

L'évolution des connaissances sur les  
tremblements de terre et leur impact sur la société –  
*de Galilée à nos jours*

René Tinawi

Présentation aux membres de l'AREP

22 novembre 2023

## Rappel important 📢

- *Les tremblements de terre ne tuent pas...*
- *C'est les bâtiments et les infrastructures, si elles ne résistent pas aux sollicitations sismiques, qui causent des blessures et des pertes de vie...*
- *Dieu n'y est pas responsable...mais!*

## Autre rappel important

*Les connaissances mondiales du génie parasismique étaient extrêmement limitées, voire inexistantes, il y a 60 ans*

## Agadir, Maroc - 29 février 1960, M 5.7

Hôtel SAADA = Bonheur!



quelques  
secondes

SAADA = Malheur! 12,000 victimes



# Plan de la présentation

- Bref rappel – pourquoi des tremblements de terre?
- Quelques séismes historiques importants: Lisbonne et Messina (en Sicile)
- Le Québec une zone sismique modérée – une société bien distincte!
- Évolution des connaissances de base



- Évolution du génie parasismique au 20<sup>ème</sup> siècle (pourquoi pas avant?)
- Les normes actuelles
- Observations sur le terrain (au Québec et ailleurs)
- Réflexions personnelles et conclusions
  - La réfection parasismique des bâtiments
  - La résilience, c'est quoi au juste?
  - Une assurance collective?



# Poséidon

Dans la mythologie grecque, Poséidon est le Dieu de la mer, de la navigation, des tempêtes, mais également des tremblements de terre.



*Source : Angélie Lessard (2021)*

# Mesures v/s mythologie (Wikipédia)



Sismoscope chinois AD 132



Poisson chat géant au Japon

# Les premières Nations (au Québec)

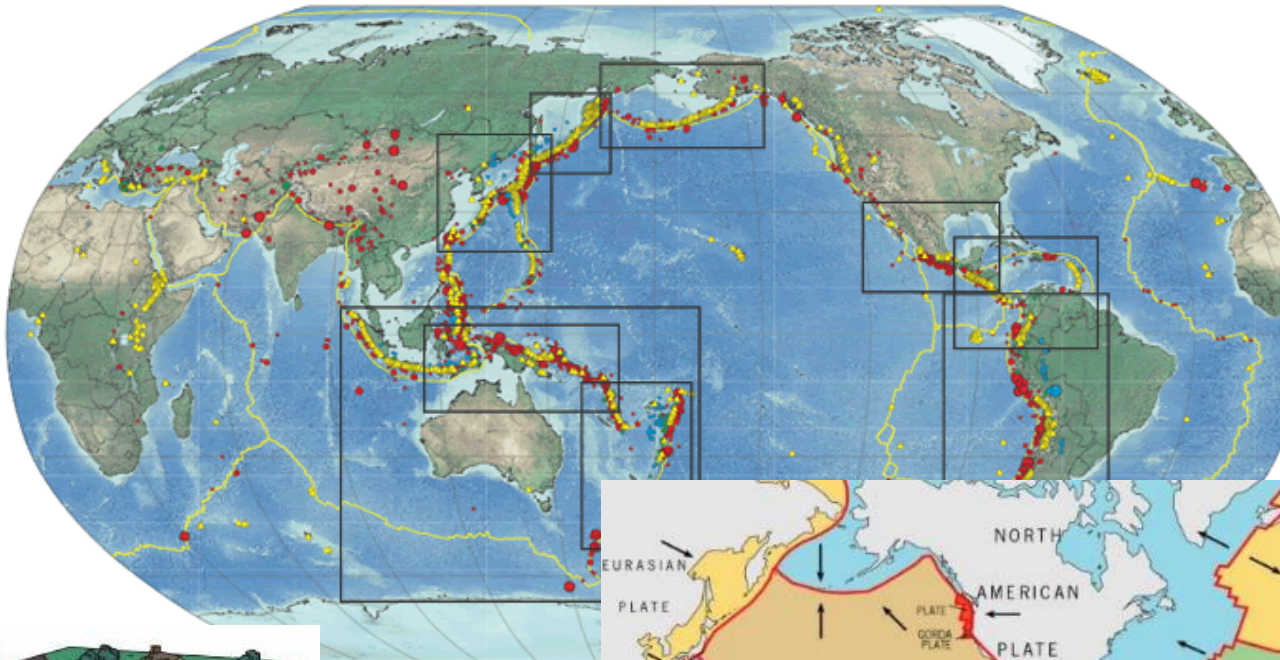


*Certains  
peuples autochtones  
donnent souvent à  
l'Amérique du Nord le  
nom d'« île Tortue »*

