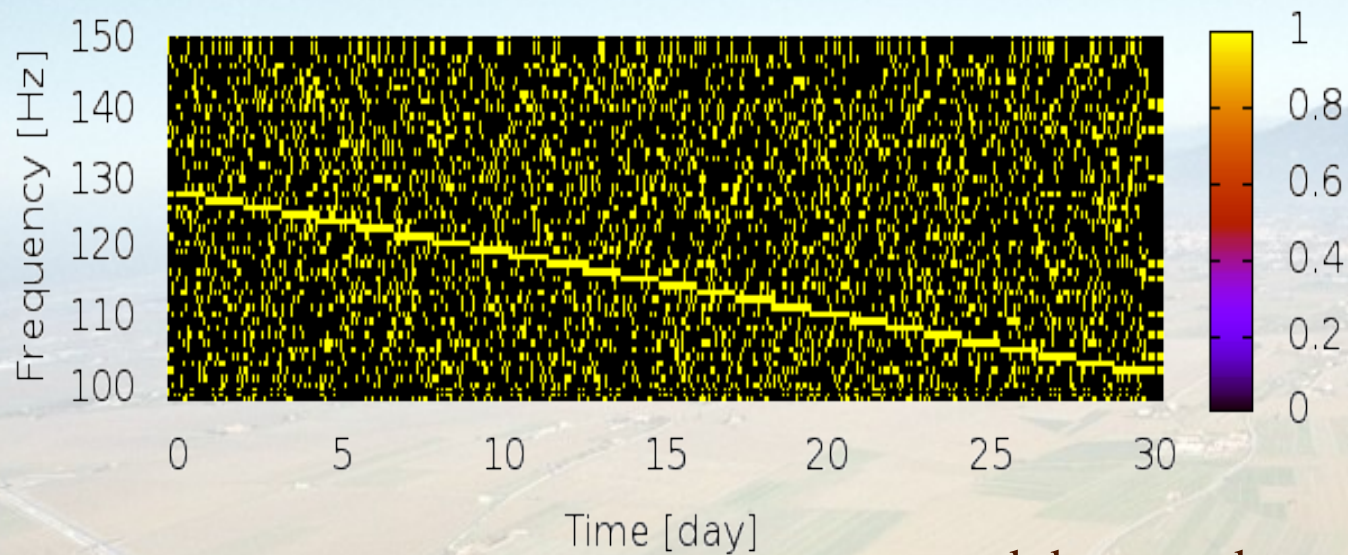
$$-f_0 / (t - t_0) + (f - df / 2) / (t - t_0) < d < -f_0 / (t - t_0) + (f + df / 2) / (t - t_0)$$

