

COURS DISPONIBLE SUR INTERNET

Serveur step.ipgp.jussieu.fr

→ TICE

→ Serveur de Cours

PLAN

1°) Energie et températures dans la Terre

2°) Eléments de dynamique

3°) Champ de pesanteur

4°) Mesure de la déformation

5°) Sismologie et tremblements de terre

6°) Chimie des roches

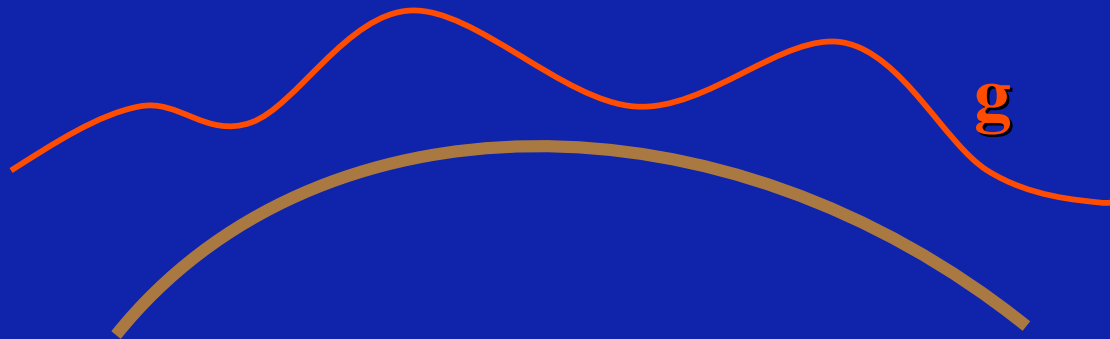
Chapitre 3

Champ de pesanteur (suite et fin)

La Terre n'est pas homogène.

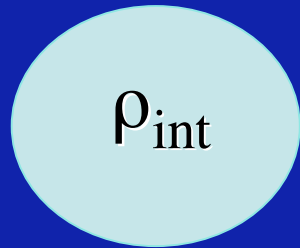
- ρ varie en fonction de
- la composition des roches
 - de la température.

Donc g varie à la surface terrestre.



Anomalies de pesanteur

ρ_{ext}



Volume V



Volume V

Anomalie de masse

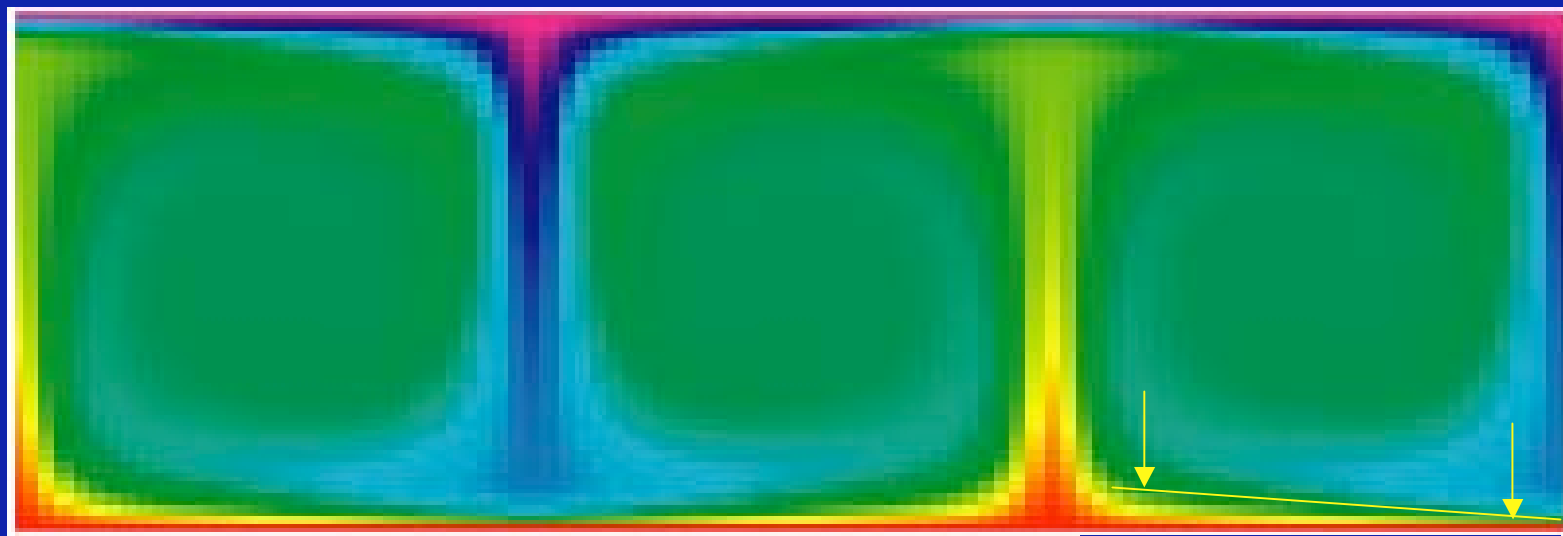
$$\Delta m = \Delta\rho V$$

(>0 ou <0)

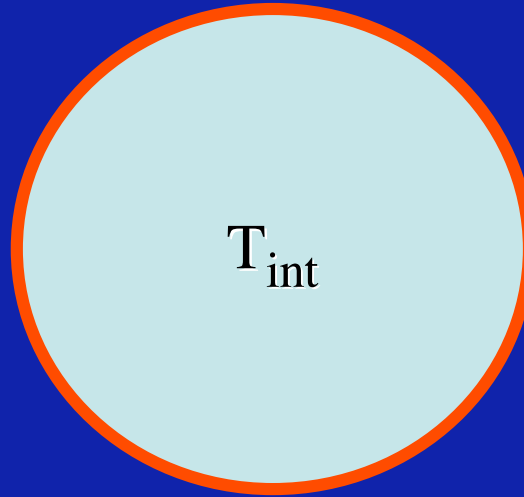
$$\Delta m > 0 \longrightarrow \Delta g > 0$$