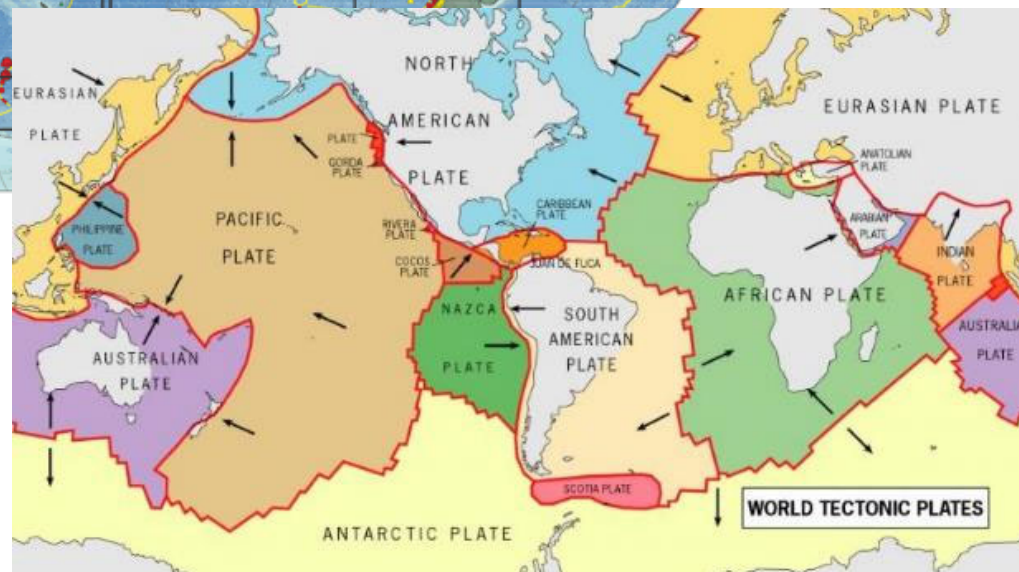
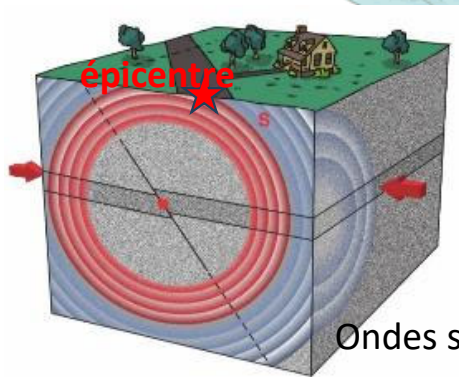
Les Hurons-Wendats  
disent que,  
lorsque la terre tremble,  
c'est que la grosse  
tortue change de  
position.

Les Wendats sont ceux  
qui vivent sur le dos de  
la tortue

# Séismicité mondiale – Source



M	Annuellement
> 8	1
7-8	15
6-7	134
5-6	1 319
4-5	13 000
3-4	1 300 000

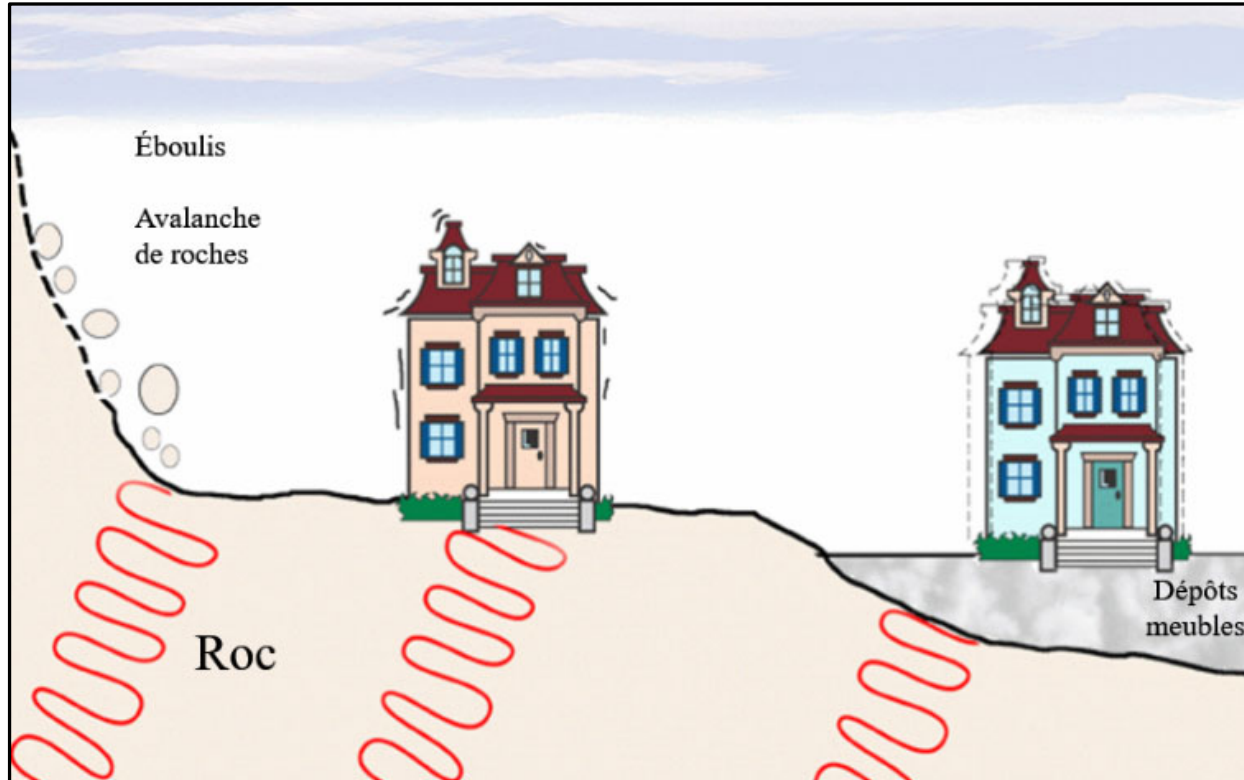




# Les ondes sismiques → Accélération 'a(t)'

(Source: Maurice Lamontagne)