i.e, two straight line on the plane

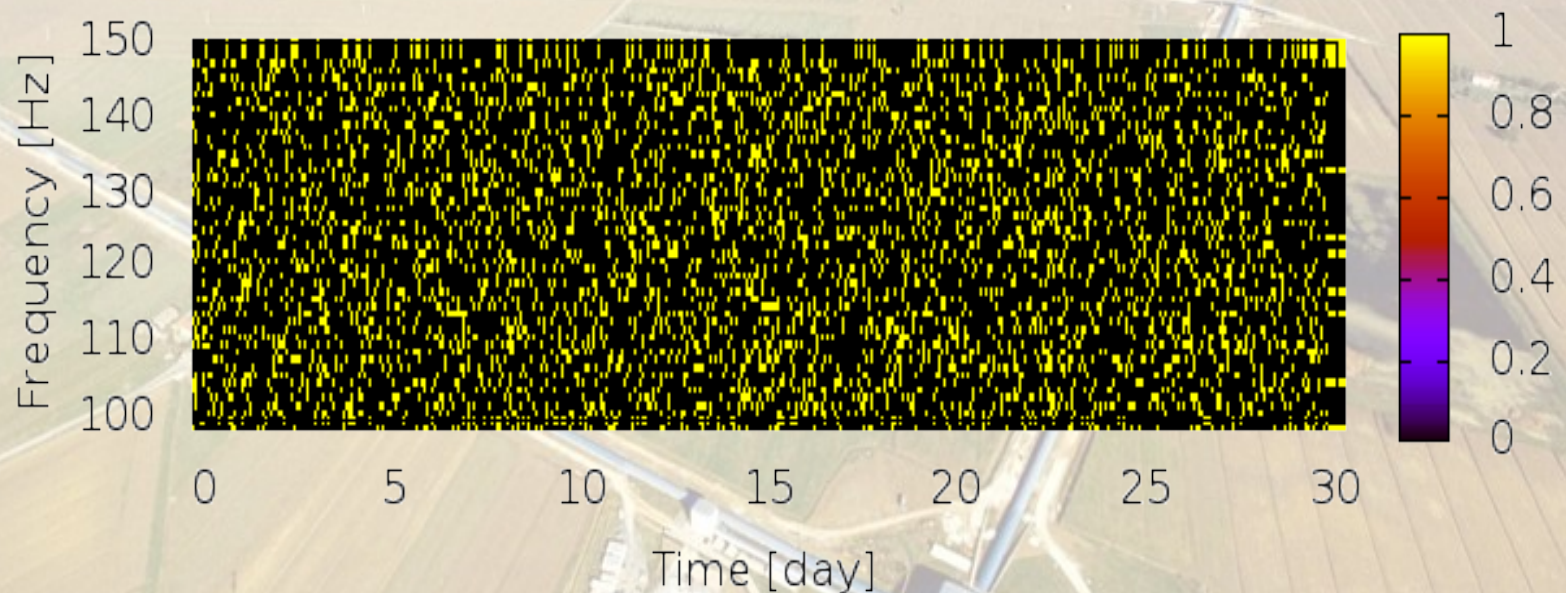
- For every point in the peak map (every t , $f_{\text{instantaneous}}$ value) draw a line in the f_0, d plane and increase the value of each bin by 1 which is intersected by the line, i.e. a 2D histogram.
- There are tricks
 - to increase the resolution one uses oversampled frequency bins
 - and to decrease computational cost one uses differential Hough maps when drawing lines with 1s and -1s and integrating only at the very end. This save significant computational cost, since it not necessary to shade / fill large areas in memory.