$$\Delta m < 0 \longrightarrow \Delta g < 0$$

ANOMALIES ASSOCIEES AUX VARIATIONS DE TEMPERATURE



T_{ext}

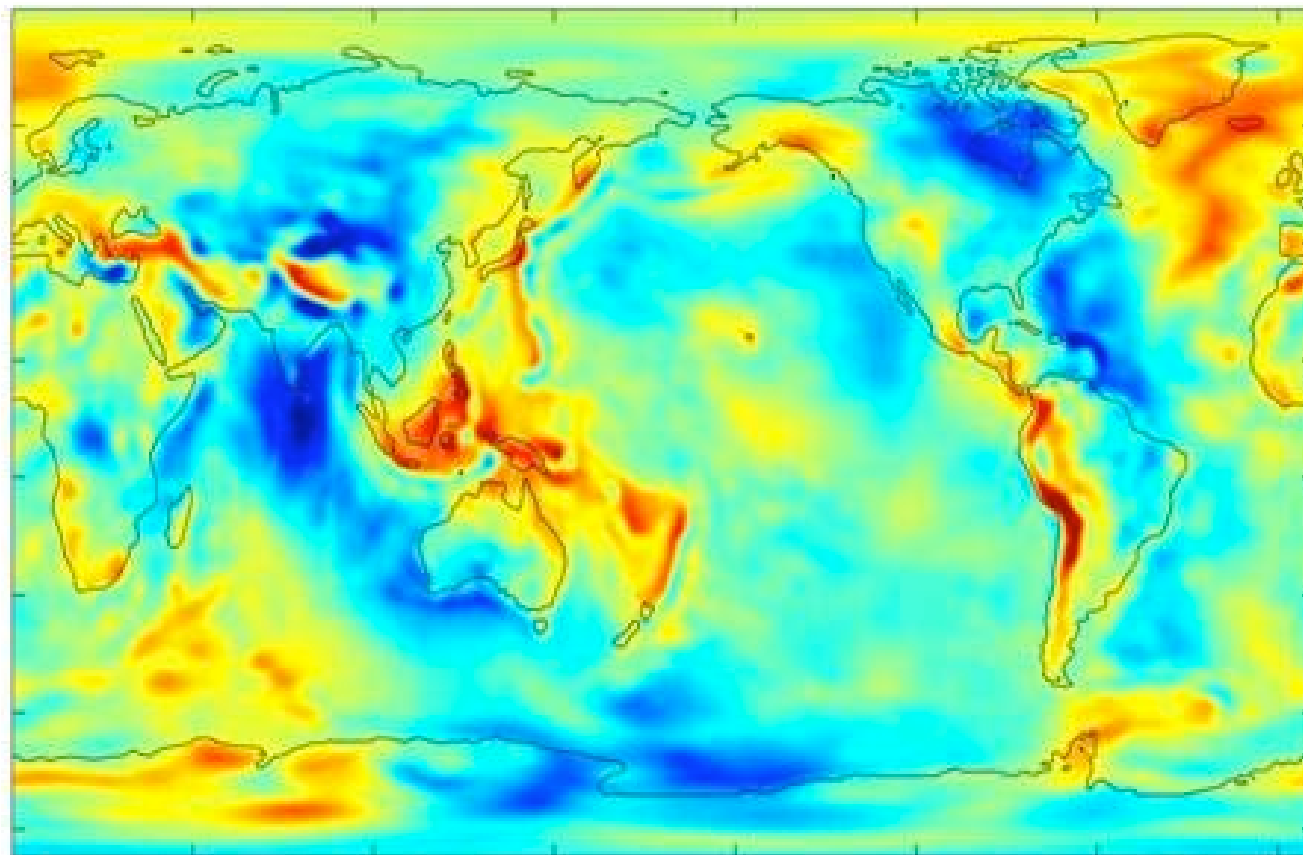


$$\Delta T = T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$$

Anomalie de masse: $\Delta m = \Delta \rho V = -\rho_0 \alpha \Delta T V$

$\Delta T > 0$ (zone chaude) : $\Delta m < 0$, $\Delta g < 0$

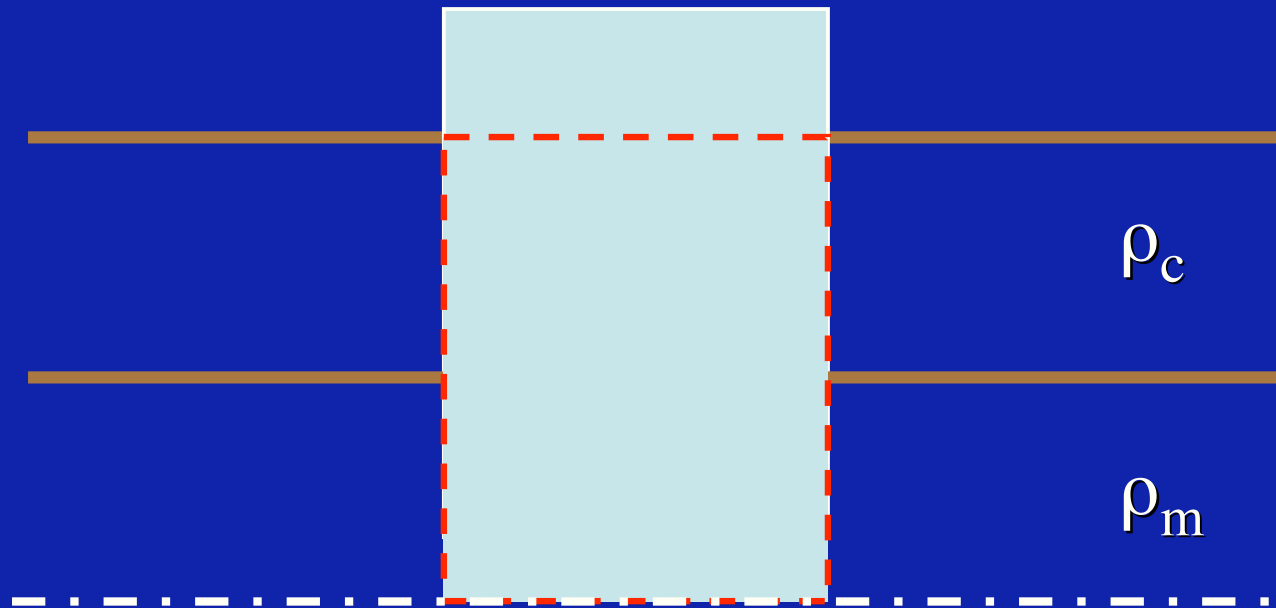
$\Delta T < 0$ (zone froide) : $\Delta m > 0$, $\Delta g > 0$



-60 -40 -20 0 20 40 60

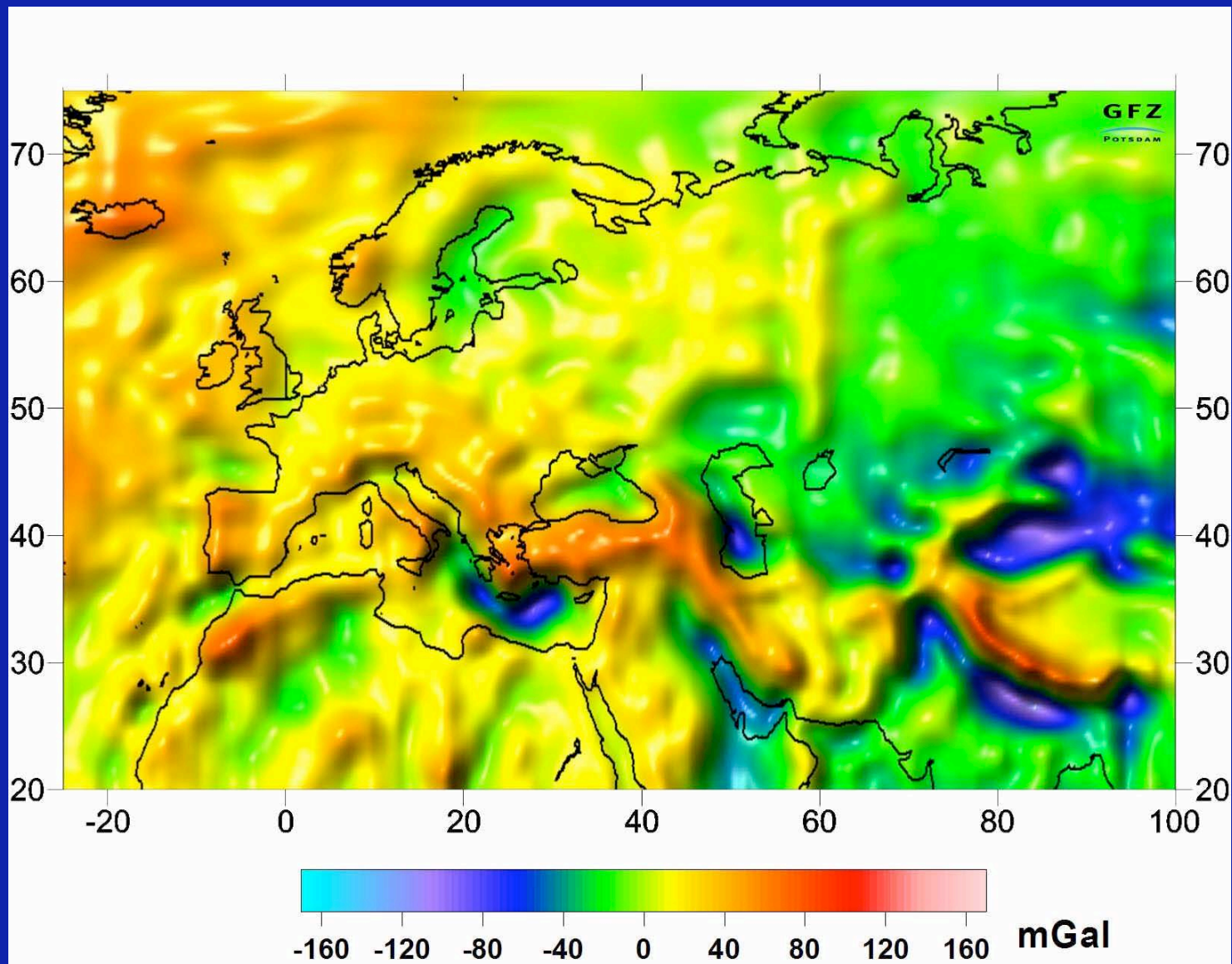
Gravity Anomaly (mGal)

**Chaînes de montagnes :
relief et racine
(compensation isostatique).**



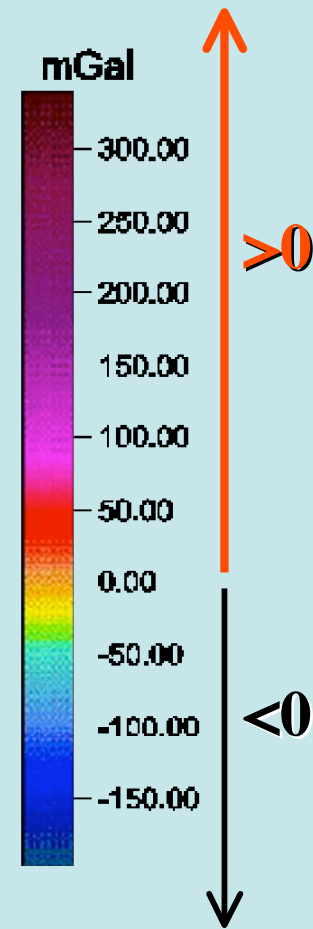
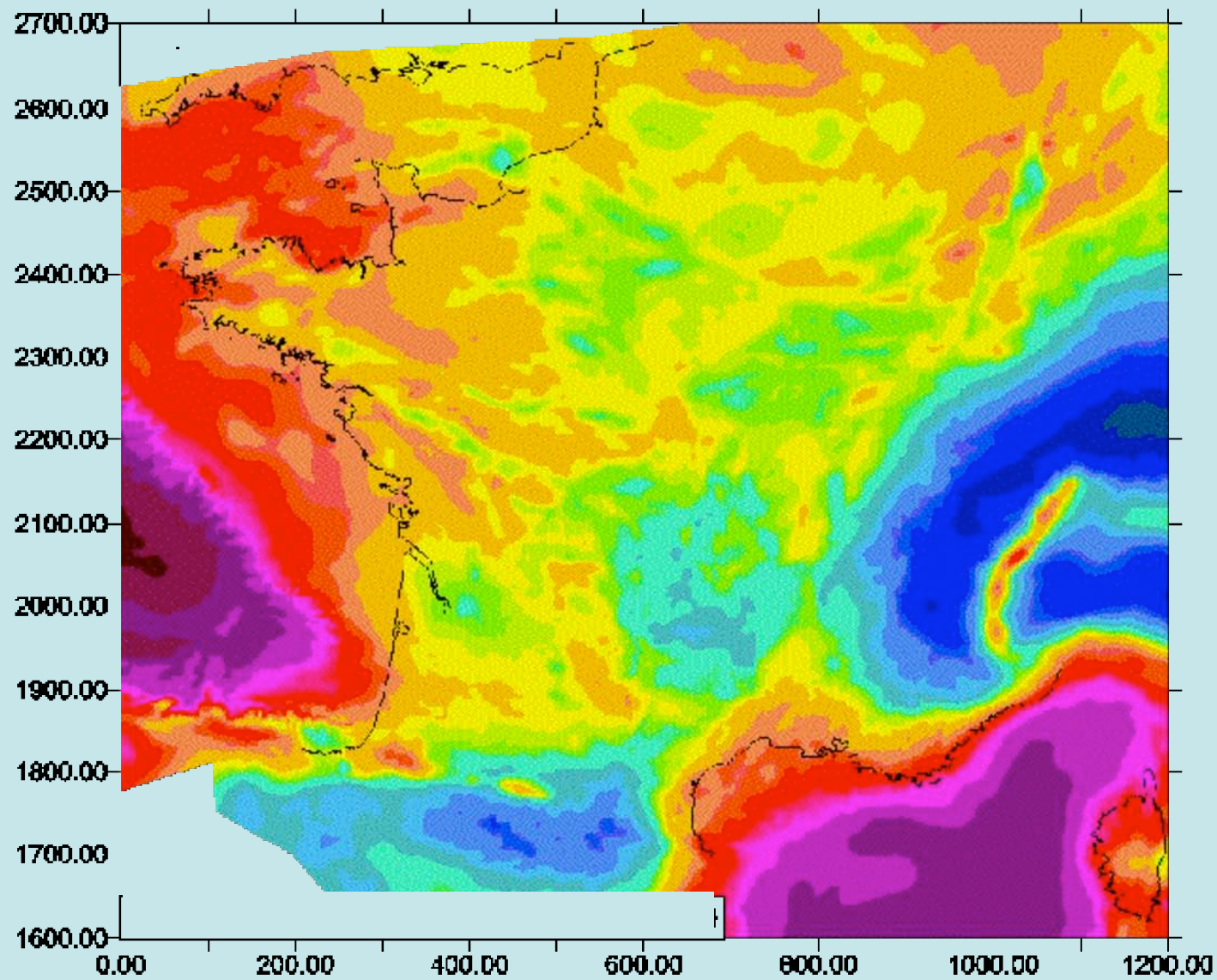
Relief = excès de masse
Racine = déficit de masse

Anomalie plus faible.



