



# Topic III Internal geology of Mars versus Earth

Parametrii atmosferici și impactul lor asupra datelor seismice

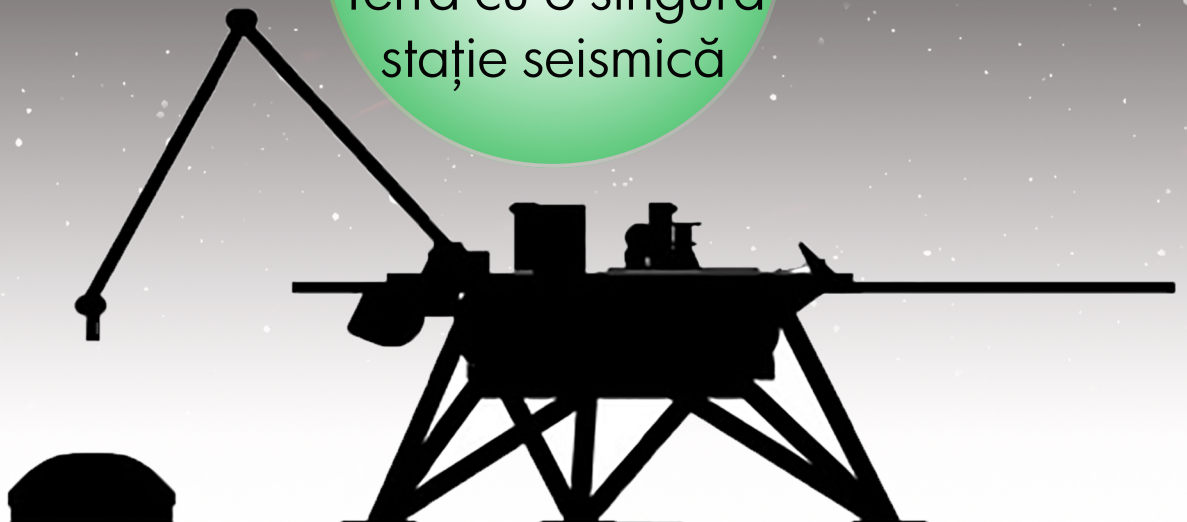
Mingi de plastilină: cum putem explora interiorul planetei Marte?

Determinați locația unui cutremur de pe Marte cu un singur seismometru

Mingi de plastilină: compararea planetelor

Seismograma: un semnal complex

Cum putem estima epicentrul unui cutremur de pe Terra cu o singură stație seismică



# Cum putem estima epicentrul unui cutremur de pe Terra cu o singură stație seismică

## 1. Introducere & Pb

De obicei, elevii încearcă să localizeze epicentrul unui cutremur folosind timpul  $t_0$  al seismului și timpul de sosire al undelor seismice. Cu ajutorul înregistrărilor de la trei stații seismice, este posibilă estimarea epicentrului unui cutremur.

Pe Marte, există un singur senzor care să detecteze și să estimeze locația epicentrului. Propunem în această activitate să invităm elevii să estimeze epicentrul seismului de Mw 9.0 (magnitudine-moment) din Tohoku-Oki (11 Martie, 2011, Japonia), cu ajutorul unei singure stații seismice.

## 2. Vârsta elevilor: 15 – 17 ani

## 3. Obiective

Să folosim o abordare similară cu cea folosită de cercetătorii responsabili de misiunea InSight pentru a estima locația epicentrului unui cutremur cu o singură înregistrare de la o stație seismică pe trei componente.

## 4. Materii principale

Fizică – Geologie

## 5. Materii adiționale

## 6. Timp necesar: 2h

## 7. Cuvinte cheie.

Unde Rayleigh, Distanța epicentrală, azimut

## 8. Materiale

### Programe-suport:

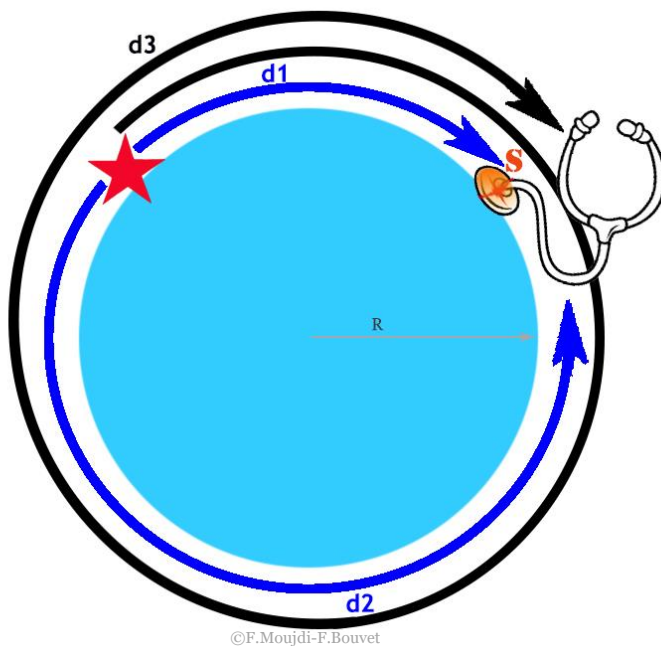
- Date de la rețeaua RESIF
- SeisGram2K80\_ECOLE© : <http://edumed.unice.fr/fr/tools-lab>

### Date:

- Cutremurul de Mw 9.0 din 11 Martie, 2011 din Tohoku-Oki (Japonia), detectat de stația seismică CALF (Observatorul de pe Coasta de Azur, Calern, France).

## 9. Context științific

- Detectarea undelor Rayleigh:
  - o Sunt unde de perioadă scurtă, cercurile descrise sunt mai mari decât ale undelor de volum. De asemenea, au o amplitudine mai mare.
  - o Dacă seismul are suficientă energie, unda de suprafață poate trece de mai multe ori prin stație: pot apărea atunci pachete de semnale de durată mai lungă.
  
- Distanța epicentrală obținută din timpului de sosire al undelor Rayleigh (Fig. 1)



$$distance_{(source/station)} = \frac{t3 - t2}{2} \cdot \frac{2\pi R}{t3 - t1}$$

Figura 1. Model teoretic pentru a estima distanța față de epicentru a undelor Rayleigh. Stea – Timpul  $t_0$  de producere a evenimentului seismic. Punctul S: stația seismică d1: cea mai scurtă distanță dintre sursă și stație. d2: cea mai lungă distanță dintre sursă și stație. d3: propagarea undei pe distanța d1 plus o rotație completă în jurul planetei. t1: timpul de sosire al undelor Raleigh după parcurgerea distanței d1. t2: timpul de sosire al undelor Raleigh după parcurgerea distanței d2. t3: timpul de sosire al undelor Raleigh după parcurgerea distanței d3. R: radiusul planetei.

## 10. Proceduri

Elevii sunt rugați apoi să identifice undele Rayleigh ale seismului din Tohoku-Oki earthquake, detectat de stația seismică CALF.

- **Alegerea celor trei timpi de sosire și calcularea distanței epicentrale.**

În exemplul de față, nu este folosită funcția automată pusă la dispoziție de programul SeisGram2k. Elevii vor citi timpii de sosire și vor calcula manual distanța de la epicentru folosind formula din Figura 1.

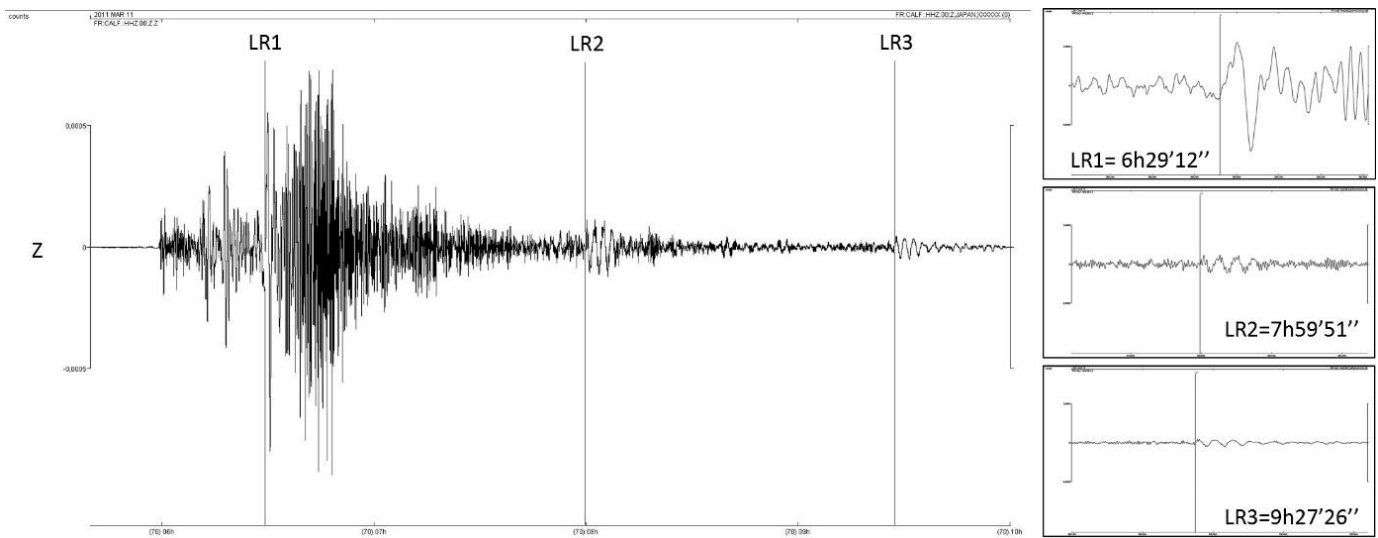


Figura 2. Alegerea celor trei treceri ale undelor Rayleigh (pe cutremurul de la Tohoku-Oki) înregistrate de stația CALF. Pe coloana din dreapta: zoom pe fiecare punct ales, cu timpii de sosire evidențiați (UTC).