## Deuxième loi de Newton (1686): $F = ma$



Bâtiment en maçonnerie non armée  
soumis à des accélérations sismiques



# Marie Thérèse de Habsbourg - Archiduchesse d'Autriche

(Source: Musée Madame Tussaud à Vienne)



Marie Thérèse  
1717 – 1780

filie



Marie Antoinette  
2 Novembre 1755 - 1793

Le tremblement de terre de Lisbonne - 1er novembre 1755  
Effondrement des bâtiments, le feu et un tsunami  
Magnitude estimée  $M \approx 8.5 - 9.0$



La Cathédrale Santa Maria



L'Opéra Phoenix



# Pourquoi Lisbonne 1755 ?

## Quelques statistiques

Bâtiments	Nombre
Maisons	12 000
Églises paroissiales	32
Chapelles privées	60
Couvents d'hommes	22
Couvents de femmes	21
Palais	53
Établissements publics	9

Source	Victimes
Trovao e Sousa (1755)	70 000
Hamburger Zeitung (Madrid) (1755)	40 000 - 50 000
Gazette de Berne et Berlinische Nachrichten (1755)	100 000 - 130 000
Gazette de Cologne et Gazette de France (1755)	50 000
Baschi (1755)	12 000
Hamburgische Correspondent (1756)	5 000
Pilaer (1756)	12 000 - 50 000
Rapin (1756)	> 100 000
Pereira (1756)	15 000
Pedegache (1758)	30 000 - 40 000
Moreira de Mendonça (1758)	10 000
Manuel Portal (1758)	12 000 - 15 000
Chase (1813)	> 50 000
Pereira de Sousa (1914)	15 000 - 20 000
Haug (1928)	30 000
Kendrick (1955)	15 000
Matos et Portugal (1974)	12 000
Franca (1983)	10 000
Bolt (1993)	70 000
Maxwell (1995)	15 000

Moyenne 45 000

# Lisbonne 1<sup>er</sup> novembre 1755 @ 10h – La Toussaint La Cathédrale et l'Opéra



Après



Avant

# Polémique entre: Les philosophes, les grands esprits et l'Église

Leibnitz et autres philosophes pensent que:

*Le monde, parfaitement créé par Dieu, est organisé par la Providence de manière à ce que tout mal nécessaire soit systématiquement compensé par un bien toujours plus grand.*

La théologie et la philosophie du XVIII<sup>e</sup> siècle pouvaient difficilement expliquer une telle manifestation de colère divine...Dieu pouvait-il permettre la destruction des églises?

*Violente polémique entre Voltaire et Rousseau au sujet de l'optimisme et de la question du mal sur la terre*

Les Jésuites:

*C'est le châtimeur de Dieu...*

## François-Marie Arouet Voltaire (1694 – 1778)

...  
*Philosophes trompés qui crient « Tout est bien »,*

*Accourez, contemplez ces ruines affreuses,  
Ces débris, ces lambeaux, ces cendres malheureuses,  
Ces femmes, ces enfants, l'un sur l'autre entassés,  
Sous ces marbres rompus ces membres dispersés*

...

*Extrait du Poème de Lisbonne 1756*





# Le Marquis de Pombal

*Premier gestionnaire de catastrophe et de risque*  
*Là où croît le péril, croît aussi ce qui sauve*



Ancien ambassadeur du Portugal à Londres et à Vienne  
Premier Ministre: homme calme, flegmatique, déterminé



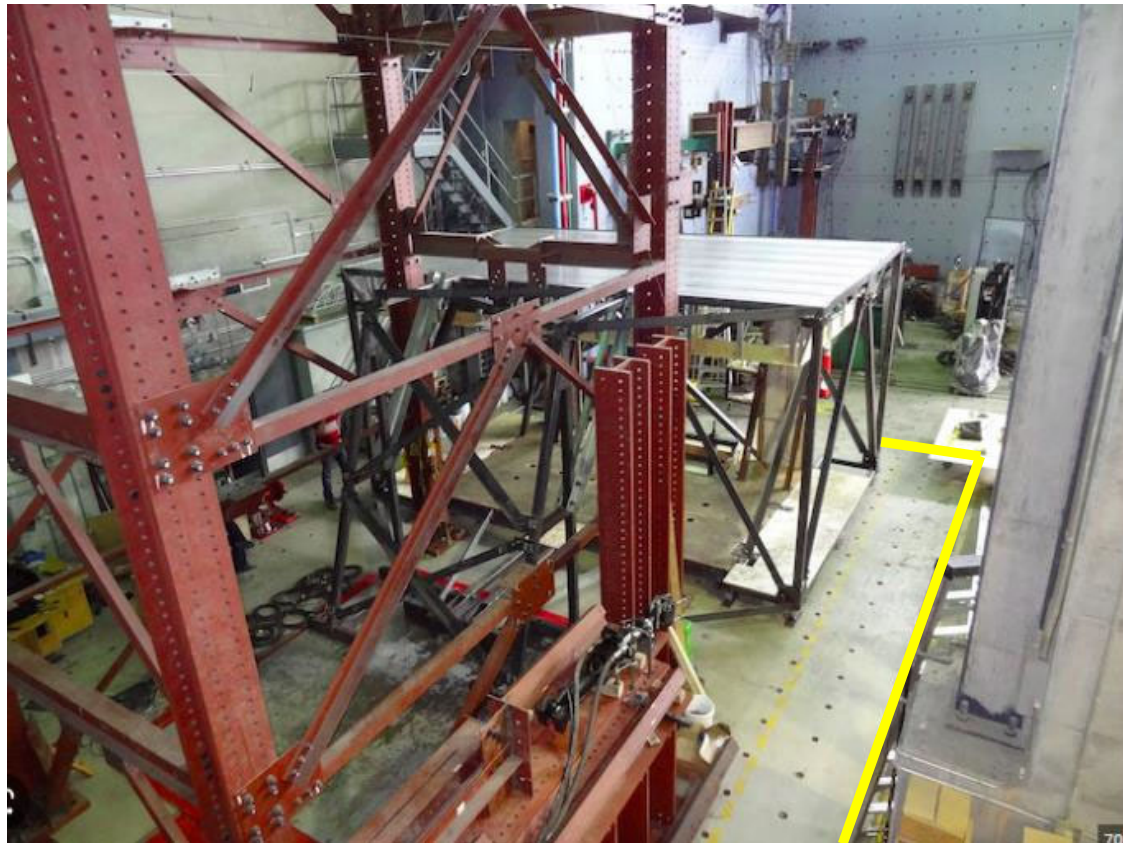
- Assigner de chefs de quartier et qui se rapportaient à lui
- Éteindre, les feux, enterrer les morts, s'occuper des blessés
- Éviter les épidémies
- Déblayer les débris
- Condamner les pillards
- Empêcher le départ des hommes qui peuvent aider à la reconstruction
- Planifier la reconstruction de la ville avec des murs coupe-feux
- • Introduire une résistance parasismique aux bâtiments en prévision du prochain séisme
- Enquêter dans les paroisses pour connaître les dommages ailleurs
- Réduire la dépendance économique du Portugal vis-à-vis des Anglais
- Améliorer le système scolaire en diminuant le pouvoir de l'inquisition
- Chasser les Jésuites du Portugal
- Abolir l'esclavage dans la colonie (Brésil)