ANOMALIES DUES A LA COMPOSITION DE LA CROUTE

Roches sédimentaires	2.2 - 2.7
Granites	2.6 - 2.7
Gabbros	2.8 - 3.0
Gneiss (socle cristallin)	2.5 - 3.1
Péridotite (manteau)	3.0

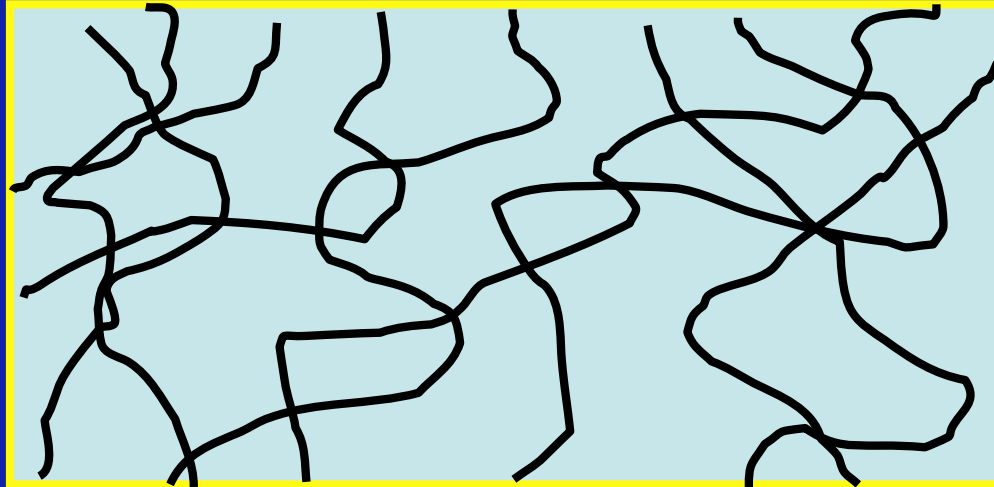


ANOMALIES DUES A L'EAU DANS LES NAPPES PHREATIQUES

Roches sédimentaires

2.2 - 2.7

Roche saturée en eau plus dense que roche sèche.



$$\text{Porosité } \alpha = \frac{V(\text{pores}) + V(\text{fractures})}{V_{\text{total}}} = \frac{V_o}{V_{\text{total}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Masse totale} &= \text{masse(eau)} + \text{masse(roche)} \\ &= \rho_e V_o + \rho_r V_{\text{roche}} \\ &= \rho_e \alpha V_{\text{total}} + \rho_r (1 - \alpha) V_{\text{total}} \end{aligned}$$

$$\text{Densité de la roche poreuse } \rho = \rho_e \alpha + \rho_r (1 - \alpha)$$

Roche saturée $\rho_1 = \rho_e \alpha + \rho_r (1 - \alpha)$

Roche sèche $\rho_2 = \rho_a \alpha + \rho_r (1 - \alpha) : \rho_a = \text{densité de l'air}$

$$\rho_a \ll \rho_e$$

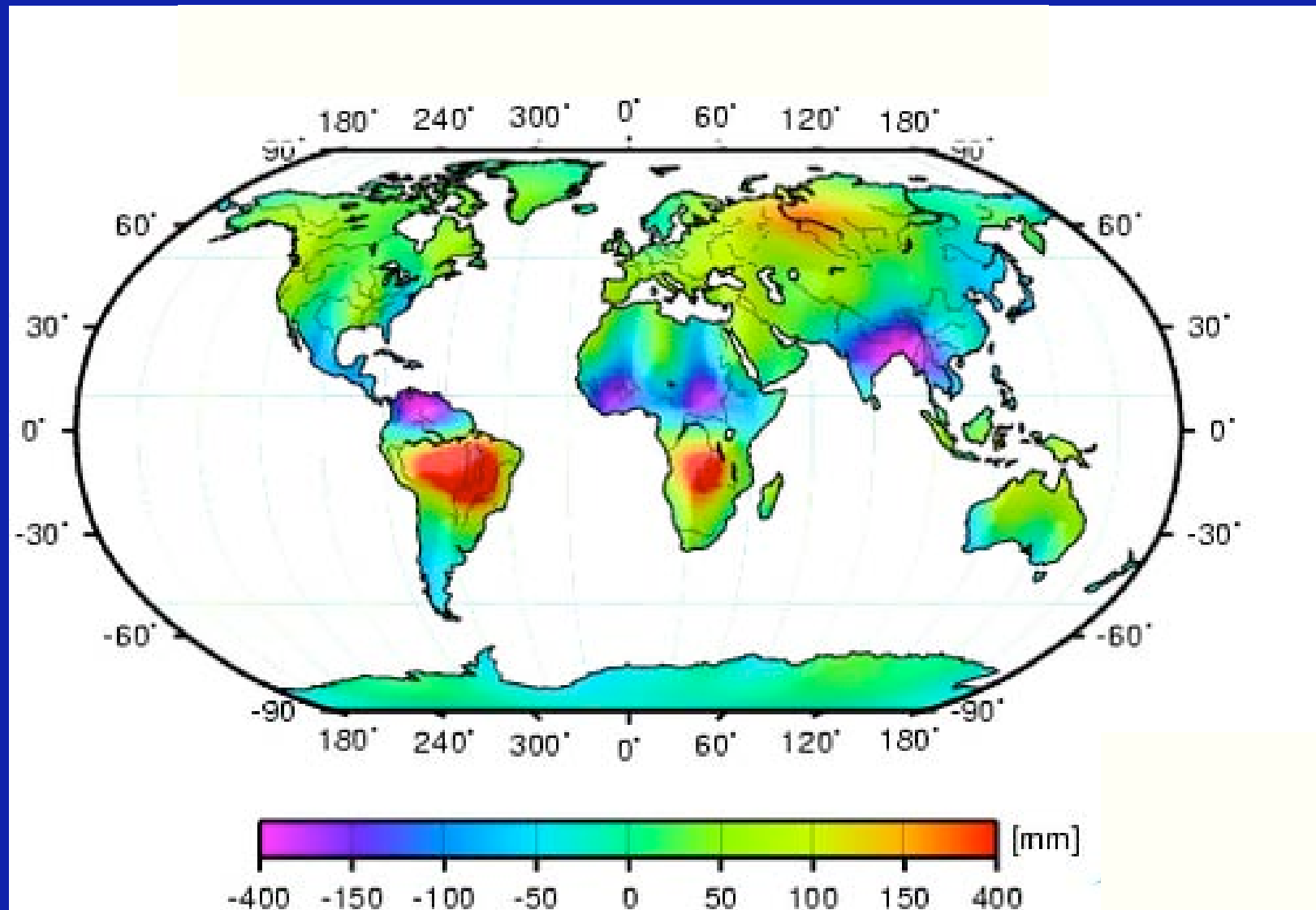
Variation de densité $\Delta\rho = \rho_e \alpha$

Application numérique:

$$\alpha \approx 10\%, \rho_e = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\Delta\rho \approx 10^2 \text{ kg m}^{-3}$$

Variations de la hauteur d'eau dans les nappes phréatiques (ici entre mai et août 2003)



PROSPECTION GEOPHYSIQUE

Recherche de gisements :

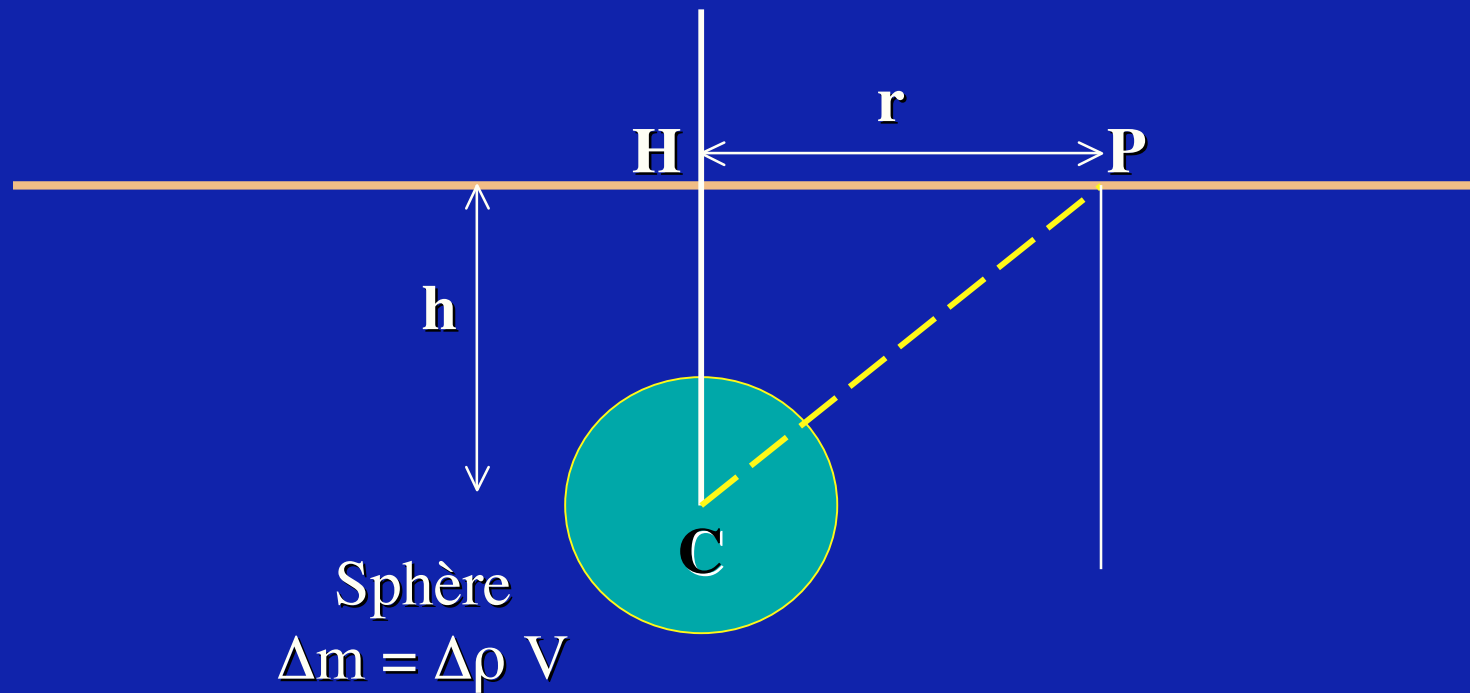
métaux, uranium, pétrole, etc...