### Rezultate:

În acest caz, distanța epicentrală calculată este egală cu 9841 km.

- **Estimați azimutul invers.**

Distanța epicentrală calculată anterior indică faptul că epicentrul se găsește pe un cerc, al cărui rază este de 9841 km. Este nevoie de doi parametri pentru a găsi poziția corectă pe cerc: azimutul și azimutul invers. Azimutul indică direcția primei mișcări a pământului pe plan orizontal ajunsă la stație, în sensul acelor de ceasornic. Azimutul invers indică direcția unde se găsește epicentrul. Avem nevoie de polaritatea unei P de pe componenta verticală: i) dacă polaritatea este pozitivă, prima mișcare este în sus, azimutul invers este egal cu azimutul plus 180°; ii) dacă polaritatea este negativă, prima mișcare fiind în jos, azimutul invers este egal cu azimutul.

SeisGram2k ne permite să determinăm valoarea azimutului, cu funcția de rotație. Este posibil să rotim virtual sistemul geografic și să calculăm amplitudinea în noul context. Rotind structura, amplitudinea unei P variază între două maxime, trecând printr-o valoare nulă pe fiecare componentă. Valoarea rotației care permite anularea unei P pe componenta de est ne dă azimutul: mișcarea este doar pe direcția Nordului în noua așezare geografică.



**a. Detectați primele unde P pe fiecare componentă orizontală.**

Folosiți funcția zoom a seismogramei pentru a selecta o fereastră de timp care să evidențieze prima undă P. Poate fi folosită și funcția increase/decrease amplitude.

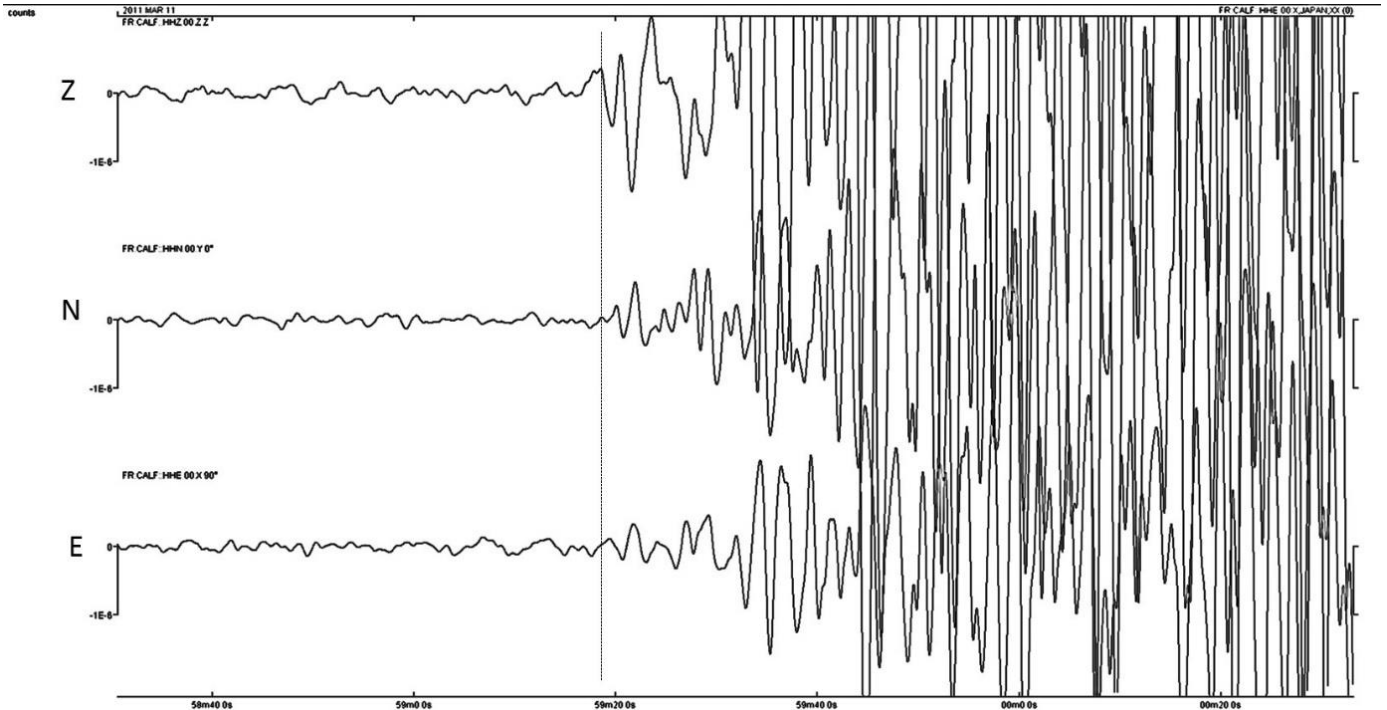


Figura 3. Înregistrări ale seismului de la Tohoku-Oki. Linia verticală neagră întreruptă: alegerea undei P. E: componenta de Est. N: componenta de Nord. Z: componenta verticală.

**b. Rotiți componenta orizontală (în sensul acelor de ceasornic) pentru a anula unda P pe componenta de Est**

În acest caz, o rotație egală cu  $+30^\circ$  permite anularea amplitudinii de undă P pe componenta de Est. Prima mișcare este în direcția egală cu  $+30^\circ$  (în sensul acelor de ceasornic) dinspre Nord în sistemul geografic real: este o valoare a azimutului.

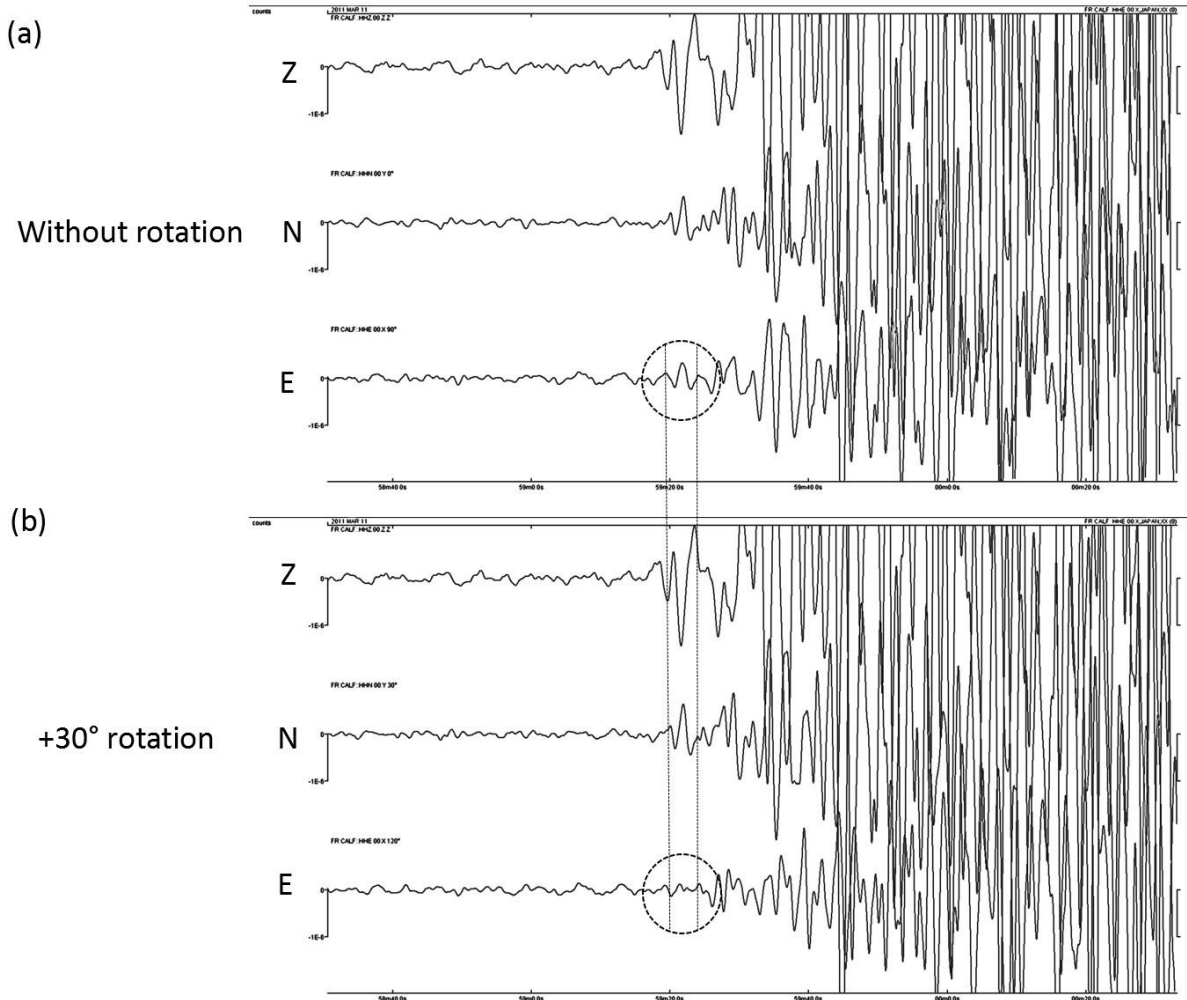


Figura 4. Înregistrări ale seismului din Tohoku-Oki. (a) Seismogramă inițială. Elipsa din puncte negre: identificarea undei P de pe componenta de Est. (b) Seismogramele după o rotație de  $+30^\circ$ : amplitudinea undei este anulată. E: componenta de Est. N: componenta de nord. Z: componenta verticală.