# Maquettes de bâtiments soumis à des vibrations (humaines) Ordre du Marquis de Pombal



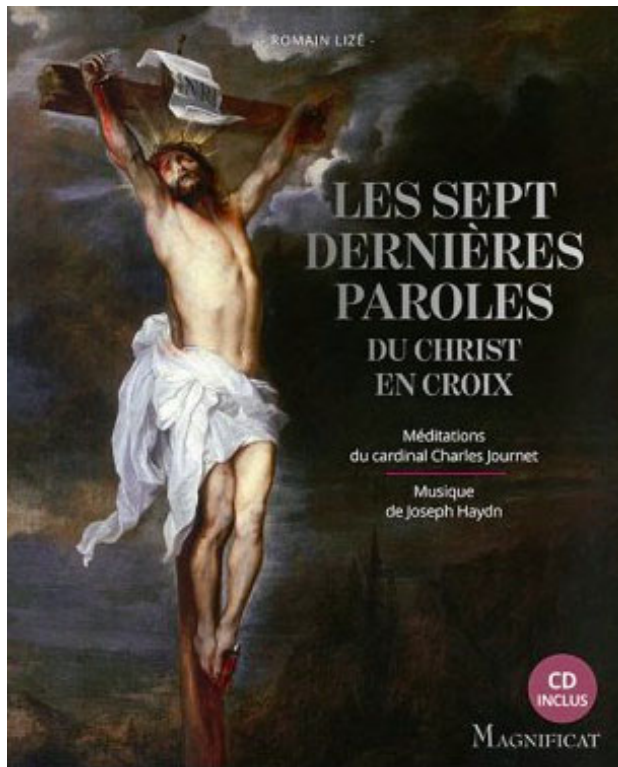
Le simulateur sismique (3.4m x 3.4m) au  
Laboratoire de Structures HQ de Polytechnique  
*Un must durant les portes ouvertes...*



Joseph Haydn (grand musicien de la cour à Vienne) a composé en 1786:



(1732-1809)



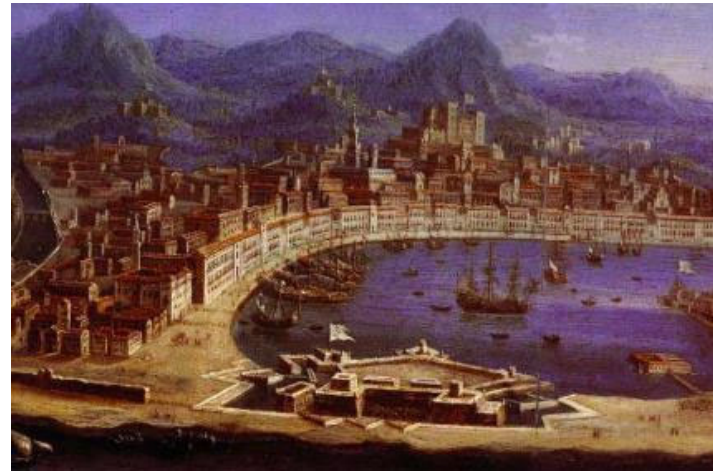
JOSEPH HAYDN  
Les Sept dernières Paroles  
de Notre Rédempteur sur la Croix, Hob. XX. 1