The Hough algorithm: The peakmap

- A peakmap example with strong signal

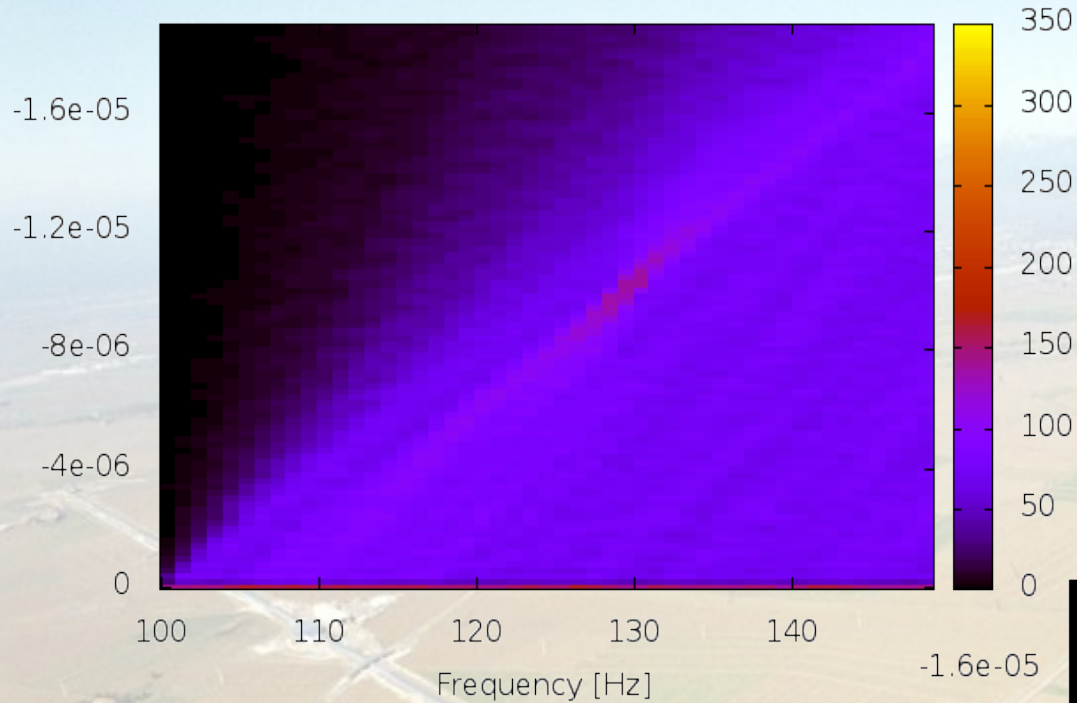


... and the same but weaker signal

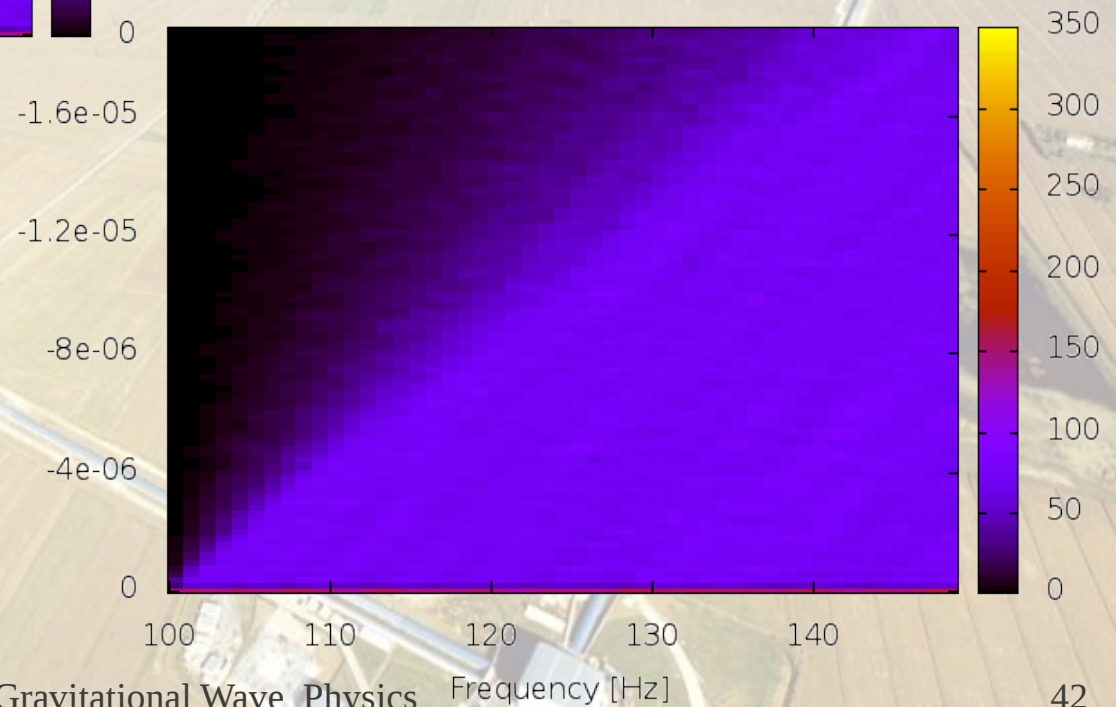