Recherche de cavités dans le sous-sol :

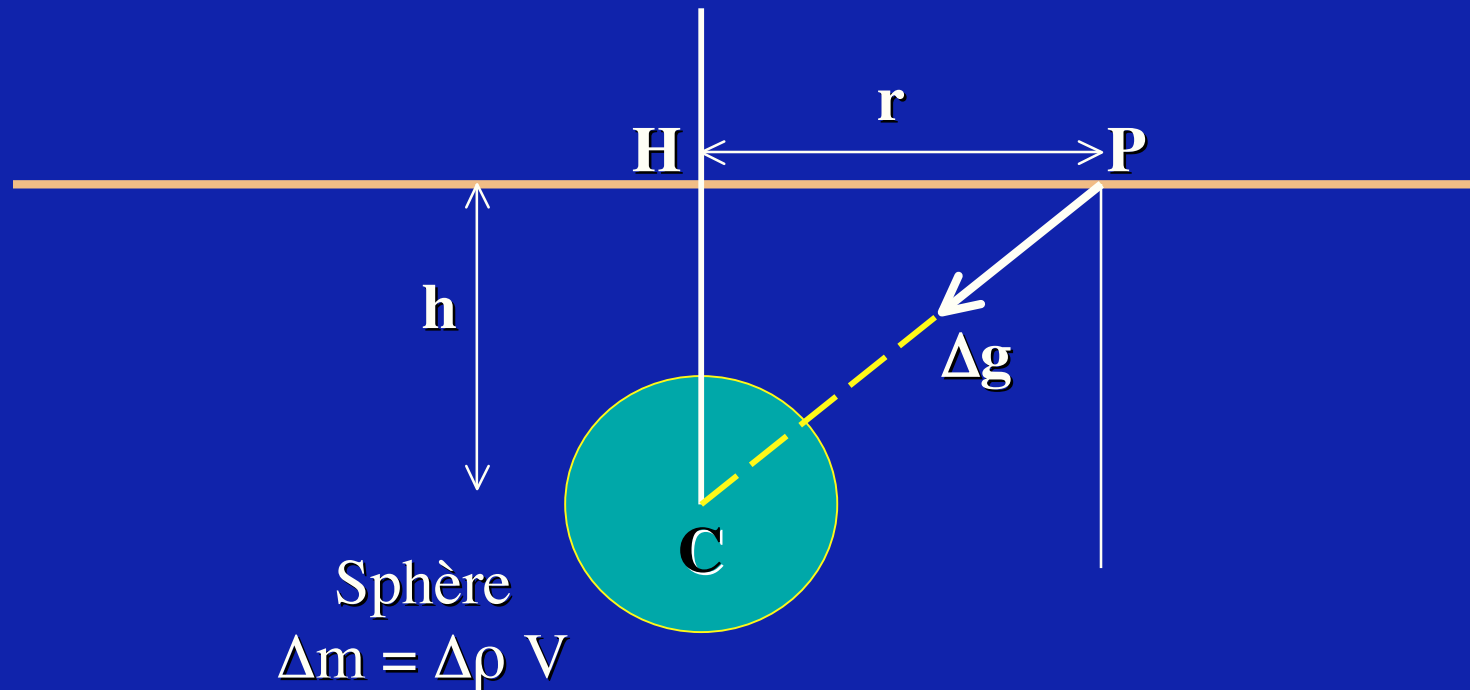
karsts, galeries anciennes, etc...

Anomalie de pesanteur à la surface

Point P quelconque

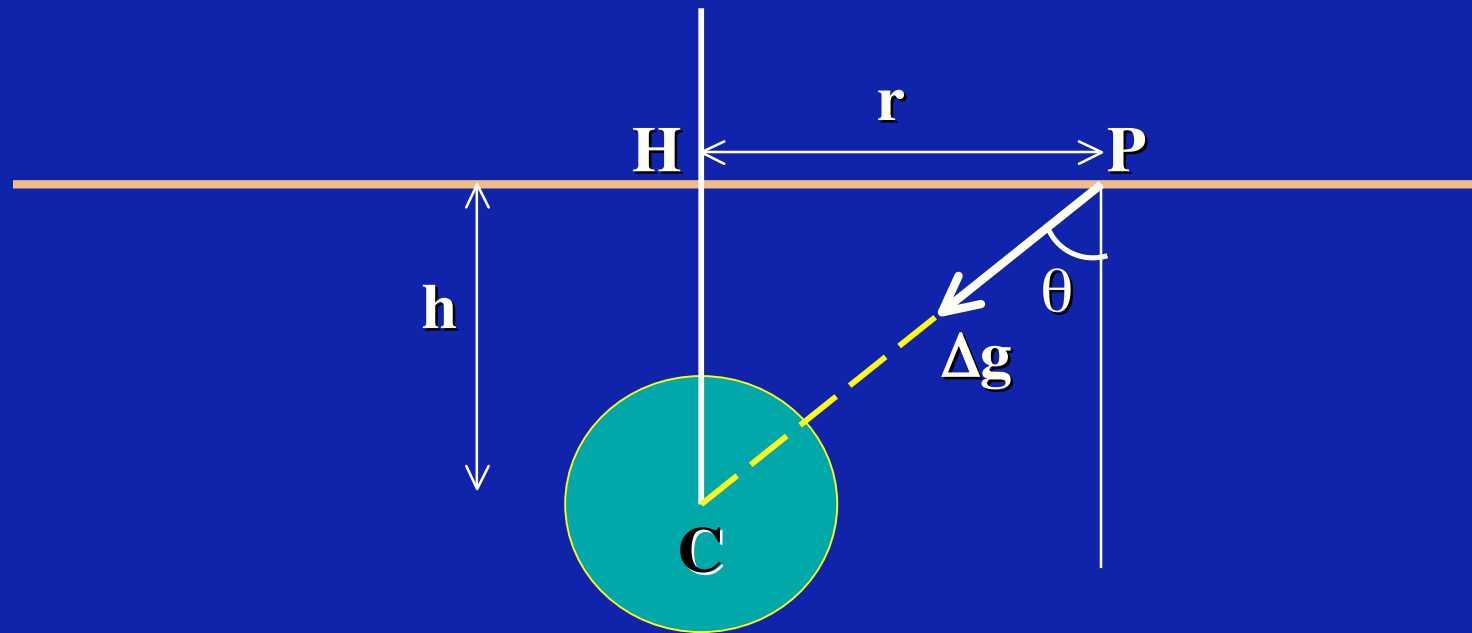


On veut calculer l'anomalie de pesanteur Δg au point P,
c'est-à-dire en fonction de $HP = r$.



$$\Delta g = G \frac{\Delta m}{CP^2} = G \frac{\Delta m}{(r^2 + h^2)}$$

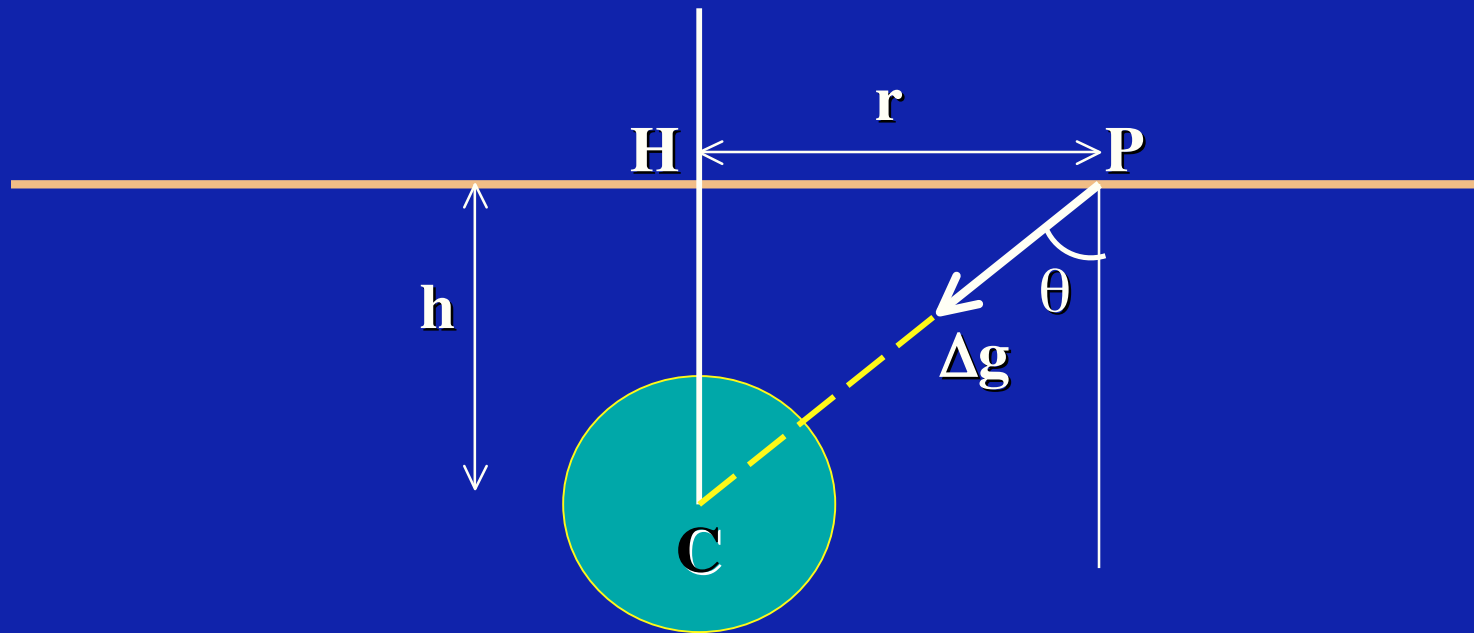
Problème pratique : $\vec{\Delta g}$ est un vecteur et il faudrait mesurer trois composantes pour déterminer le module Δg .
Solution : on mesure la composante verticale Δg_z .