1	L'Introduction. Maestoso ed adagio	6'21
2	Evangelium : <i>Pater, dimitte illis; non enim sciunt quid faciunt</i>	0'45
3	Sonata I. Largo	6'20
4	Evangelium : <i>Hodie mecum eris in Paradiso</i>	1'12
5	Sonata II. Grave e Cantabile	6'55
6	Evangelium : <i>Mulier ecce filius tuus</i>	0'33
7	Sonata III. Grave	9'18
8	Evangelium : <i>Deus meus, Deus meus, ut quid dereliquistime?</i>	0'38
9	Sonata IV. Largo	10'11
10	Evangelium : <i>Sitto</i>	0'15
11	Sonata V. Adagio	9'27
12	Evangelium : <i>Consummatum est</i>	0'33
13	Sonata VI. Lento	8'24
14	Evangelium : <i>Pater, in manus tuas comendo spiritum meum</i>	0'37
15	Sonata VII. Largo	8'14
16	Il Terremoto. Presto con tutta la forza	1'44





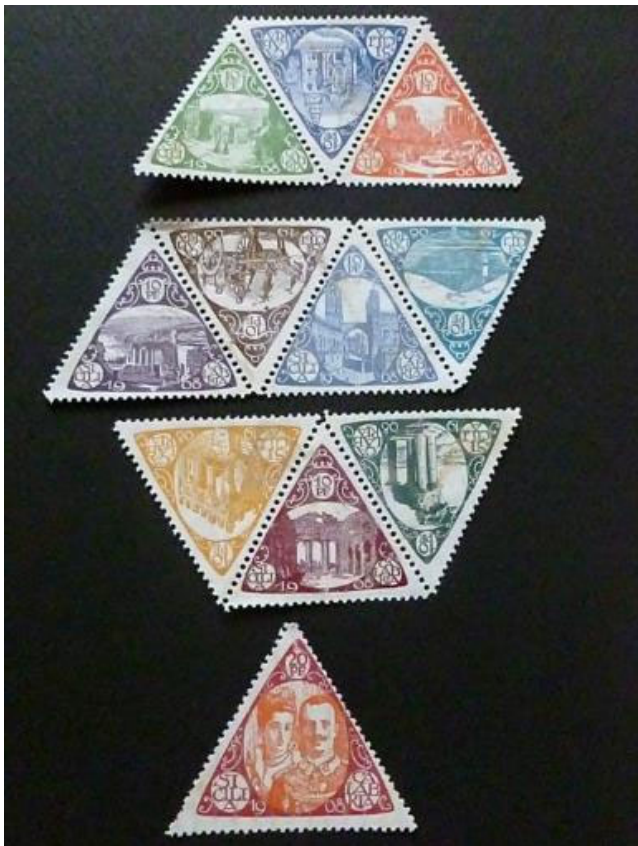
# Messina (Sicile) 28 décembre 1908 $M \approx 7.1$ Suivi d'un tsunami



## Quelques statistiques

- La population de Messina, 160 000 habitants, avait considérablement augmenté à cause de la présentation de l'opéra, *Aïda*, la veille
- Plusieurs ont péri dans les décombres, d'autres ont couru vers la plage, mais le tsunami (plusieurs mètres) les a engloutis
- Ayant quitté leurs demeures démolies, plusieurs ont immigré aux EU à bord du *Floride*
- Il ne restait plus que 19,000 habitants à Messina, devenue une ville fantôme
- Un siècle plus tard la ville de Messina, avec ses 230,000 habitants, représente un milieu important pour le commerce et la culture en Sicile

# Timbres Allemands pour les victimes du séisme de 1908 à Messina



# Au Québec à Charlevoix - Samedi 28 février 1925 (M=6.2)



Les secousses sismiques ont été particulièrement fortes dans la région de Charlevoix.—Des fissures se produisent dans le sol à Yamachiche.—L'on croit que le centre du tremblement de terre se trouvait à l'embouchure de la rivière du Saguenay.

**TROIS FEMMES MEURENT DE FRAYEUR DANS LA PROVINCE**

A Montréal, les chocs n'ont duré qu'environ trente secondes. — La population a été fort impressionnée. — Il ne s'est pas produit de panique dans aucun de nos lieux de réunion publique. — On ne rapporte pas de pertes matérielles appréciables dans la métropole.



# Au Québec à Charlevoix - Samedi 28 février 1925 (M=6.2)

VOLUME XVI — No 50 MONTREAL, LUNDI, 2 MARS 1925. 3

— DERNIÈRE HEURE —

## LE DEVOIR

Toutes les nouvelles par nos rédacteurs, nos correspondants et les services de dépêches du monde entier

**CALENDRIER**

Demain, MARDI, 2 mars 1925  
Sainte-Catherine, vigne.

Lever du soleil, à 8 h. 25.  
Coucher du soleil, à 5 h. 45.  
Jours de la lune, à 1 h. 18.  
Coucher de la lune, à 1 h. 41.

Premier quart, le 20, à 9 h. 25, du soir.  
Pleine lune, le 24, à 4 h. 12, du soir.  
Dernier quart, le 28, à 4 h. 41, du matin.  
Nouvelle lune, le 31, à 9 h. 12, du soir.  
Premier quart, le 31, à 11 h. 43, du matin.

**DEMAIN**

BEAU ET FROID  
MAXIMUM ET MINIMUM

Américain maximum, 21.  
Même date l'an dernier, 28.  
Minimum aujourd'hui, 11.  
Même date l'an dernier, 11.

BAROMETRE  
19 heures à 20, 756.11; à 2 heures s.m., 755.88.  
MIDI, 757.02.

### Le tremblement de terre de samedi soir cause des dégâts considérables et fait des victimes dans la province

Les secousses ont été très fortes dans les régions des  
Trois-Rivières, du Saguenay, de Baie Saint-Paul et  
de Kamouraska — Trois femmes meurent de  
frayeur à Sainte-Anne-de-la-Pérade, à Chicoutimi  
et à Tadoussac — Crevasses au sol; murs ébranlés  
ou effondrés, etc — La valse des mobiliers.