The Hough algorithm: The Hough - map

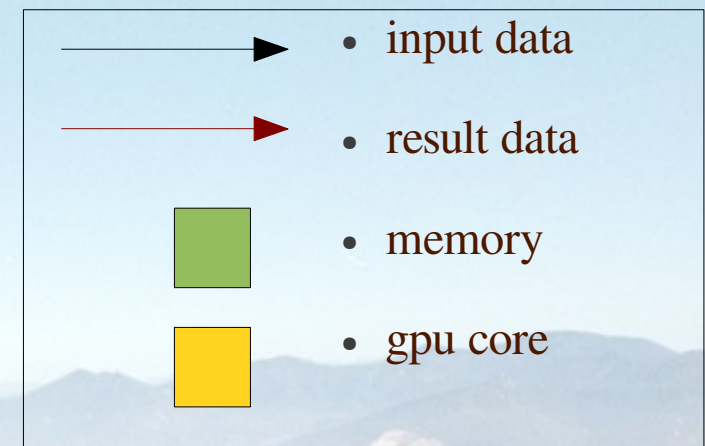
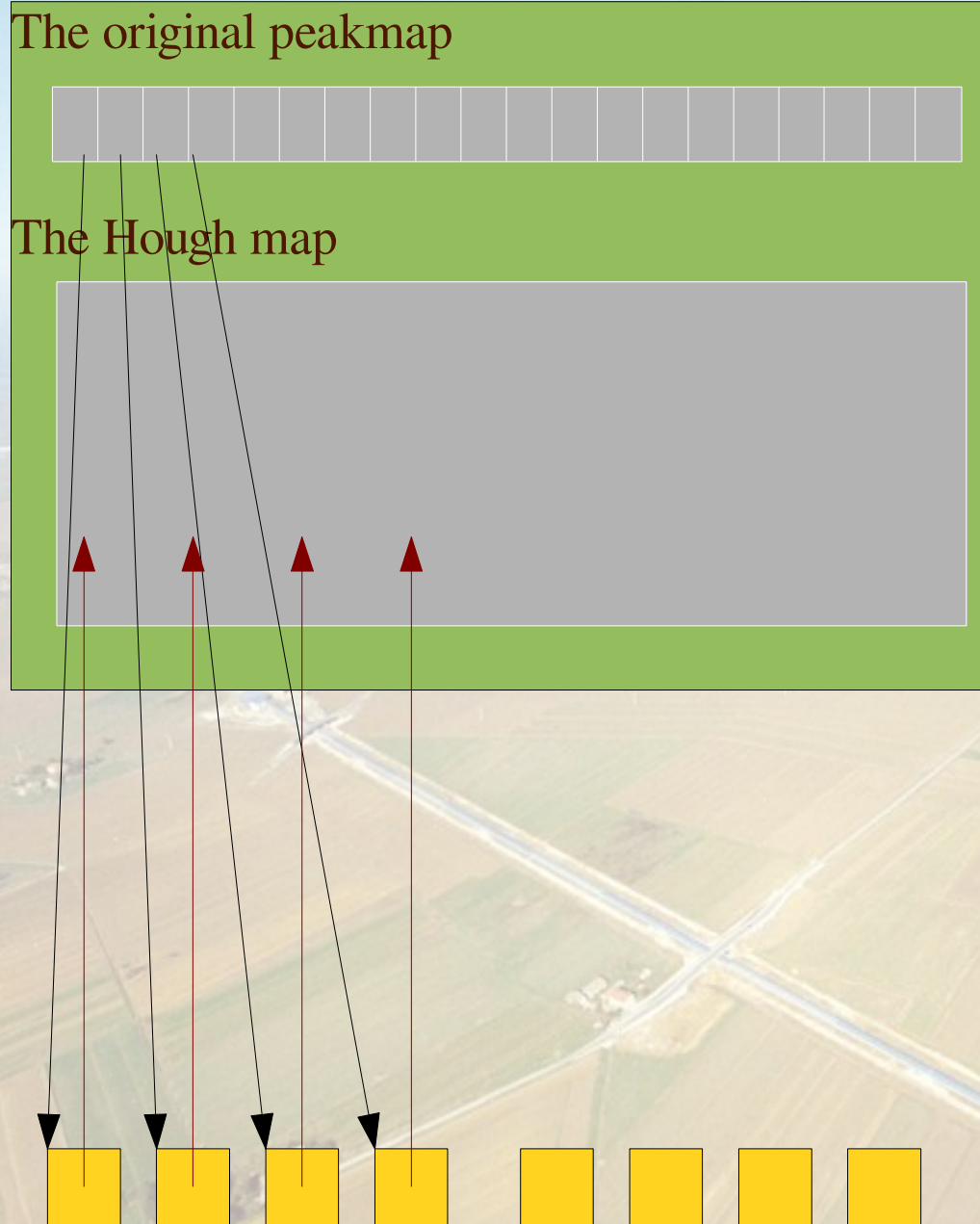
- The Hough map of the previous peakmap with with the weak signal