### c. Estimați valoarea azimutului invers de pe polaritatea undei P pe componenta verticală

În acest caz, unda P este afișată invers pe componenta verticală (Fig. 3): azimutul invers este egal cu azimutul.

Fișa de informații din SeisGram2K indică un azimut egal cu  $329.5^\circ$ . Acest azimut corespunde direcției epicentrale de la Nordul geografic până la stație: este egal cu unghiul dintre nordul geografic minus azimutul invers (în sensul invers al acelor de ceasornic).

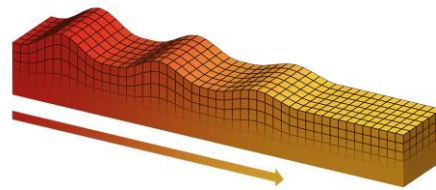
# Determinați locația unui cutremur de pe Marte cu un singur seismometru

## 1. Introducere & Pb

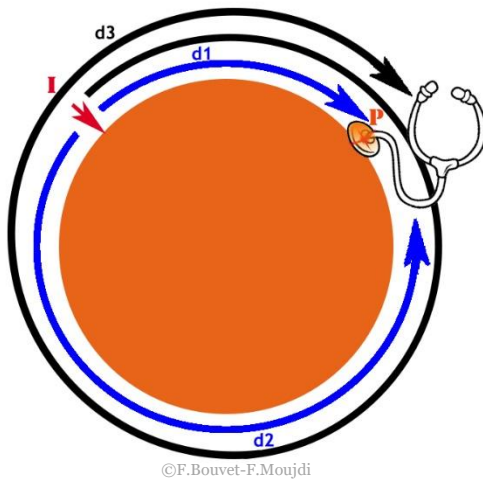
Să încercăm să înțelegem cum este posibil să localizăm originea undelor seismice create de impactul cu un meteorit sau de un cutremur cu ajutorul unui singur seismometru.

Teoretic, cum Marte are un perimetru mic, cercetătorii speră să înregistreze mai multe propagări ale undelor unui singur seism sau impact, decalate în timp.

Undele care înconjoară planeta de mai multe ori sunt undele de suprafață Rayleigh.



Principiul deplasării unei unde de suprafață (© IPGP/David Ducros).



©F.Bouvet-F.Moujdi

**I:** punctul de impact, originea undei seismice.

**P:** seismometru

**T<sub>1</sub>:** timpul în care undele seismice parcurg distanța **d<sub>1</sub>**

**T<sub>2</sub>:** timpul în care undele seismice parcurg distanța **d<sub>2</sub>**

**T<sub>3</sub>:** timpul în care undele seismice parcurg distanța **d<sub>2</sub>+2d<sub>1</sub>** sau **d<sub>3</sub>**

**2. Vârsta elevilor:** 15 – 17 ani

## 3. Obiective

Misiunea InSight speră să localizeze un seism pe Marte cu ajutorul unui singur seismometru. Distanța dintre epicentru, punctul de la suprafață care sondează suprafața zonei de origine a unui cutremur (numit focar) și stația care detectează unda sunt ușor de calculat măsurând diferența dintre timpul de sosire al undei P (cea care ajunge prima la seismometru) și timpul de sosire al undei S (a doua undă care ajunge la stație). Rata de eroare în cazul de față este de doar 10%.

Pentru a localiza epicentru, în plus față de distanța de la stație, este de asemenea necesar să se determine direcția undei, adică azimutul. Direcția de sosire a undelor seismice poate fi determinată de faptul că seismometrul SEIS măsoară semnalele seismice în cele trei direcții ale spațiului.

Studiind datele de pe planul orizontal furnizate de axele seismometrului, direcția poate fi aflată cu o rată de eroare de aproximativ 10%. În cadrul experimentului nostru, vom folosi un accelerometru pentru a simula funcționarea unui instrument SEIS.

## 4. Materii principale

Fizică – Geologie– Matematică

## 5. Subiecte adiționale

Arduino

## 6. Timp necesar: 2h

## 7. Cuvinte cheie.

Epicentru, unde de suprafață, frecvență, seismogramă

## 8. Materiale

- O minge de pilates, de perimetru 250 cm
- programul Audacity 1.2.6
- 1 celulă piezoelectrică
- 2 bare de polistiren
- 1 ruletă pentru măsurat
- 1 minge de 11,5g și 1,4cm suspendată de 1m cablu și fixată de un braț mobil

## 9. Context științific

Noțiuni ca propagarea undelor seismice, originile unui cutremur.

## 10. Proceduri

Plasați mingea pe barele de polistiren pentru a evita orice contact cu solul

Fixați cu bandă adezivă o celulă piezoelectrică pe minge

Determinați o zonă de impact de 115 cm de la celula piezoelectrică

Fixați brațul mobil astfel încât mingea să fie la același nivel cu zona de impact

Să experimentăm cu un model pentru a înțelege mai bine teoria.

Montajul instrumentului experimental de aproape





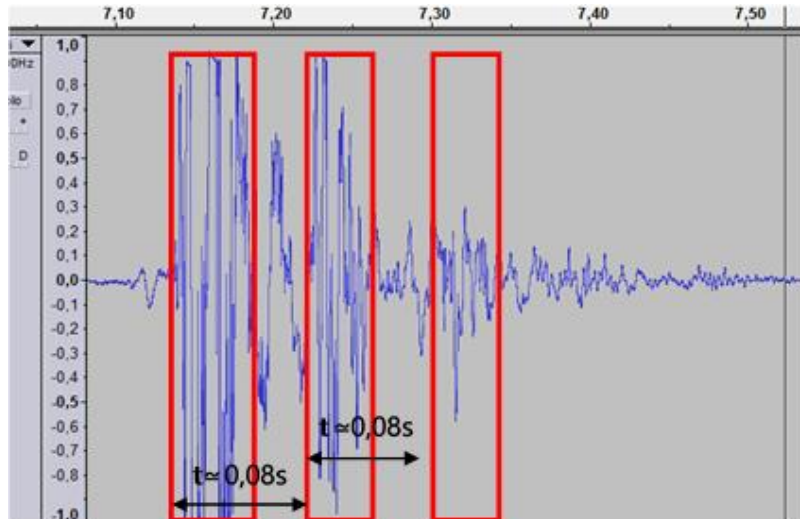
Luăți mai multe măsurători succesive cu impac de intensitate constantă.

Pentru a face acest lucru, mișcați mingea în așa fel încât cablul de care atâră să facă un unghi de  $60^\circ$  cu verticala.

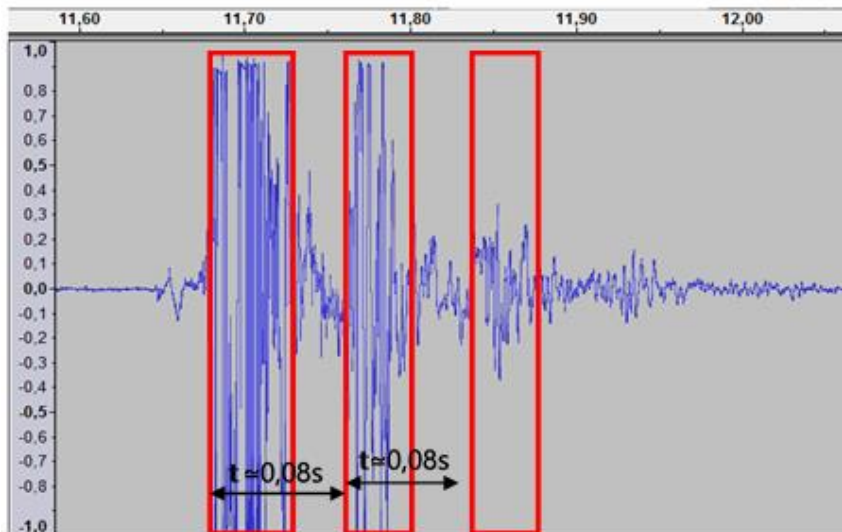
### Să analizăm rezultatele obținute:

Se pot observa mai multe treceri ale undelor, așa cum au prezis simulările cercetătorilor. Să determinăm timpul care a trecut între trecerile diverselor unde.