- *Annuellement environ 50,000 personnes meurent de crise cardiaque au Canada*
- *En 1925 le Québec comptait 2.5 millions d'habitants*
- *Donc 3100 décès/an ou environ 8 par jour en 1925*

# Séismes importants au Québec

Région	Année	Magnitude
Région de la Malbaie	1663	7
	1665	5.5
	1791	6
	1831 (2)	5
	1860	6
	→ 1870	6.5
	1924	5.5
	1925	6.2
Montréal	1732	6
	1816	5.5
	1897 (2)	5.5
Témiscamingue	1935	6.2
Saguenay	→ 1988	5.9
Val des Bois	→ 2010	5

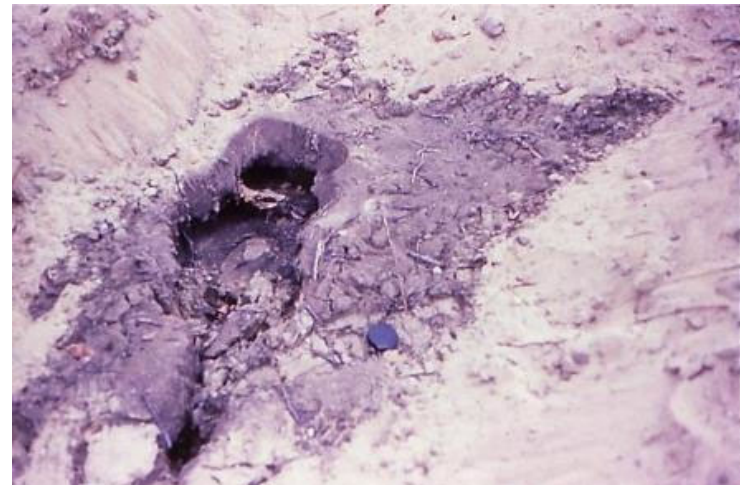
# Séisme de Charlevoix de 1870, $M \approx 6.5$

Le père Plamondon de Baie-St-Paul a rapporté un récit assez important (Dawson 1870) :

*...Toutes les habitations semblaient être sur un volcan et la terre qui s'est fissurée à cinq ou six endroits, faisait jaillir des colonnes d'eau de six, huit ou même quinze pieds de haut. Ces colonnes d'eau emportaient une quantité de sable qui s'étalait par terre...*

Donc sans aucun doute...  
liquéfaction du sol !!

Liquéfaction – Saguenay 1988  
Source: J-Y Chagnon (U. Laval)



## Dommmages à l'hôtel de ville de Montréal-Est Séisme du Saguenay 1988 M = 5.9





# Hotel de Ville de Montréal-Est Séisme du Saguenay 1988



Séisme de Val-des-Bois M=5.0 - 23 juin 2010  
Distance: épicentre-Bowman = 9.5 km  
Distance: épicentre-Gracefield = 47 km





# Endommagement aux cheminées Séisme de Val-des-Bois 2010, M=5.0



Gracefield, QC



Ottawa

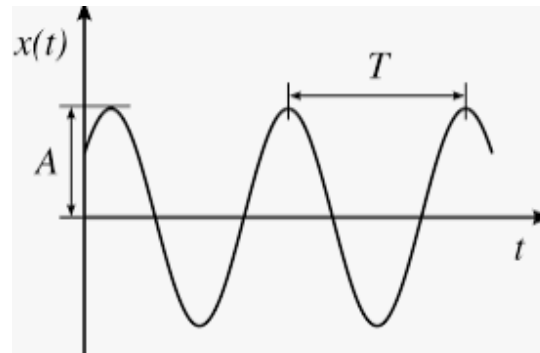
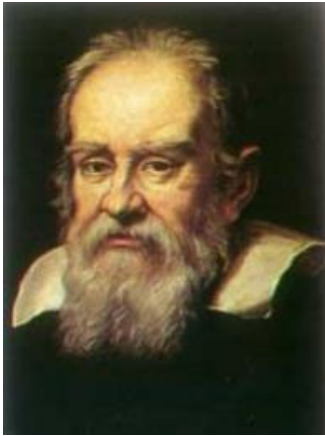


## Quelques scientifiques importants / recettes de base En particulier c'est quoi l'accélération??

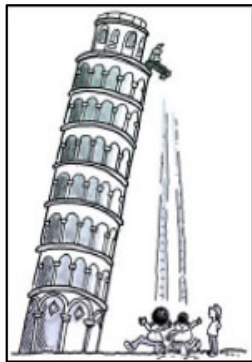
- Aristote
- Galilée
- Huygens
- Hooke
- Newton
- Kepler
- Halley
- Mitchell
- Cavendish
- Rayleigh
- D'Alembert
- Duhamel