... and the same without signal

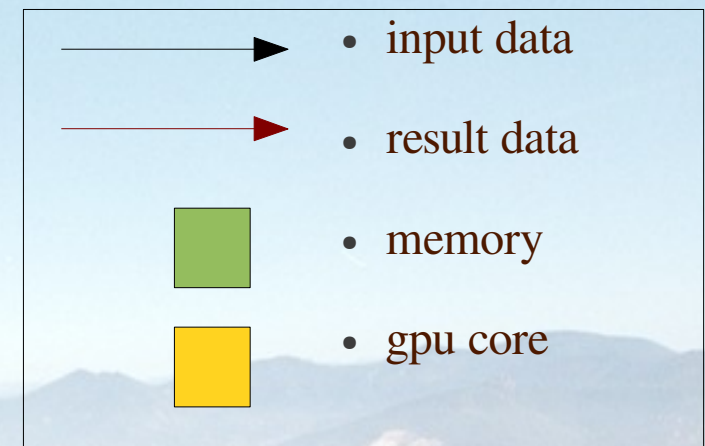
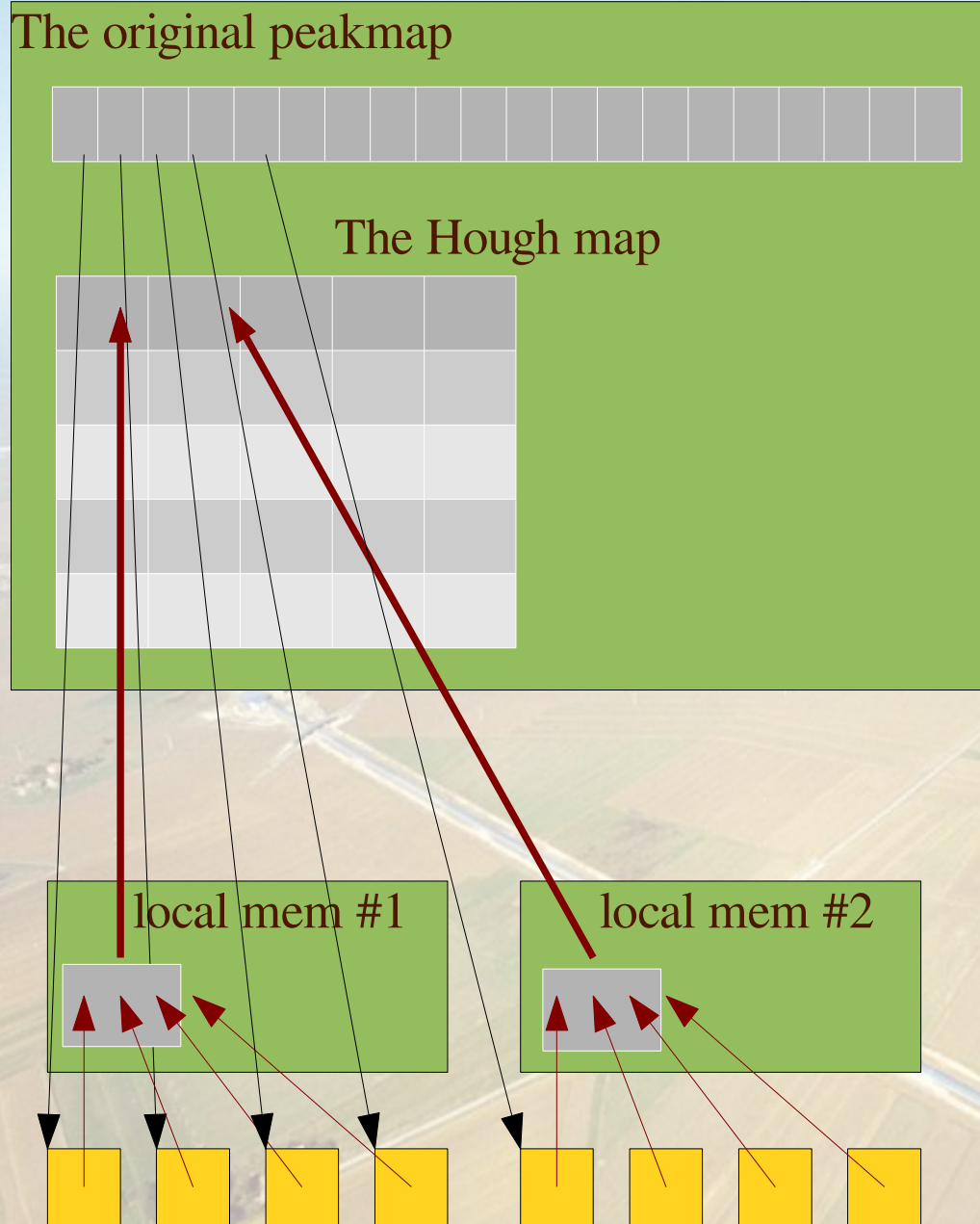