$$\Delta g = G \frac{\Delta m}{(r^2 + h^2)}$$

$$\Delta g_z = G \frac{\Delta m}{(r^2 + h^2)} \cos \theta$$

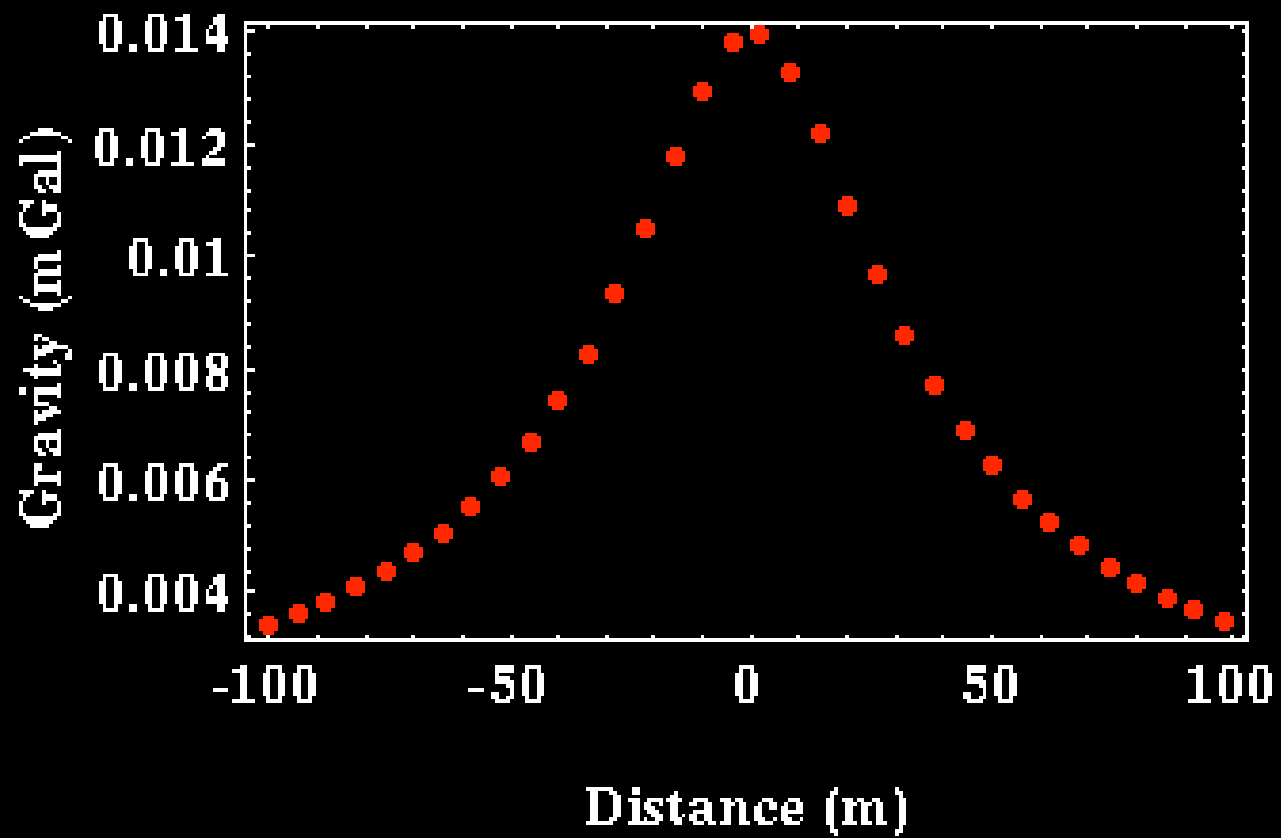
$$\cos \theta = \frac{h}{CP} = \frac{h}{(r^2 + h^2)^{1/2}}$$

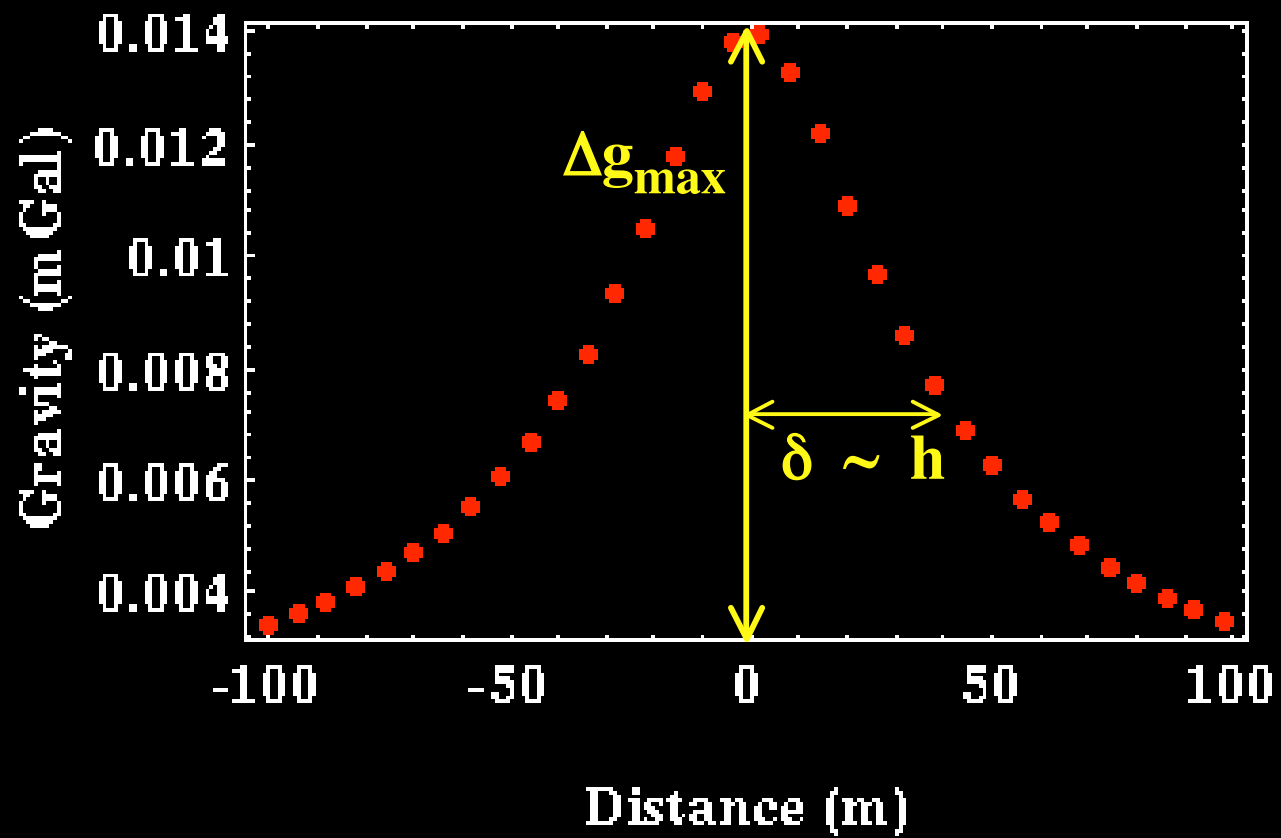


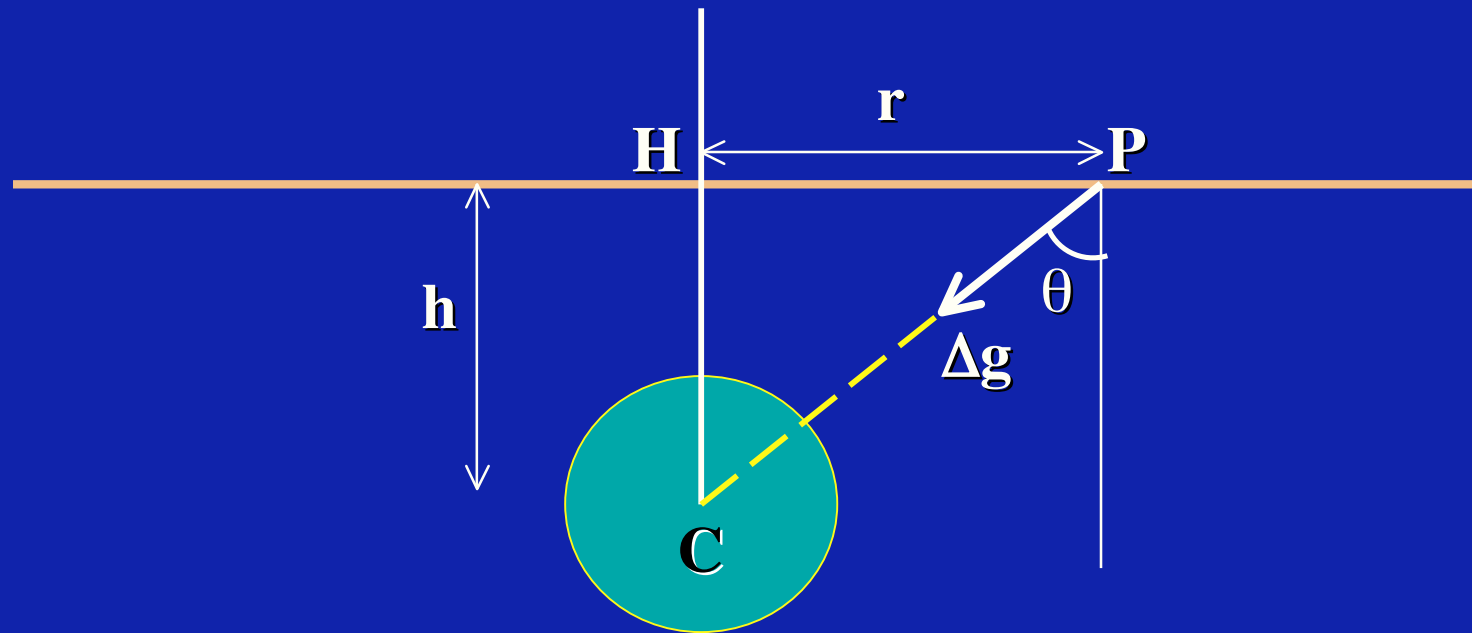
$$\Delta g_z = G \Delta m \frac{h}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\Delta g_z = \frac{G \Delta m}{h^2} \frac{1}{(1 + r^2/h^2)^{3/2}}$$