# Galileo Galilei (1564-1642) - ne connaissait pas $g$



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

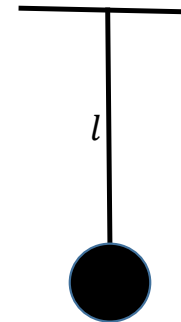
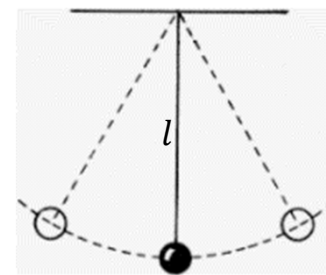


$$d = \frac{1}{2}at^2$$

Période  $T$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} ?$$

Pendule



# Musée Galileo (1564-1642) à Florence

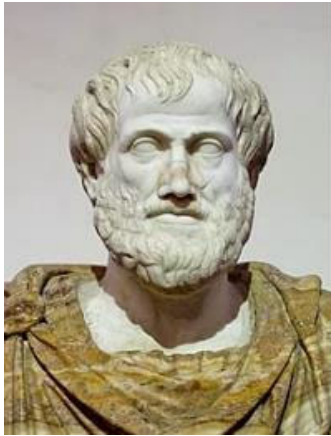


Unité de temps	Distance
1	1
2	4
3	9

$$d = \frac{1}{2}at^2$$



# Problèmes de Galilée



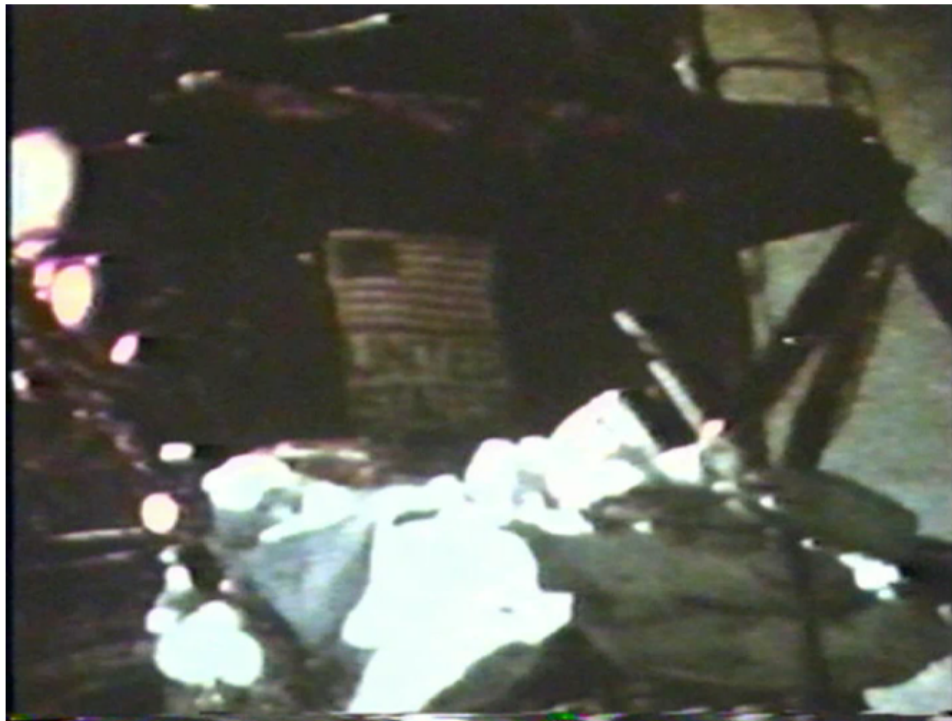
Aristote  $\approx$  300 BC

- *Les objets plus lourds tombent plus vite que les objets plus légers*
- *La terre est le centre de l'univers*



## Apollo 15 - Expérience de Galilée sur la lune

$$g_{\text{terre}} = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad g_{\text{lune}} = 1.6 \text{ m/s}^2$$





# Lettre à la Grande Duchesse Christine de Toscane

*La science et la théologie ne doivent pas  
être confrontées...*

*La science ne doit jamais douter de la  
vérité religieuse, elle doit s'il le faut, la  
consolider...*

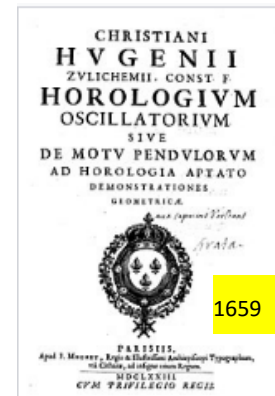
*Galileo Galilei  
1615*

# Christian Huygens (1629 -1695) connaissait-il g?



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$g = \frac{4\pi^2 l^2}{T^2} = 9.81 \text{ m/s}^2$$



Après la mort de Galilée

Pourquoi l'accélération g est si importante?

- Calculs sismiques
- Fusées, avions, etc.



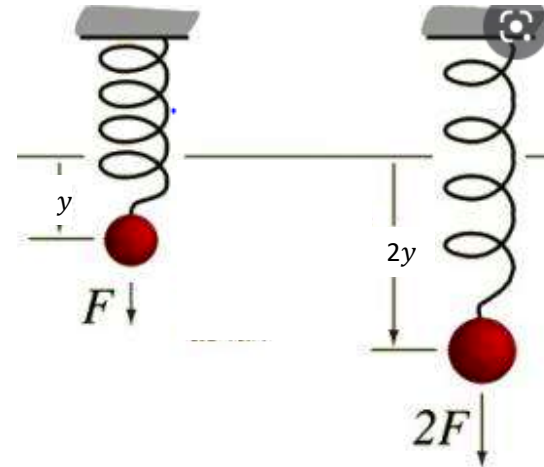
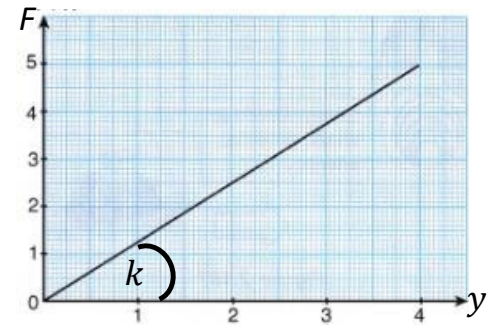
$$V_{\text{décollage}} = 280 \text{ km/h} = 78 \text{ m/s en } 60 \text{ s}$$