A possible implementation



- Each core reads a (some) peak
- Draws the corresponding line on the Hough map
- Problems
 - looping through on global memory is slow
 - intersection of lines requires atomic operations, not available in global mem
- Result copied back to global memory

A better implementation



- Hough map is partitioned
- Partitions are filled in local memory and copied back to global and the end
- All the line which intersects the given partition are drawn
 - much faster
 - has not to be coalesced
 - local atomic operations
- Result copied back to global memory

An aerial photograph of the LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) facility. Two long, straight, light-colored concrete arms extend from a central station in the foreground, forming a V-shape. The arms are surrounded by a mix of green and brown agricultural fields. In the background, a small town is visible, followed by a range of blue mountains under a clear sky. The text "THE GWTOOLS PROJECT" is overlaid in the center of the image.

THE GWTOOLS PROJECT

Az Einstein@home program

<http://einsteinathome.com>



About Einstein@Home

Thank you for your interest in Einstein@Home!

Einstein@Home is a program that uses your computer's idle time to search for gravitational waves from spinning neutron stars (also called pulsars) using data from the LIGO gravitational wave detector. Learn about this search at einsteinathome.org, [Einstein Online](#) and in our [S3 report](#).

Einstein@Home also searches for radio pulsars in binary systems, using data from the Arecibo Observatory in Puerto Rico. Read more about this search [here](#).

Einstein@Home is a World Year of Physics 2005 and an International Year of Astronomy 2009 project supported by the American Physical Society (APS) and by a number of international organizations.

If you would like to take part, please follow the "Join Einstein@Home" instructions to the left. Einstein@Home is available for Windows, Linux and Macintosh OS X computers.

Einstein@Home is now carrying out a search of data from LIGO's first science run at design sensitivity (S5). The current analysis (S5GC1) uses 8898.5 hours of data from the entire S5 run. S5GC1 is the first analysis deploying the F-statistic plus global-correlations method, which is currently the most sensitive search

Utilisateur du jour



Laurent VEVAUD

News

Short downtime for moving servers Nov 2nd

The Einstein@home servers located in Milwaukee will be shutdown and moved sometime between 1800 and 2200 UTC Nov 2nd. The actual downtime should only be about an hour.
2 Nov 2010 1:41:52 UTC · [Commentaire](#)

Short downtime Thursday

The Einstein@home project server will be shut down tomorrow (Thursday) for a few hours around noon UTC for relocation. The database will continue to run, so this shouldn't take long.
20 Oct 2010 12:47:06 UTC · [Commentaire](#)