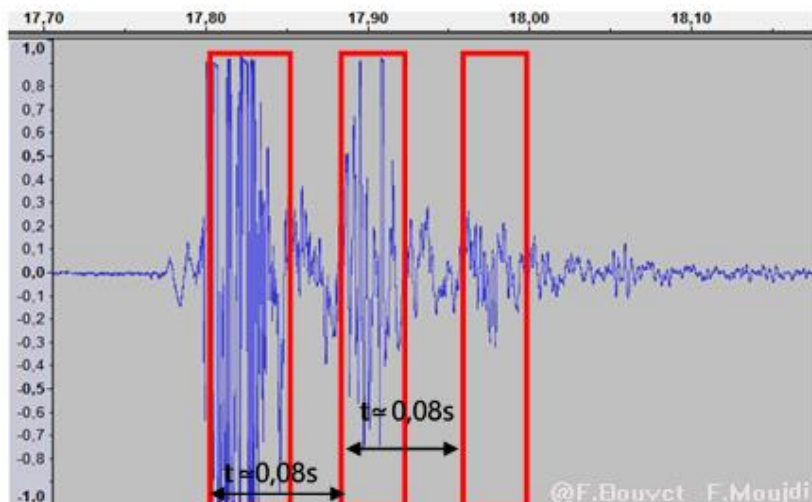
#### Înregistrare 1



#### Înregistrare 2



#### Înregistrare 3



Din rezultatele obținute, vom presupune că timpul care a trecut între fiecare trecere a undei corespunde cu timpul necesar ca aceasta să facă un ocol complet al mingii **d<sub>2</sub>+d<sub>1</sub>**

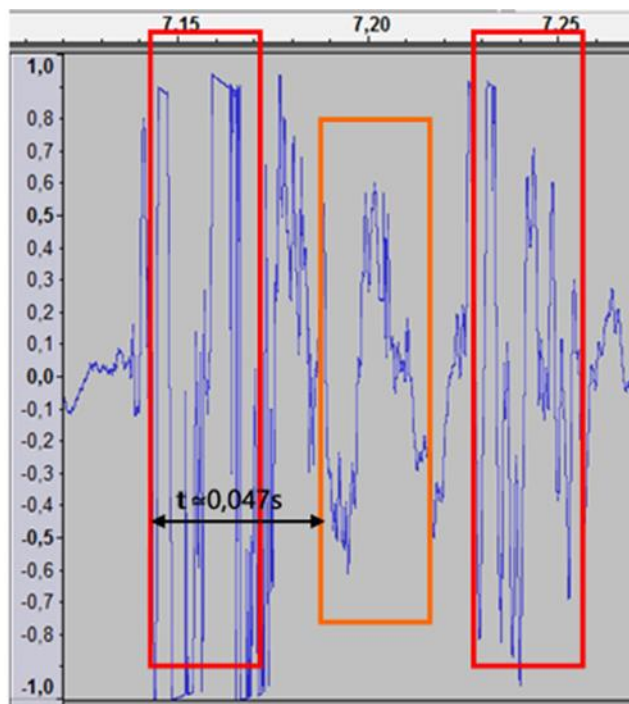
Vom putea astfel stabili o viteză de propagare estimativă a undei la suprafața mingii.

$$V = d / t = (d_1 + d_2) / t$$

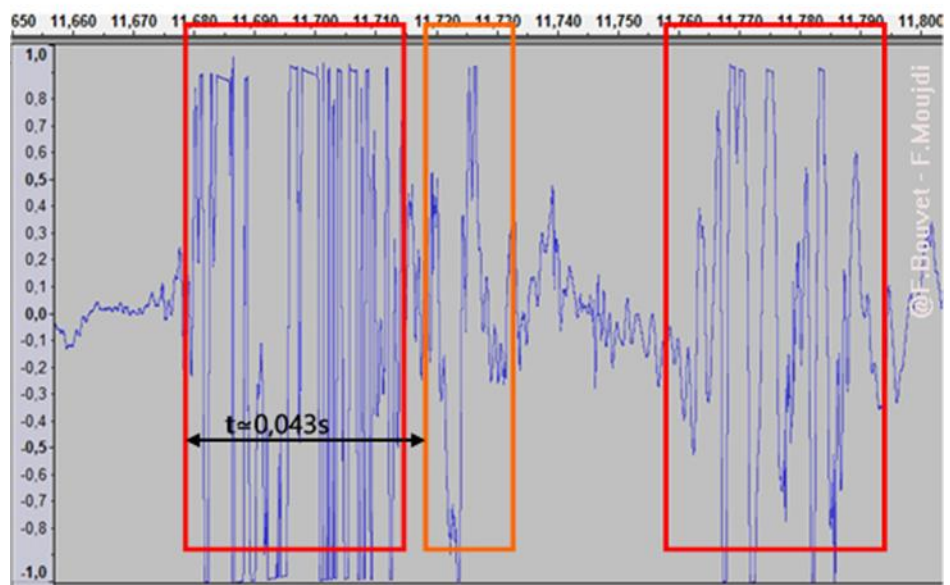
$$= 250 / 0,08 = \mathbf{3125 \text{ cm.s}^{-1}}$$

Să privim mai de aproape semnalele dintre primele două treceri ale undei. Încercăm să descoperim dacă undele care au parcurs distanța d<sub>2</sub> au fost detectate de celula piezoelectrică.

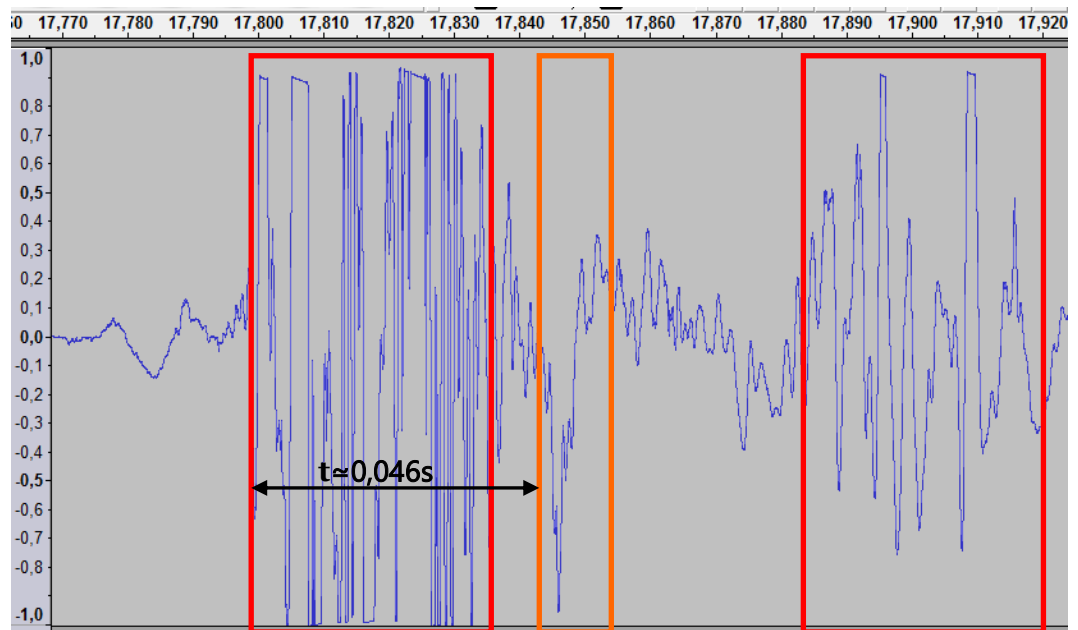
Înregistrare 1



Înregistrare 2



## Înregistrare 3



Să presupunem că acest semnal corespunde cu undele care au parcurs distanța  $d_2$ .

Putem estima o zonă de impact.

$$d_2 = v_x t_2$$

Conform valorilor obținute, obținem

$$3125 \times 0,043 \leq d_2 \leq 3125 \times 0,047$$

$$134 \text{ cm} \leq d_2 \leq 146 \text{ cm}$$

De aici, putem deduce că

$$250 - 146 \leq d_1 \leq 250 - 134$$

$$104 \text{ cm} \leq d_1 \leq 116 \text{ cm}$$

Vom obține o estimare a distanței  $d_1$  care corespunde cu zona reală de impact (115cm).

## 11. Discuție pe baza rezultatelor și concluzii

Distanța dintre seismometru și sursa seismului, timpul seismului și viteza medie la care undele parcurg suprafața planetei poate fi estimată combinând timpii de sosire  $R_1$ ,  $R_2$  și  $R_3$ . Seismele de magnitudine 4.5 sau mai mare sunt evenimente relativ rare pe Marte, dar geofizicienii estimează că pe durata misiunii (de un an marțian, egal cu doi ani terestri), va fi posibil să fim martori la aproximativ 3 sau 5 cutremure.

Este important să subliniem că eficiența tehnicilor care vor fi implementate pentru misiunea InSight au fost validate pe Pământ cu date obținute de la stații seismice singulare. (cf: activității de la studiul cutremurelor pe Terra cu un singur seismometru). Acestea au condus la descoperirea unuia dintre modelele de structură internă a Pământului folosit majoritar de către geofizicienii (PREM), având rate de eroare acceptabile.

Există totuși necunoscute și validitatea tehnicii rezumate mai sus nu poate fi confirmată până când oamenii de știință nu vor primi și analiza datele înregistrate pe Marte.