$$\Delta g_z = \Delta g_{\max} \frac{1}{(1 + r^2/h^2)^{3/2}}$$



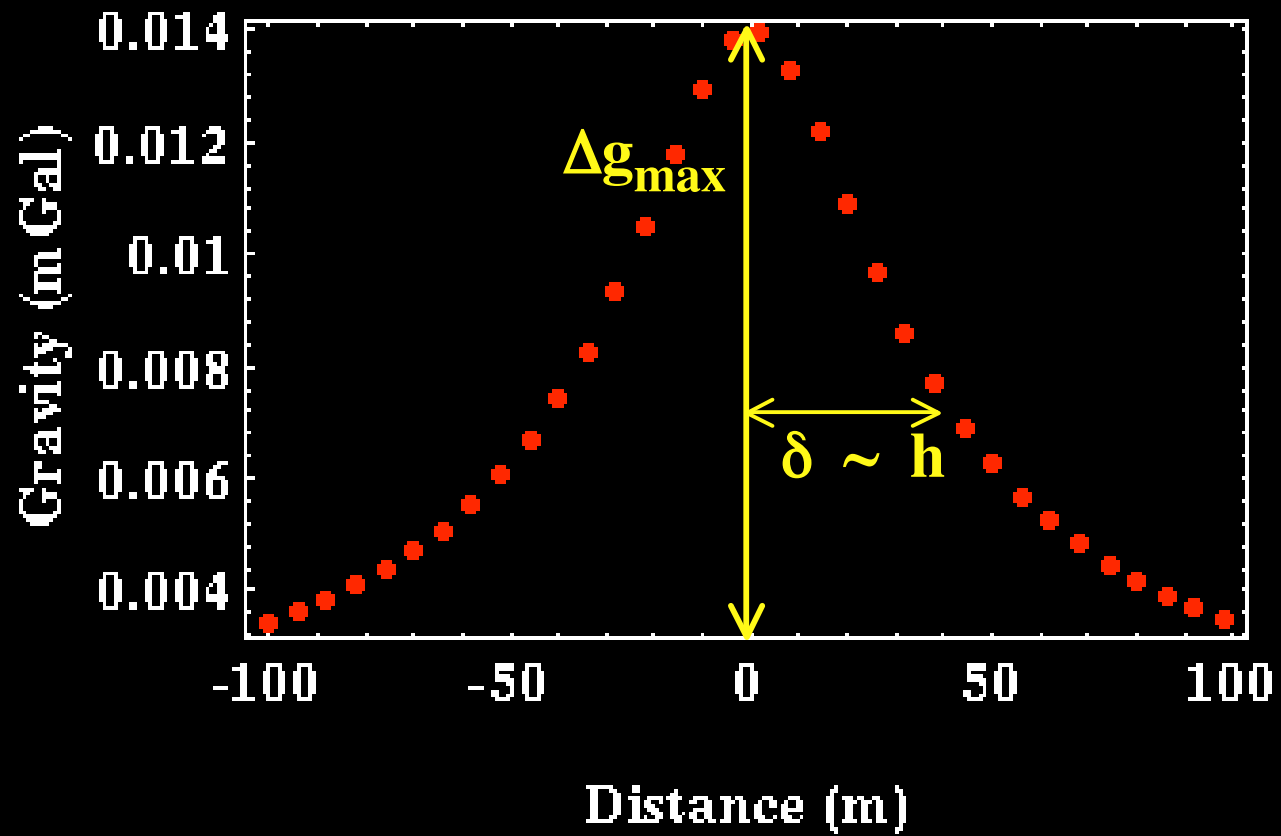


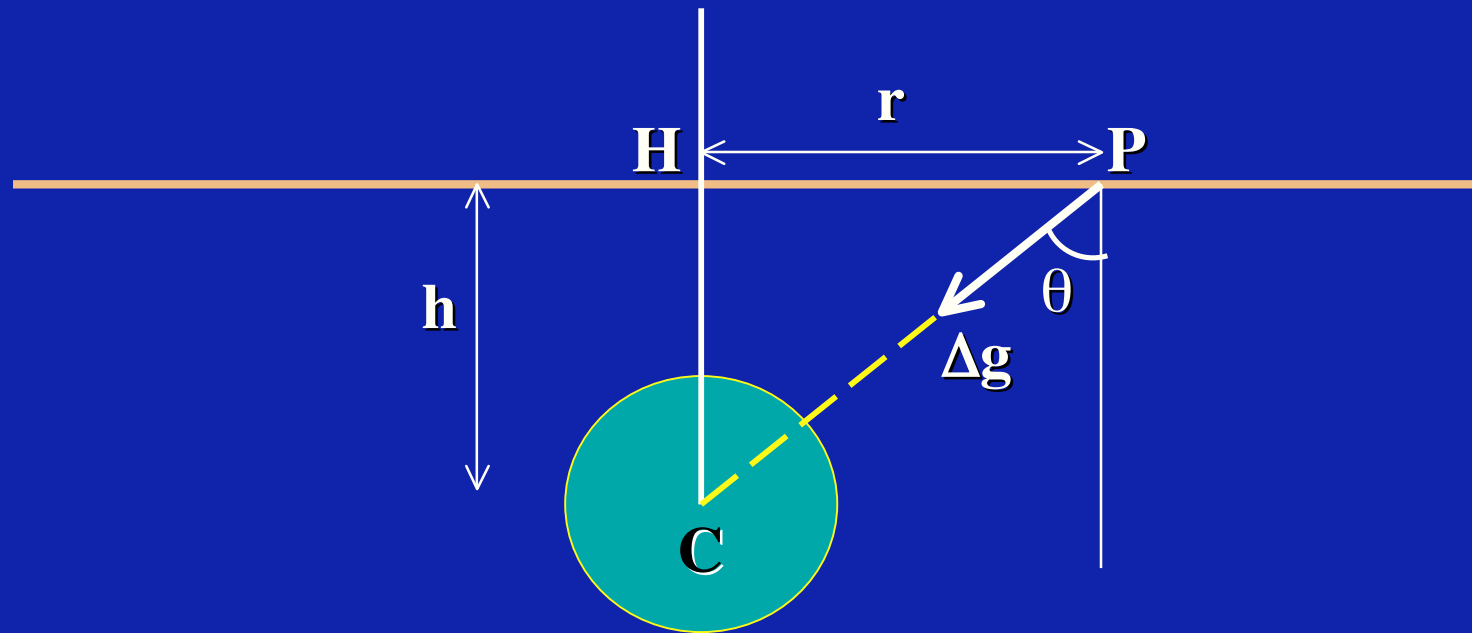


$$\Delta g_z = \Delta g_{\max} \frac{1}{(1 + r^2/h^2)^{3/2}}$$

$$r = \delta \quad \text{tel que } \Delta g_z = 1/2 \Delta g_{\max}$$

$$(1 + \delta^2/h^2)^{3/2} = 2, \quad \delta/h \approx 0.77$$



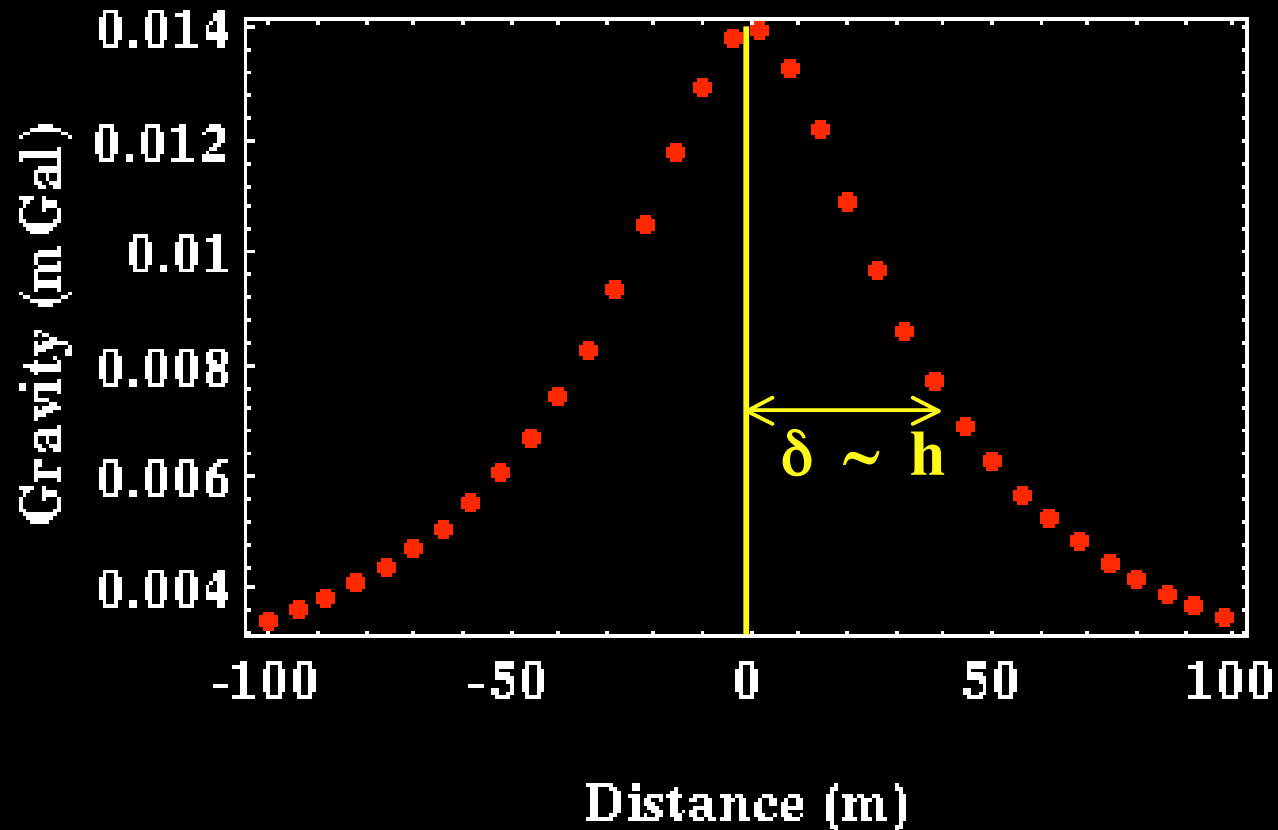


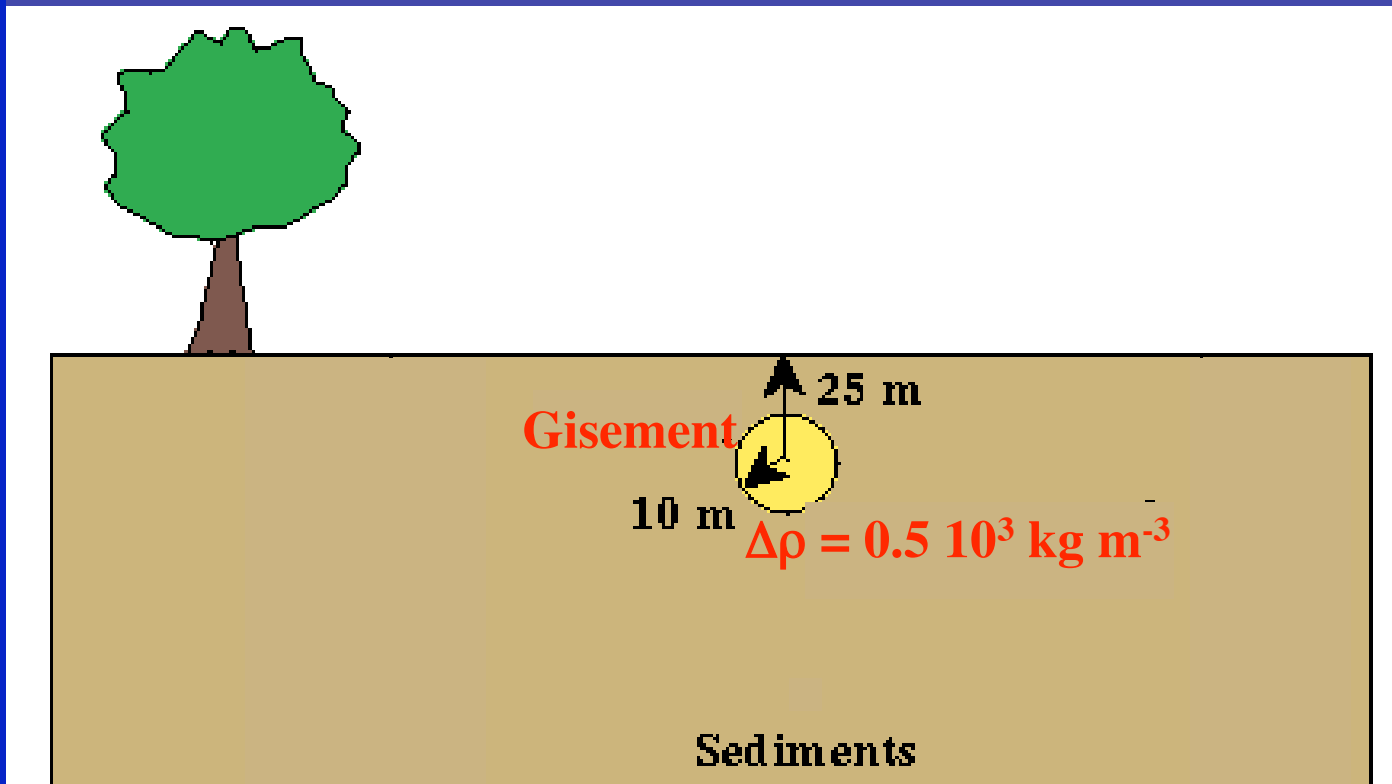