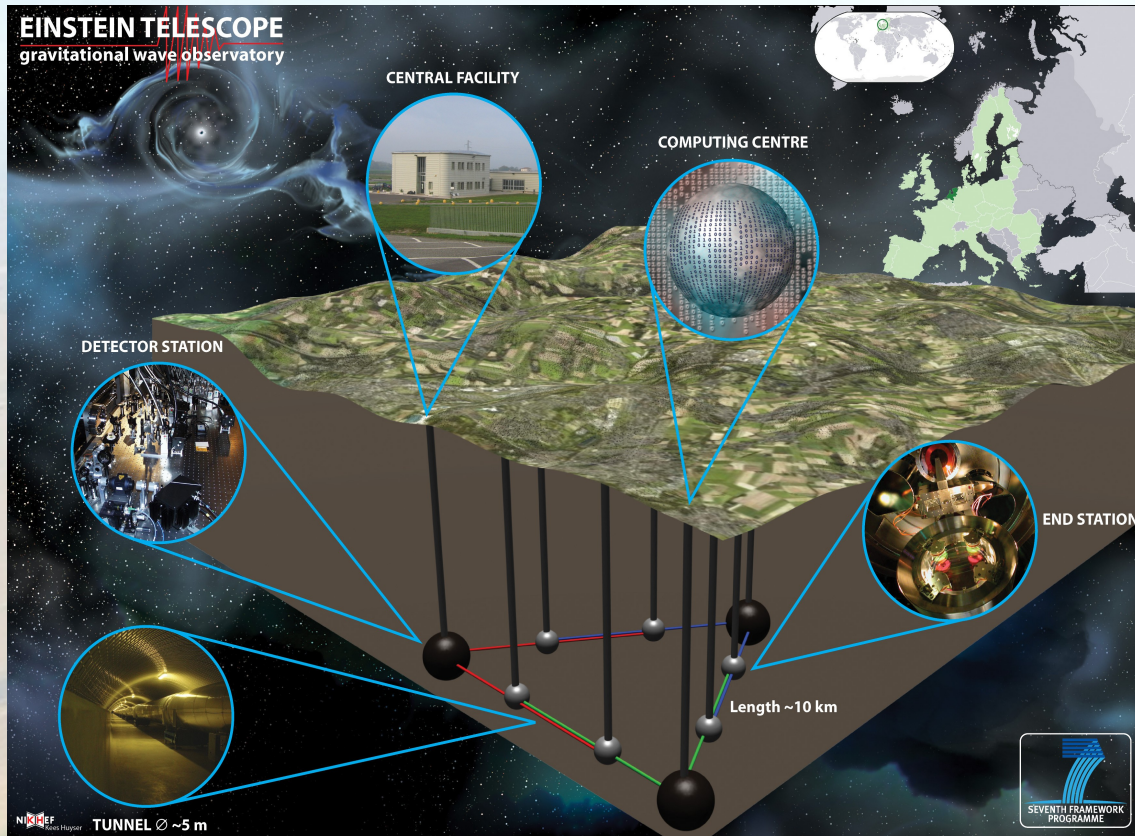
- A folytonos hullámforrások jeleit keresik
- A közelmúltban rádiótávcsövek jeleit is feldolgozzák
- Új pulzárokat fedeztek fel !
- Kiváló lehetőség diákoknak a kutatásba való bekapcsolódásra
- kb 300000 egyéni felhasználó kapcsolódott a programhoz 2005 óta



A jövő detektorai

Az Einstein Teleszkóp (ET)