## **12. Activități propuse în continuare**

În cazul Lunii, geofizicienii au fost uimiți să descopere că scoarța lunară a cauzat o difracție enormă a undelor seismice, ce împiedică existența undelor de suprafață. Din moment ce scoarța planetei Marte, ca și scoarța Lunii, a fost supusă la coliziuni masive cu asteroizi încă de la începutul formării sistemului solar, ar putea de asemenea duce la o difracție a undelor seismice; ceea ce ar însemna o analiză foarte complicată.

## **13. Pentru a afla mai multe (resurse adiționale pentru profesori)**

- <https://www.seis-insight.eu/en/public-2/martian-science/seismic-activity>

- Geologia planetei Marte, editată de Mary Chapman



# Mingi de plastilină: cum putem explora interiorul planetei Marte?

## 1. Introducere & Pb

De-a lungul ultimelor secole, mai mulți cercetători în geofizică și-au concentrat eforturile pentru a descoperi structura internă a planetei Pământ. În afară de observarea rocilor de pe suprafața Pământului și de analizarea și testarea lor folosind diverse metode, a fost dezvoltată o gamă variată de instrumente care să descopere structura planetei.

În 1970, super-adâncă gaură de foraj de la Kola nu a reușit să atingă adâncimea pentru care a fost construită: trebuia să facă o gaură de 15 km în adâncime în Peninsula Kola (pe teritoriul fostei URSS). Această gaură care este cea mai adâncă din cele forate până acum pe Pământ a atins o adâncime de 12,262 metri. Așadar, geofizicienii nu au avut acces direct la nici o rocă mai jos de această adâncime.

Odată ce s-a dovedit că metode directe ca aceea de a foră în interiorul Pământului nu pot furniza informații despre structura internă a întregului Pământ (radiusul lui fiind de 6,400 km), cercetătorii și-au îndreptat atenția pe dezvoltarea unor metode mult mai indirecte testate încă din secolul 19. Rafinarea acestor tehnici și dezvoltarea acurateții lor au însemnat o contribuție majoră la cunoștințele noastre actuale a structurii interne a Pământului, ca și a proceselor dinamice ce au loc adânc în interiorul planetei.

Aceste metode includ:

- Calcularea densității medii a Pământului știind masa și volumul.
- Studiarea undelor seismice ce traversează straturile planetei de fiecare dată când are loc un cutremur oriunde pe Pământ.
- Studiarea și analizarea meteoritilor ce cad pe suprafața Pământului.
- Studiarea câmpului magnetic general al Pământului și factorii ce îl cauzează.
- Studiul mișcării de rotație a Terrei (inerția de rotație).

## 2. Vârsta elevilor 14 - 18 ani

## 3. Obiective

Elevii pot:

- propune ipoteze pe care să le discute cu ceilalți elevi
- sugereze metode pentru testarea acestor ipoteze
- sugereze care dintre metode pot fi folositoare pentru a investiga Pământul
- sugereze care dintre metode pot fi folositoare pentru a investiga planeta Marte cu tehnologia actuală

## 4. Materii principale

- Geofizică
- Fizică
- Matematică

## 5. Materii adiționale

Tehnologie

**6. Timp necesar** 30 minute

## 7. Cuvinte cheie.

Structură internă, Terra, Marte, ipoteze științifice, testare, sondare, densitate, unde seismice, magnetism, sfere, meteoriți.

## 8. Materiale

- plastilină™ de două culori
- bile mici de rulmenți
- câteva scobituori
- un Magnaprobe™
- un cântar (opțional)
- un șubler micrometric (opțional)

## 9. Context științific

Elevii vor fi puși față în față cu o problemă de rezolvat când li se vor da două mingi de plastilină de aceeași mărime, dar de greutate diferită. Vor fi rugați să vină cu ipoteze care să se potrivească cu faptul că cele două sfere care arată la fel la suprafață (în afară de culoarea pe care o au) au proprietăți fizice diferite (masa și, în consecință, densitatea).

Apoi, vor fi rugați să sugereze metode pentru a testa care este structura internă a ambelor mingi și să decidă care dintre acestea sunt folosite pentru studierea structurii interne a unei planete ca Terra sau Marte.

## 10. Proceduri

Dați fiecărui grup de trei elevi două mingi de culori diferite, dar de aceeași mărime, și întrebați-i dacă simt vreo diferență între cele două. Își vor da rapid seama că greutatea și, în consecință, densitatea diferă.



Figura 1: Două mingi de aceeași mărime, dar de greutate diferită. Cea verde este mai ușoară, iar cea roșie mai grea

Rugați-i să sugereze ipoteze care pot explica diferența dintre cele două mingi. Pot veni cu cinci soluții diferite:

- cele două mingi sunt făcute din două tipuri de plastilină de densitate diferită
- una dintre mingi are ceva mai greu înăuntru
- una dintre mingi are ceva mai ușor înăuntru
- densitatea unei mingi crește treptat în interiorul ei
- densitatea unei mingi scade treptat în interiorul ei

(Răspunsul corect este cel care spune că minge mai grea conține o bilă de rulment înăuntru)

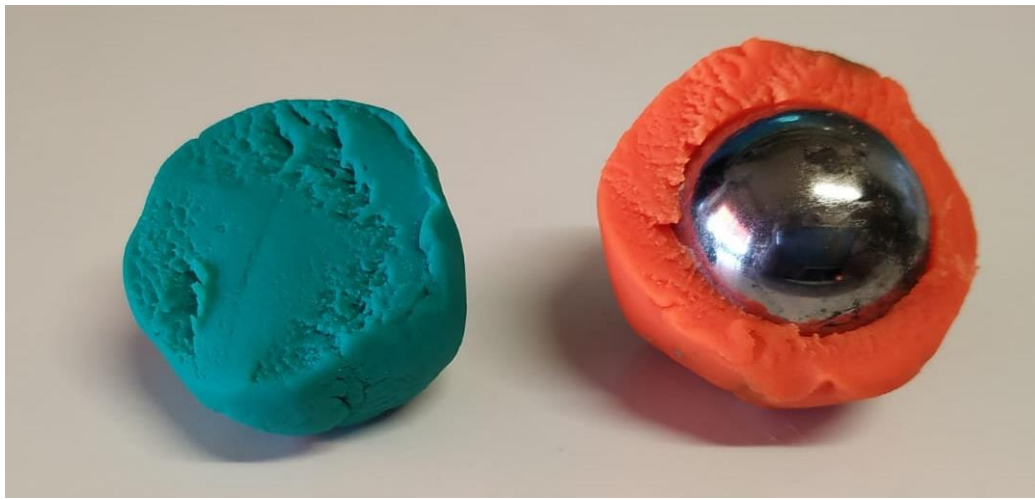


Figura 2: Cele două mingi secționate pentru a le arăta structura internă: verde, doar din plastilină; bilă de rulment în interiorul mingii roșii.

Acum întrebați-i cum, cu toată aparatul și tehnologia disponibilă pe Pământ, pot testa care este diferența dintre cele două bile.

*Răspunsuri posibile:*

- cântărind cele două bile (cu un cântar) și calculându-le densitatea
- găurindu-le (de exemplu, cu scobitori)
- testându-le magnetismul (cu o mică busolă)
- cu ajutorul razelor X
- cu ultrasunete (ca acelea folosite pentru a vedea un embrion înăuntrul uterului)
- prin rezonanță electromagnetică (RMN), cum se folosește în spitale
- radiație ionizantă (radiație alpha, beta sau gamma)
- cu ajutorul principiului de rotație a Pământului în jurul propriei axe

Întrebați apoi studenții care dintre aceste metode sunt potrivite pentru studierea structurii interne a Pământului.

### Răspunsuri posibile:

- cântărind cele două bile (cu un cântar) și calculându-le densitatea. *Da, calculele astronomice le permit cercetătorilor să afle masa Pământului și, cunoscând radiusul acestuia, putem calcula volumul, deci și densitatea Pământului*
- găurindu-le (de exemplu, cu scobitori). *Nu prea, cum nu s-a putut forța la mai mult de 13 km adâncime.*
- testându-le magnetismul (cu o mică busolă). *Da, există un câmp magnetic general în interiorul Pământului, corelat cu nucleul extern (lichid) și nucleul intern, din fier (solid). Poate fi detectat cu o busolă.*
- folosind razele X. *Nu, acestea nu pot penetra Pământul.*
- cu ultrasunete (ca acelea folosite pentru a vedea un embrion înăuntrul uterului). *Nu, acestea nu pot penetra Pământul. Infrasonetele sau undele seismice pot străpunge totuși Pământul și ne pot furniza informații utile despre straturile lui, ca și despre starea lor fizică (solidă sau lichidă).*
- prin rezonanță electromagnetică (RMN), ca aceea folosită în spitale. *Nu, aceasta nu poate penetra Pământul.*
- radiație ionizantă (radiație alpha, beta sau gamma). *Nu, doar radiația gamma poate ajunge la câțiva metri în interiorul unui bloc de ciment.*
- cu ajutorul principiului de rotație a Pământului în jurul propriei axe. *Da, felul în care Pământul se rotește poate sugera un nucleu mai dens în interior.*

Dați-le apoi elevilor încă două mingi din plastilină de culori diferite: una mai ușoară decât cea ușoară pe care o au deja (cu o minge din polistiren expandat, EPS, înăuntru) și încă una de aceeași greutate ca cea grea pe care o au deja (cu un magnet în formă de bară în interior).