La mesure de $\Delta g_z(r)$ permet de déterminer deux paramètres:
 Δg_{\max} et δ .

$$\text{Or, } \Delta g_{\max} = G \frac{\Delta m}{h^2} \quad \left. \vphantom{\Delta g_{\max}} \right\} \text{ on détermine } \Delta m \text{ et } h$$

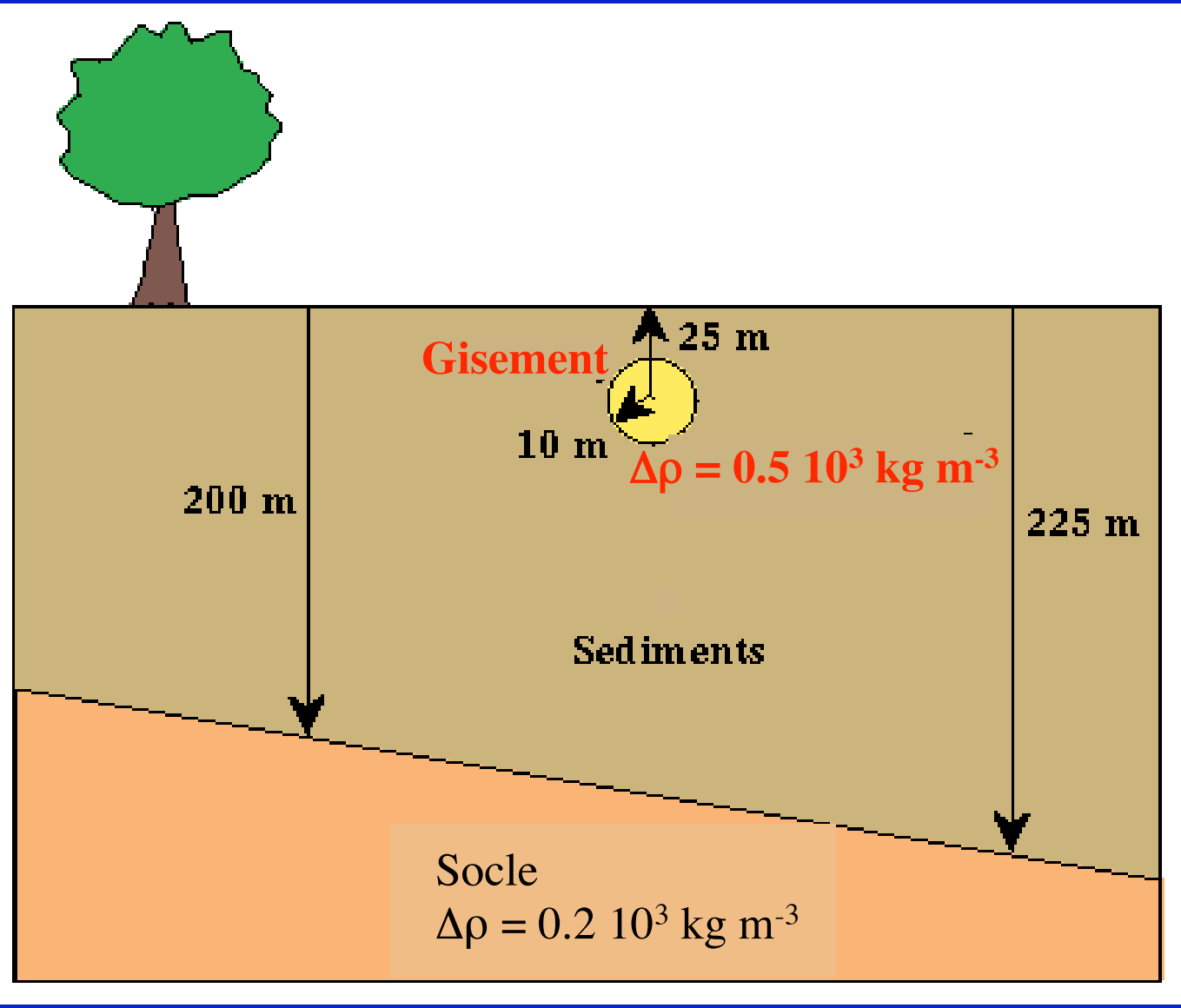
et $\delta = 0.77 h$

Principe fondamental : la largeur d'une anomalie est proportionnelle à la profondeur de sa source.