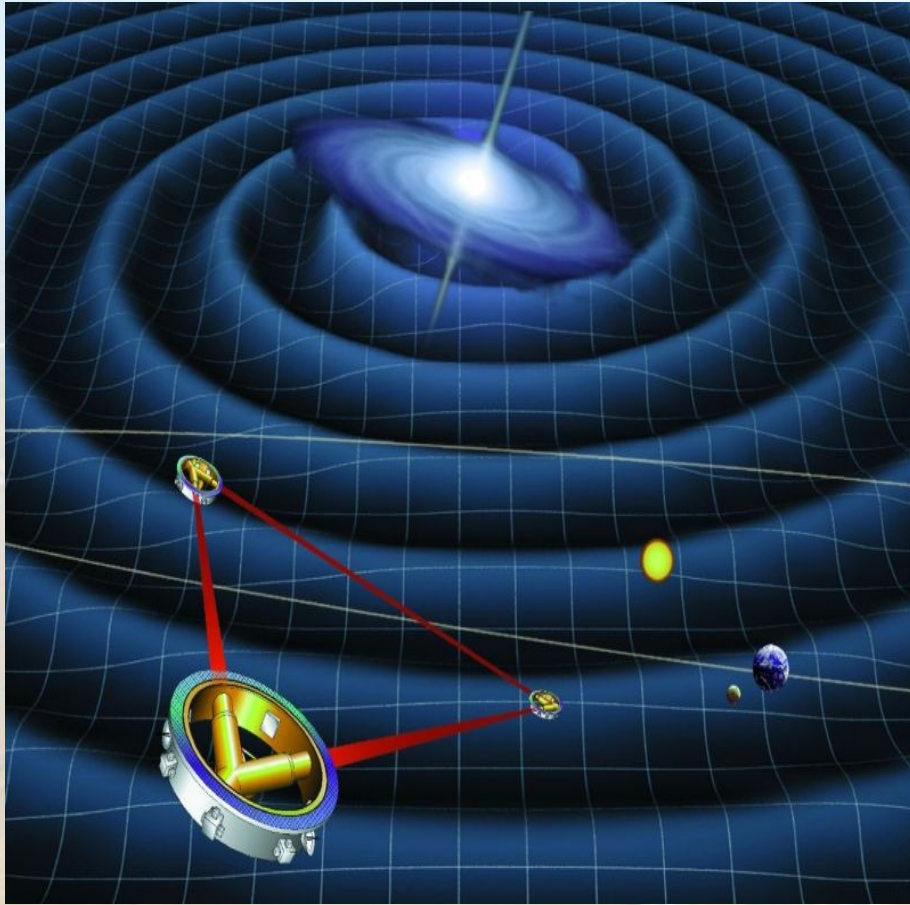
Tanulmány egy 3. gen GH detektor megépítésére



- Föld alatt lesz
- 10 km karhosszúság
- Új geometria
- MW-os lézer
- 200 kg-os tükrök
- 1000x-es eseményszám
- Helyszinkeresés Mo.-n

<http://www.et-gw.edu>

LISA kísérlet



- 20XX-körül fogják? fellőni a műholdakat
- Előtte: Lisa pathfinder
- 3 darab műhold egymástól 5 millió km távolságban
- Sokkal érzékenyebb lesz mint a földi berendezések
- ...és sokkal nehezebb lesz javítani...

Az Wigner Gravitációfizikai Kutatócsoport

- kísérleti és elméleti gravitációs–hullám fizika
- numerikus módszerek az általános relativitáselméletben
- számítógépes fizika, GPU programozás
- Email: Debreczeni.Gergely@wigner.mta.hu

Lehetséges TDK témák

- Elméleti munkák
 - erősen excentrikus neutroncsillag kettősök által kibocsátott hullámformák szimulációja
 - nyílt pályán mozgó, egymást megközelítő kettősök hullámainak szimulációja
 - kettős rendszert leíró effektív és redukált paraméterezés megállapítása
 - numerikus relativitáselméleti számolások
- Adatanalízis
 - izolált neutroncsillagok hullámainak keresése
 - kompakt neutroncsillag-kettősök hullámainak keresése
 - Grid kutatások, adattárolási és továbbítási feladatok
- Számítógépe fizika
 - GPU programozás, optimalizációs feladatok
 - Programozáselméleti alapkérdések, alapkutatások
- Hardware
 - Kisméretű (de működő) demonstrációs interferométer építése
 - Interferometrikus elven működő szeizmométer referenciatest izolációs rendszerének elméleti modellezése és megépítése
- Email: Debreczeni.Gergely@wigner.mta.hu