Cereți-le să le ordoneze crescător, după densitate; rezultatele trebuie să fie:

1. nucleu din EPS
2. nucleu din plastilină
3. bila de rulment și cea cu nucleu din bara de magnet (de aproximativ aceeași densitate)

Apoi, întrebați-i care dintre cele patru mingi sunt mai puțin potrivite pentru a modela structura internă a unei planete. (Răspuns: 1 și 2, în mod normal, gravitația împinge materialul de structură mai grea să „ajungă” adânc în nucleul planetelor).

Dați-le câte o busolă și întrebați-i care dintre mingile 3 sau 4 se potrivește cu structura internă a Pământului și care se potrivește mai bine cu structura internă a planetei Marte. *Răspuns: cea cu magnet în interior se potrivește mai bine cu modelul Terrei pentru că planeta noastră are un câmp magnetic general asociat cu nucleul extern din fier topit, lichid, în timp ce Marte pare să aibă un nucleu de fier, dar solid în întregime, așadar nu are nici un câmp magnetic general)*

## 11. Discuție pe baza rezultatelor și concluzii

Elevii pot compara proprietățile fizice ale ambelor planete, Marte și Pământ, discuta care sunt cele mai bune metode pentru a le studia, care sunt metodele disponibile pentru fiecare planetă și compara gradul de cunoaștere pe care îl avem în cazul Terrei și în cazul planetei Marte.



## 12. Activități propuse în continuare

Elevii pot folosi un motor de căutare pe Internet pentru a căuta echipamentele folosite de sonda spațială InSight care a aterizat pe Marte. Cu aceste informații, ei pot discuta care dintre metodele sugerate pentru studiul structurii interne a Pământului se pot aplica și în cazul lui Marte, potrivit acestor echipamente.

De asemenea, pot folosi un cântar și un șubler micrometric pentru a calcula densitatea celor două sfere știind că formula pentru a calcula volumul unei sfere este:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

... și că densitatea ( $D$ ) este:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## 13. Pentru a afla mai multe (resurse adiționale pentru profesori)

- Această activitate a fost creată cu ajutorul Earthlearningidea “De la bile de plastilină la structura Pământului” de pe [www.earthlearningidea.com](http://www.earthlearningidea.com).
- <https://www.nasa.gov/>. Site-ul oficial al Administrației Naționale Aeronautice și Spațiale (NASA)
- Toate informațiile relevante despre misiunea InSight pot fi găsite accesând: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/for-insight-dust-cleanings-will-yield-new-science> .

# Mingi de plastilină: compararea planetelor

## 1. Introducere & Pb

Această activitate a fost creată în continuarea “Activității 4A. Cum putem explora interiorul planetei Marte”, în care elevii au învățat diferitele metode pentru studiul structurii interne a unei planete. Activitatea poate fi totuși îndeplinită individual și complet separat față de prima activitate.

Au fost dezvoltate două aspecte ale studiului structurii interne a unei planete de-a lungul acestei activități: distribuția maselor în interiorul planetei și prezența sau absența unui magnetism general.

## 2. Vârsta elevilor 14 – 18 ani

## 3. Obiective

Elevii pot:

- propune ipoteze pe care să le discute cu ceilalți elevi
- sugereze metode pentru testarea acestor ipoteze
- înțelege cum aceste proprietăți permit sau nu diferențierea Pământului de Marte
- calcula densitatea fiecărei mingi de plastilină și face comparația între rezultate
- decide care este modelul care se potrivește mai bine pentru planetele Terra și Marte

## 4. Materii principale

- Geofizică
- Fizică
- Matematică

## 5. Materii adiționale

Tehnologie

## 6. Timp necesar 20 minute

## 7. Cuvinte cheie.

Structură internă, Terra, Marte, ipoteze științifice, testare, sondare, densitate, magnetism, sfere, meteor

## 8. Materiale

- plastilină™ de culori diferite
- bile mici de rulmenți
- magneți
- bile mici din polistiren expandat (EPS)
- un Magnaprobe™
- un cântar
- un șubler micrometric

## 9. Context științific

Li se dau elevilor patru bile de plastilină de culori diferite și sunt informați despre compoziția bilelor.

Vor trebui să decidă care dintre cele patru modele de bilă ilustrează mai bine caracteristicile (distribuția maselor și magnetism) ale celor două planete, Marte și Terra.

## 10. Proceduri

Dați-le elevilor patru bile fără a le spune ce culoare are fiecare sferă. Cele patru sfere au aproximativ aceeași mărime și compoziția lor este următoarea:

- *sfera 1*: este făcută toată din plastilină
- *sfera 2*: mingea din plastilină conține o bilă din Polistiren Expandat (EPS) înăuntru
- *sfera 3*: conține o bilă de rulment înăuntru
- *sfera 4* conține un magnet de masa egală cu cea a bilei de rulment din *sfera 3*



Bilele 1 și 3 (verde și roșie), folosite la fel ca în Activitatea 3



Bila 3 arătând bila de polistiren din interior



Bila 4 arătând magnetul din interior

Întrebați-i apoi care dintre cele patru mingi prezintă caracteristici mai asemănătoare cu cea ce se presupune despre distribuția straturilor interne ale oricărei planete și care dintre cele patru mingi simulează mai bine structura internă a planetelor Terra, respectiv Marte.

(Răspunsul corect este mingea mai grea care conține o bilă de rulment înăuntru)

Întrebați-i apoi cum, cu toată tehnologia actuală disponibilă pe Pământ, pot testa diferența dintre cele două bile.

Răspunsuri posibile:

- cântărind cele două bile (cu un cântar) și calculându-le densitatea
- găurindu-le (de exemplu, cu scobitori)
- testându-le magnetismul (cu o mică busolă)
- cu ajutorul razelor X
- cu ultrasunete (ca acelea folosite pentru a vedea un embrion înăuntru uterului)
- prin rezonanță electromagnetică (RMN), cum se folosește în spitale
- radiație ionizantă (radiație alpha, beta sau gamma)
- cu ajutorul principiului de rotație a Pământului în jurul propriei axe

Întrebați apoi studenții care dintre aceste metode sunt potrivite pentru studierea structurii interne a Pământului.

Răspunsuri posibile:

- cântărind cele două bile (cu un cântar) și calculându-le densitatea. *Da, calculele astronomice le permit cercetătorilor să afle masa Pământului și, cunoscând radiusul acestuia, putem calcula volumul, deci și densitatea Pământului*
- găurindu-le (de exemplu, cu scobitori). *Nu prea, cum nu s-a putut forța la mai mult de 13 km adâncime.*
- testându-le magnetismul (cu o mică busolă). *Da, există un câmp magnetic general în interiorul Pământului, corelat cu nucleul extern (lichid) și nucleul intern, din fier (solid). Poate fi detectat cu o busolă.*
- Folosind razele X. *Nu, acestea nu pot penetra Pământul.*
- cu ultrasunete (care acelea folosite pentru a vedea un embrion înăuntru uterului). *Nu, acestea nu pot penetra Pământul. Infrasonetele sau undele seismice pot străpunge totuși Pământul și ne pot furniza informații utile despre straturile lui, ca și despre starea lor fizică (solidă sau lichidă).*
- prin rezonanță electromagnetică (RMN), ca aceea folosită în spitale. *Nu, aceasta nu poate penetra Pământul.*
- radiație ionizantă (radiație alpha, beta sau gamma). *Nu, doar radiația gamma poate ajunge la câțiva metri în interiorul unui bloc de ciment.*
- cu ajutorul principiului de rotație a Pământului în jurul propriei axe. *Da, felul în care Pământul se rotește poate sugera un nucleu mai dens în interior.*



Dați-le apoi elevilor încă două mingi din plastilină de culori diferite: una mai ușoară decât cea ușoară pe care o au deja (cu o minge din polistiren expandat, EPS, înăuntru) și încă una de aceeași greutate ca cea grea pe care o au deja (cu un magnet în formă de bară în interior).

Cereți-le să le ordoneze crescător, după densitate; rezultatele trebuie să fie:

1. nucleu din EPS
2. nucleu din plastilină
3. bila de rulment și cea cu nucleu din bara de magnet (de aproximativ aceeași densitate)

Apoi, întrebați-i care dintre cele patru mingi sunt mai puțin potrivite pentru a modela structura internă a unei planete. (Răspuns: 1 și 2, în mod normal, gravitația împinge materialul de structură mai grea să „ajungă” adânc în nucleul planetelor).

Dați-le câte o busolă și întrebați-i care dintre mingile 3 sau 4 se potrivește cu structura internă a Pământului și care se potrivește mai bine cu structura internă a planetei Marte. Răspuns: cea cu magnet în interior se potrivește mai bine cu modelul Terrei pentru că planeta noastră are un câmp magnetic general asociat cu nucleul extern din fier topit, lichid, în timp ce Marte pare să aibă un nucleu de fier, dar solid în întregime, așadar nu are nici un câmp magnetic general)

## 11. Discutarea rezultatelor și concluzii

Elevii pot compara proprietățile fizice ale ambelor planete, Marte și Pământ, discuta care sunt cele mai bune metode pentru a le studia, care sunt metodele disponibile pentru fiecare planetă și compara gradul de cunoaștere pe care îl avem în cazul Terrei și în cazul planetei Marte.