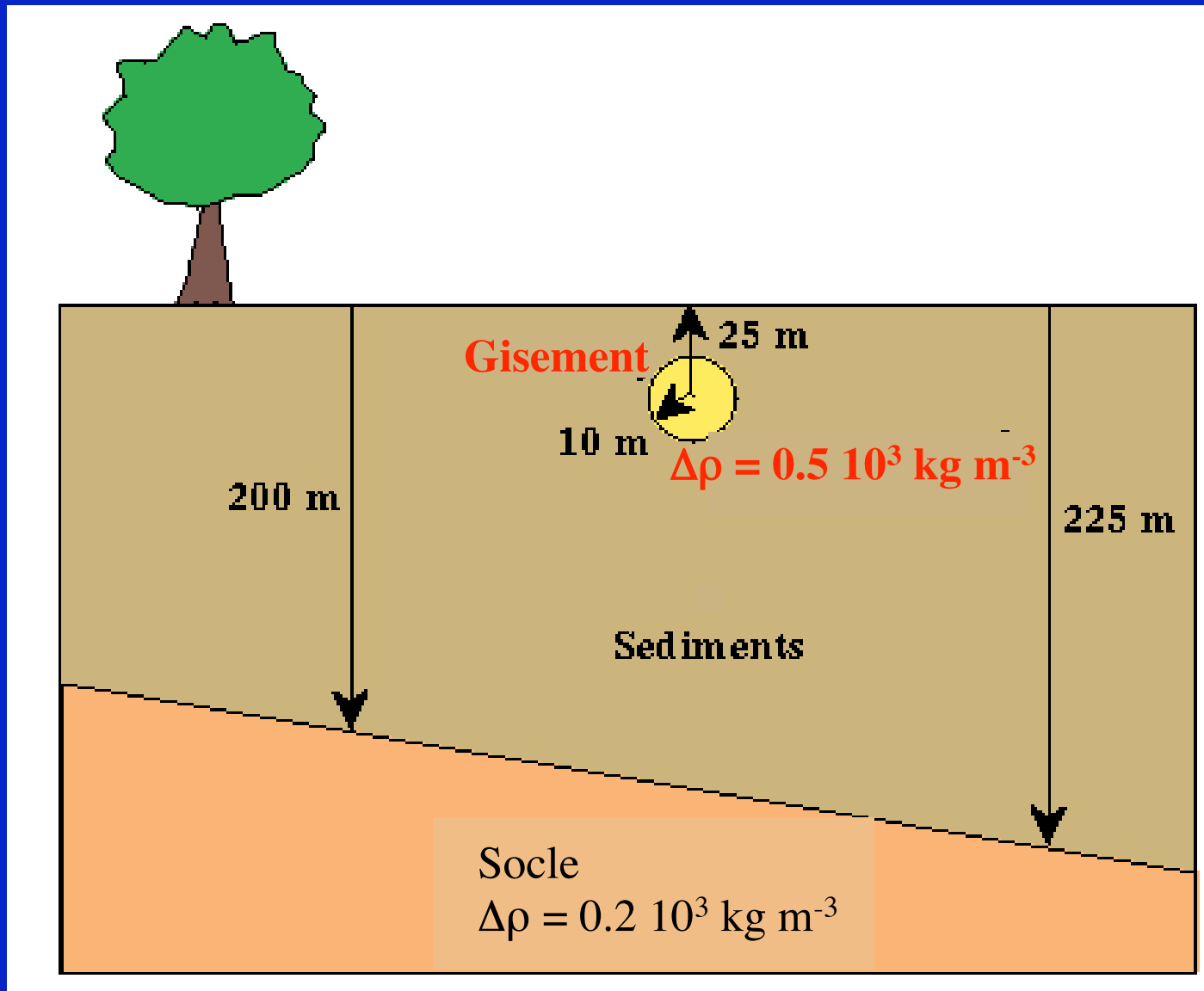




Cas simple.
La réalité peut être plus compliquée.

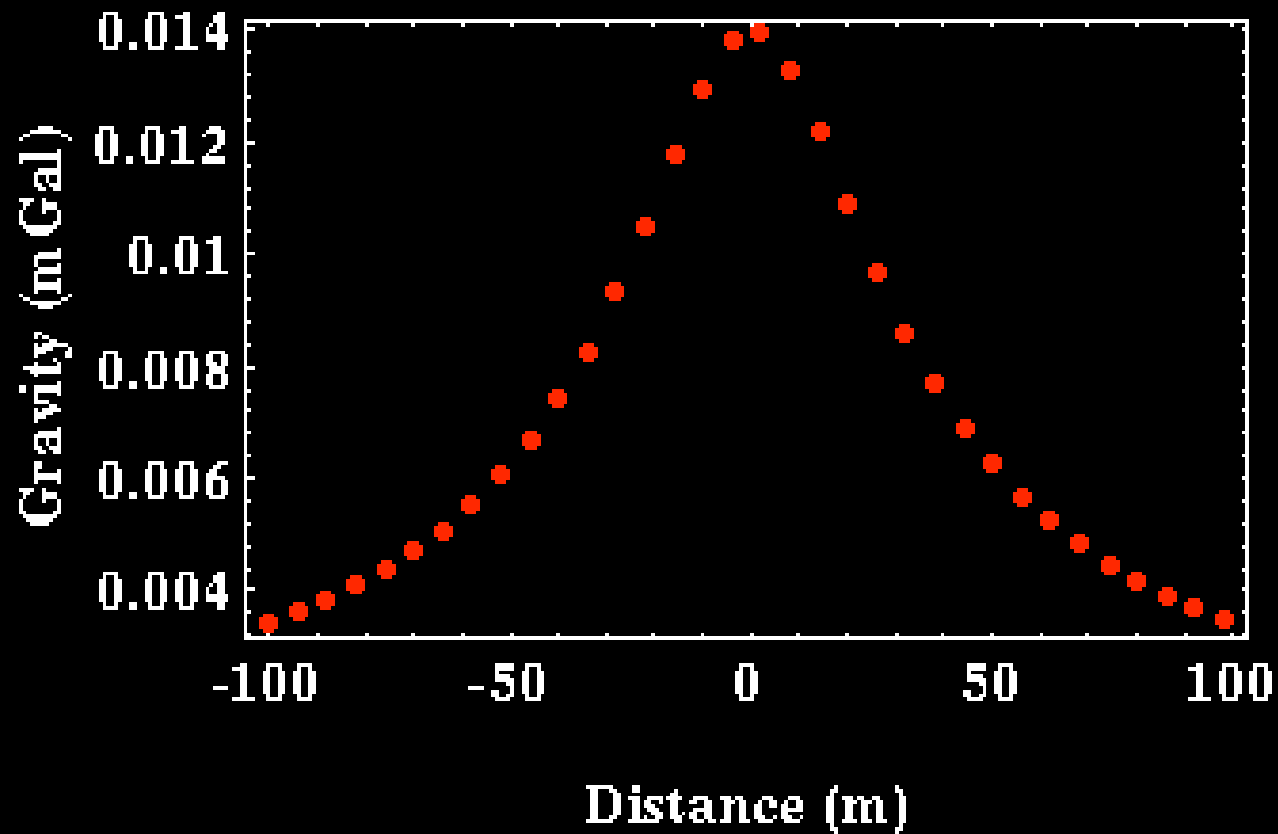


Deux sources de variations du champ de pesanteur

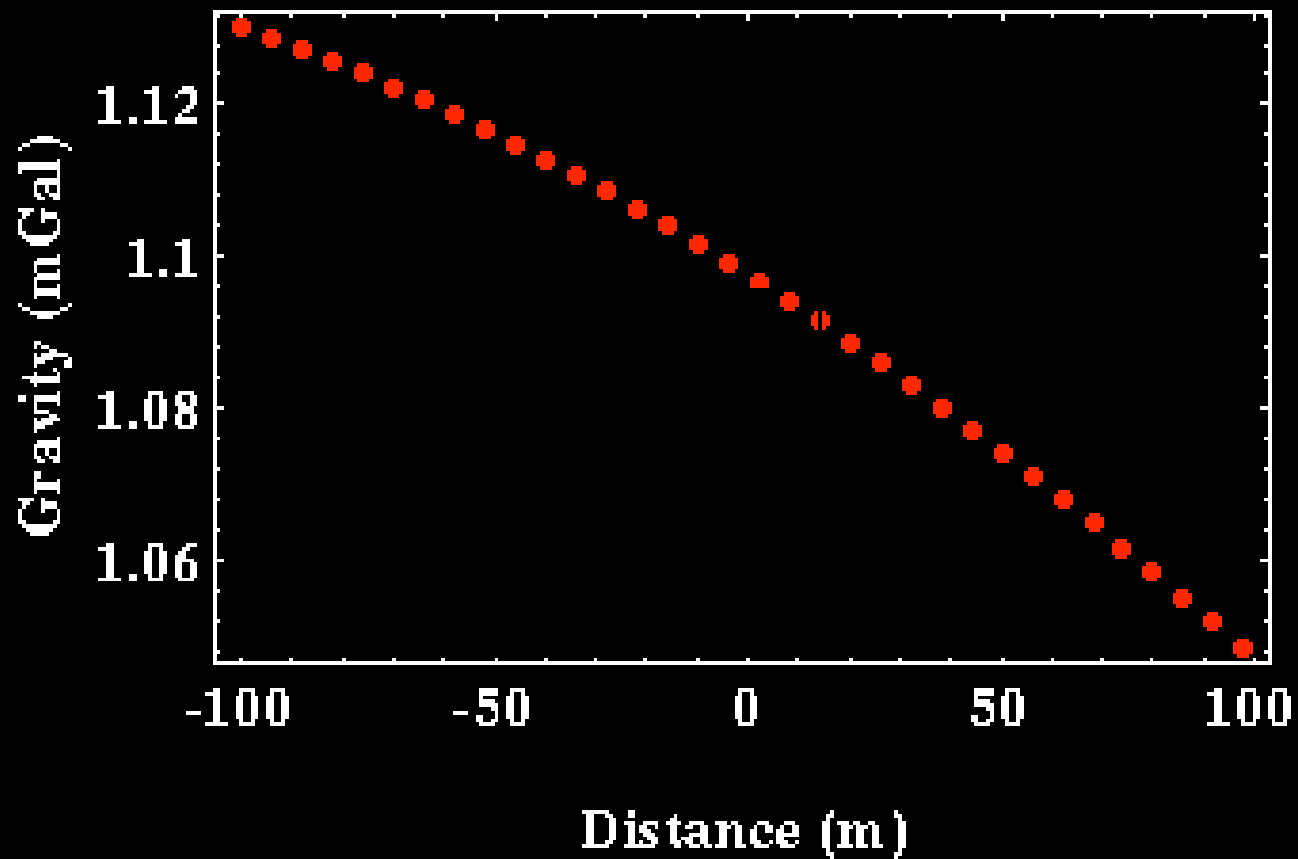


1. Le gisement. 2. L'interface pentée

Il faut superposer les deux effets.



1. Le gisement.



2. L'interface sédiments/socle pentée.