## 12. Activități propuse în continuare

Elevii pot, de asemenea, calcula densitatea celor patru sfere, folosind o riglă și un șubler și cunoscând formula pentru a calcula volumul unei sfere:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

... iar densitatea (D) este:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## 13. Pentru a afla mai multe (resurse adiționale pentru profesori)

- Această activitate a fost creată cu ajutorul Earthlearningidea “De la bile de plastilină la structura Pământului” de pe [www.earthlearningidea.com](http://www.earthlearningidea.com).
- <https://www.nasa.gov/>. Site-ul oficial al Administrației Naționale Aeronautice și Spațiale (NASA)
- Toate informațiile relevante despre misiunea InSight pot fi găsite accesând: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/for-insight-dust-cleanings-will-yield-new-science> .

# Seismograma: un semnal complex

## 1. Introducere & Pb

Mișcarea pământului este rezultatul sosirii mai multor unde, fiecare având propria frecvență. Seismometrele înregistrează continuu mișcarea solului și acest semnal continuu, fără sosirea undelor seismice, este considerat zgomot seismic ambiental.

Când un cutremur este corect înregistrat, undele seismice sunt identificate clar în contrast cu zgomotul microseismic continuu. Dar câteodată, aceste unde deși sunt detectate, nu sunt perceptibile. Cunoscând domeniile de frecvență, putem găsi un cutremur ascuns în zgomotul de fundal.

## 2. Vârsta elevilor: 15 – 17 ani

## 3. Obiective

Filtrarea unei seismograme aplicând un filtru de bandă adaptat pentru a observa undele seismice.

## 4. Materii principale

Științele Pământului - Fizică

## 5. Materii adiționale

Calculator: Noțiuni introductive cu programul Audacity

## 6. Timp necesar: 2h

## 7. Cuvinte cheie.

Seismogramă - Frecvență - unde seismice

## 8. Materiale

### Programe folosite:

- Data de la rețeaua RESIF
- SeisGram2K80\_ECOLE© : <http://edumed.unice.fr/fr/tools-lab>

### Date :

- Cutremurul de Mw 4.8 de pe 1 Ianuarie 2019 (Grecia), înregistrat de stația seismică CALF (Observatorul de pe Coasta de Azur, Calern, France).
- Cutremurul de Mw 6.3 de pe 1 Decembrie 2018 (Indonezia), înregistrat de stația seismică CALF.

## 9. Context științific

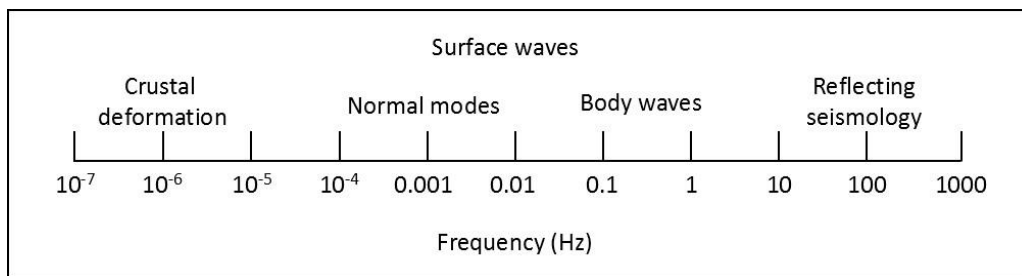
Noțiuni introductive cu Seismogram2K -

## 10. Proceduri

### Pasul 1: procesarea seismului din Grecia pentru a afișa undele P

Seismogramele originale/brute sunt selecții ale semnalului seismic unde undele seismice ar trebui să fie perceptibile. Verificând fiecare componentă, nu se observă nici o undă seismică. Asociată cu magnitudinea ( $M_w$  4.8) și distanța epicentrală ( $15.87^\circ$ ). Luând o accelerație medie a unei P de 8 km/s (față de distanța epicentrală), prima undă P ar trebui să sosească la 11:45:43 a.m.

Cu ajutorul scalei următoare de frecvențe, elevii pot estima o serie de frecvențe specifice pentru undele de volum.

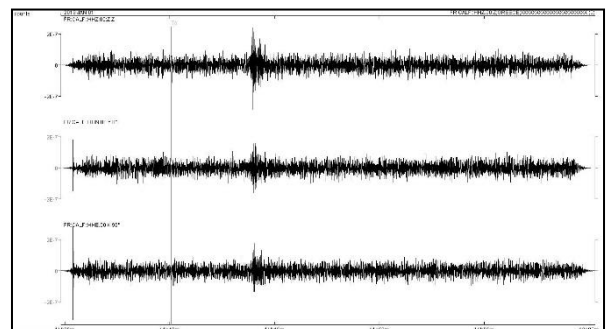
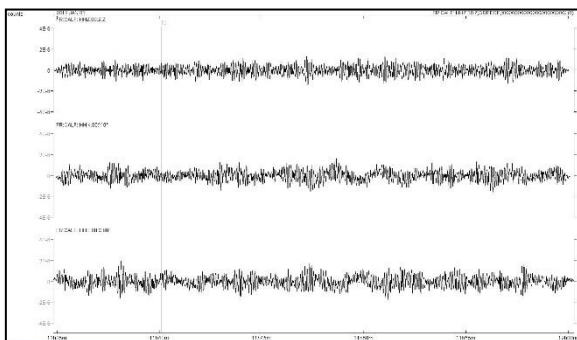


Această scală (din Stein și Wysession, 2013) este o scală de referință. Elevii pot observa că frecvențele undelor de volum se întind pe un interval de valori care începe de la valori mai mici decât 0.01 Hz și mai mari decât 1 Hz.

**Exercițiu:** testați diferite valori limită pentru un filtru de bandă pentru a evidenția undele seismice.

În acest caz, valoarea mai mică a filtrului de bandă trebuie să fie mai mare sau egală cu 1 Hz. O valoare mai mare nu are nici o influență în apariția undelor seismice.

### Rezultate:



### Pasul 2: procesarea cutremurului din Indonezia pentru a afișa undele P

Ca în exemplul anterior, nici o undă seismică nu este detectabilă în datele brute.

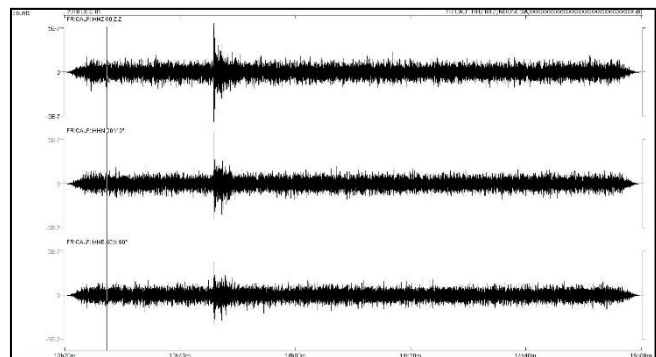
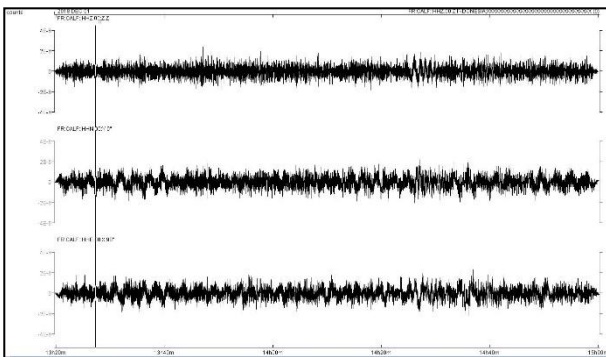
**Exercițiu:** elevii sunt rugați să găsească din nou valori adaptate pentru aplicarea filtrului de bandă care va permite evidențierea undelor seismice.

În acest exemplu, valoarea mai mică pentru aplicarea filtrului de bandă pentru a afișa unda P poate fi mai mare sau egală cu 0.5 Hz.

**Prima concluzie:** deși undele seismice nu sunt perceptibile pe seismograme, ele pot fi evidențiate cu o procesare adaptată. Cei doi pași arată că undele P sunt ușor de observat în intervale de frecvență mai mari de 1 Hz.

Dar ce se întâmplă cu undele S și cu undele de suprafață?

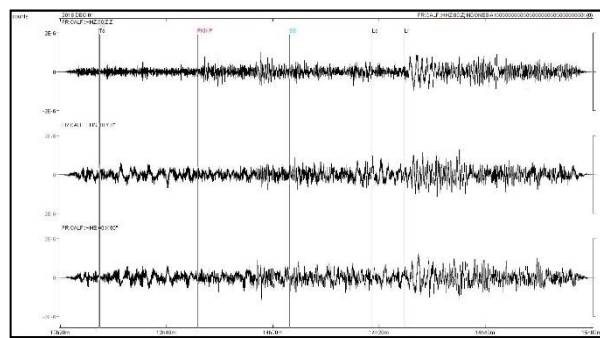
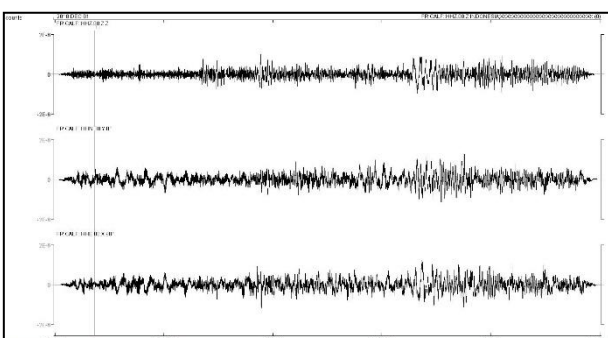
Rezultate:



### Pasul 3: procesarea cutremurului indonezian pentru a afișa undele P, S și undele de suprafață

**Exercițiu:** elevii sunt rugați să găsească valori adaptate pentru a pune în evidență undele P, S și undele de suprafață.

În exemplul de față, valorile din intervalul 0.01 - 0.1 Hz ne permit să afișăm undele de volum și undele de suprafață. Alegerea timpilor teoretici de sosire cu SeisGram2K ne permite să identificăm ușor diferitele pachete de forme de undă. Undele Rayleigh sunt ușor de afișat și de identificat.



## **11. Discuție pe baza rezultatelor și concluzii**

Seismogramele au un conținut de bandă largă de frecvență, iar undele seismice pot fi ascunse în zgomotul seismic de fundal, pe Terra, ca și pe Marte. Cercetătorii vor fi nevoiți să proceseze cu acuratețe datele ce vor fi obținute pentru a detecta undele de la viitoarele impacturi și cutremure de pe Marte.

## **12. Activități propuse în continuare**

## **13. Pentru a afla mai multe (resurse adiționale pentru profesori)**

### **Concluzia principală:**

Seismogramele au un conținut de bandă largă de frecvență, iar undele seismice pot fi ascunse în zgomotul seismic de fundal, pe Terra, ca și pe Marte. Cercetătorii vor fi nevoiți să proceseze cu acuratețe datele ce vor fi obținute pentru a detecta undele de la viitoarele impacturi și cutremure de pe Marte.



# Parametrii atmosferici și impactul lor asupra datelor seismice

## 1. Introducere & Pb

Stațiile seismice sunt concepute să detecteze mișcări infinitezimale ale pământului. Componentele electronice ale stației pot fi impactate de mișcările solului și, de asemenea, de parametrii atmosferici. Vă propunem aici seismograme în care semnalul continuu nu este drept: se observă curburi ale semnalului pe parcursul mai multor zile.

## 2. Vârsta elevilor: 15 – 17 ani

## 3. Obiective

Filtrarea zgomotului microseismic prin detectarea variațiilor atmosferice în semnal

## 4. Materii principale

Științele Pământului - Fizică

## 5. Materii adiționale

## 6. Timp necesar 2H

## 7. Cuvinte cheie.

Seismogramă - Frecvență - unde seismice

## 8. Materiale

**Materiale de suport folosite:**

- Date de la rețeaua RESIF
- SeisGram2K80\_ECOLE© : <http://edumed.unice.fr/fr/tools-lab>

**Date :**

- Semnal seismic continuu din 3 Februarie până pe 7 Februarie 2019, înregistrat de stația MYLF (Forcalquier, Alpes de Haute Provence, Observatorul de pe Coasta de Azur).

## 9. Context științific

## 10. Proceduri

**Pasul întâi: Analiza semnalului continuu.**

Elevii vor trebui să descrie semnalele continue prezente în imaginea din Figura 1.

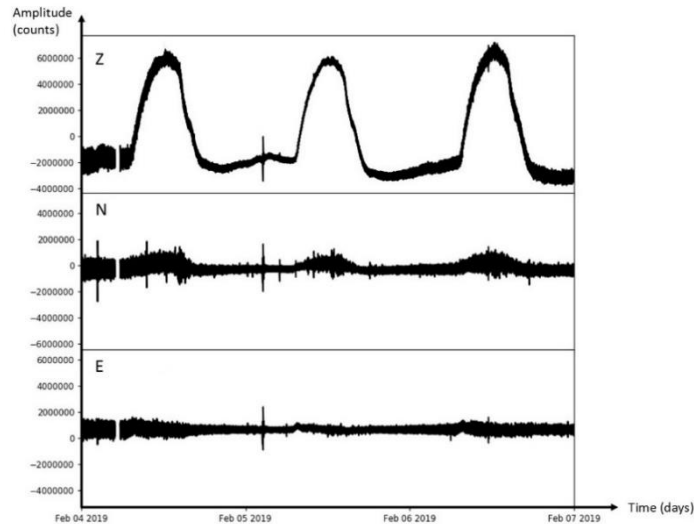


Figura 1. Înregistrări de la stația seismică MLYF (din 4 Februarie până în 7 Februarie 2019). E: componenta de Est. N: componenta de Nord. Z: componenta verticală.

În acest exemplu, elevii trebuie să evidențieze faptul că semnalul de pe componenta Z este în mod clar perturbat: în fiecare zi, semnalul formează un arc ce crește până la jumătatea zilei și mai apoi descrește. Acest fenomen se poate observa și în semnalul de pe componenta de Nord. Componenta de Est pare mai puțin impactată.

**Pasul doi: Găsiți parametrul fizic care poate produce abaterea de la semnalul continuu.**

Seismograma înregistrată pe componenta verticală poate fi folosită pentru a facilita analiza semnalului continuu.

**Pasul trei:**

În acest caz, un seism este înregistrat la 02h29m06s.

Dar pe acest semnal continuu sunt înregistrate patru alte seisme (Fig. 2).

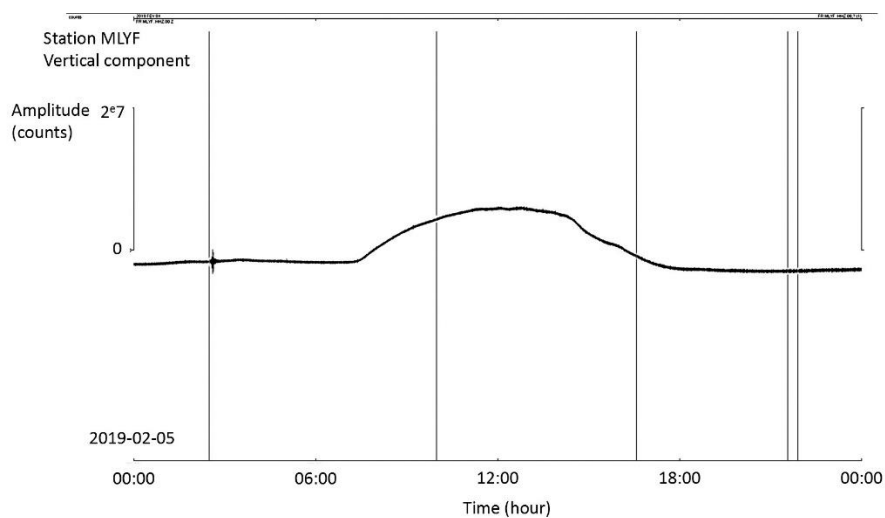


Figura 2. Semnal continuu înregistrat de stația MLYF (5 Februarie, 2019). Linii negre verticale: identificarea cutremurelor înregistrate în această zi.

## Pasul patru: Observarea acestor seisme

Cu ajutorul SeisGram2K și a funcțiilor zoom și scroll, încercați să identificați undele seismice marcate în figura 2 și găsiți seismul analog în tabelul 1.

time	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Depth (km)	Magnitude
02/05/2019 02:23:20	44.623	6.999	5.22619	1.10
02/05/2019 02:59:21	44.620	6.996	5.90243	0.98
02/05/2019 03:14:54	44.627	6.995	3.97904	1.05
02/05/2019 03:24:12	44.632	6.994	4.50887	0.67
02/05/2019 03:30:24	44.622	7.002	5.23938	0.78
02/05/2019 03:46:13	44.631	7.004	5.74260	0.99
02/05/2019 06:40:26	44.321	7.203	2.69562	0.89
02/05/2019 11:08:10	43.431	6.337	3.15283	1.66
02/05/2019 16:33:52	43.600	5.367	0.00	2.20
05/02/2019 02:19:15	44.510	10.100	22.00	2.3
05/02/2019 06:54:58	43.420	12.470	9.00	2.1
05/02/2019 08:30:59	45.860	7.050	2.00	3.1
05/02/2019 08:31:00	45.850	7.080	10.00	3.1
05/02/2019 09:02:50	45.840	7.030	5.00	2.4
05/02/2019 09:52:45	45.970	6.970	8.00	3.0
05/02/2019 09:55:54	45.880	7.040	8.00	1.5
05/02/2019 11:47:51	44.440	12.190	32.00	2.2
05/02/2019 21:32:59	46.030	5.600	5.00	3.4
05/02/2019 21:52:57	45.980	5.580	10.00	3.2

*Tabel 1. Catalogul seismicității din 5 Februarie 2019 (Din catalogul Centrului Seismologic European – Mediteranean și din catalogul laboratorului Géoazur). Zona acoperită este centrată pe Regiunea PACA și Nordul Italiei.*

## 11. Discuție pe baza rezultatelor și concluzii

Parametrii meteorologici pot avea o influență dacă senzorii nu sunt bine izolați de mediul înconjurător. Pe Marte, seismometrul SEIS este protejat de o cupolă împotriva activității seismice, ca și de variații de temperatură sau de vânt. Această cupolă poate rezista la vijelii de 216 km/h și poate rămâne intactă chiar și la rafale de vânt de până la 360 km/h (<https://www.seis-insight.eu/en/public-2/seis-instrument/wts>).