$$\text{Accel.} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = 1.3 \text{ m/s/s} = 13\% g$$

$$\text{Piste requise} = V_m \Delta t = 2340 \text{ m} \quad 38$$

# Loi de Robert Hooke (1635-1703)

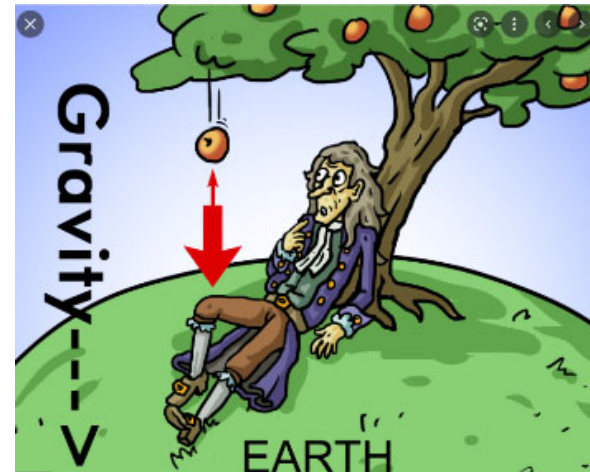
$$F = ky$$



## 2<sup>e</sup> loi d'Isaac Newton (1642-1727)

$$F = ma = m\ddot{y}$$

(1686)

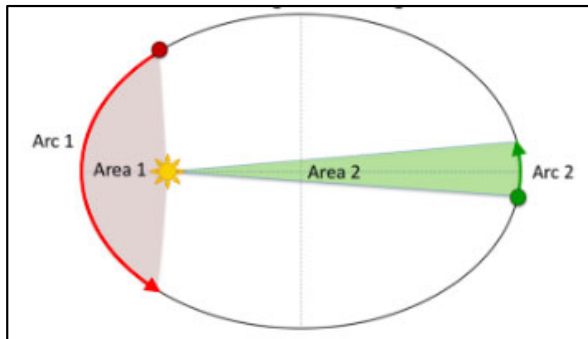


$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Loi gravitationnelle universelle (1687)



# Loi de Kepler (1571-1630)



L'orbite des planètes autour du soleil est elliptique

Edmund Halley  
(1656-1742)



Hooke

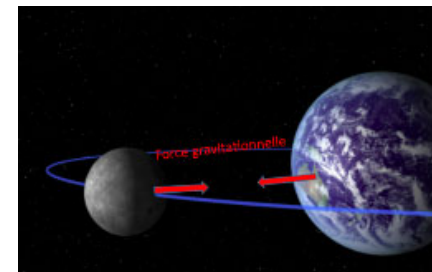
Newton

$$F \propto \frac{?}{r^2}$$



$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

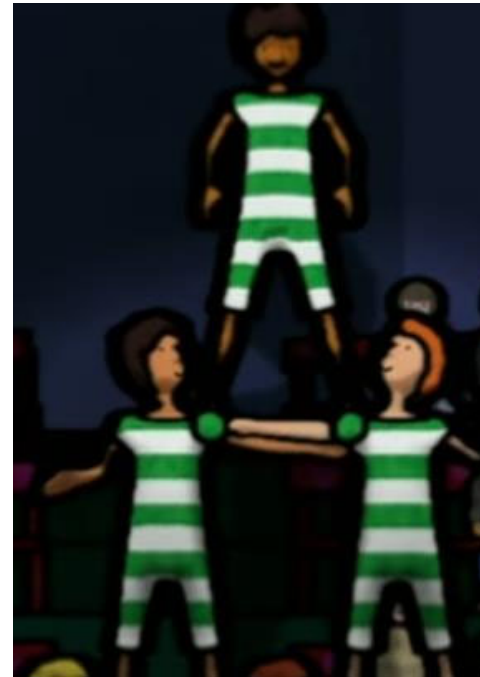
$G = ?$



# Déclaration de Newton à la Société Royale

*Hommage à Hooke*

*...Si j'ai réussi à voir plus  
loin, c'est en me tenant  
sur les épaules des  
géants...*



# Henry Cavendish (1731-1810)

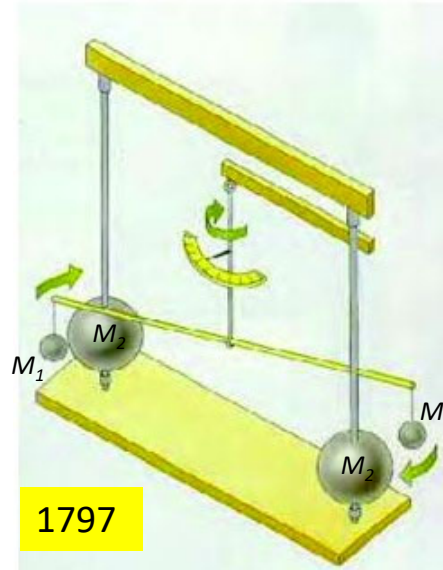
Objectif: mesurer la  $M_{\text{terre}} = gr^2/G$   
sachant que  $r \approx 6400 \text{ km}$  selon Eratosthenes (240 BC)



$G = 0.0000000000675 \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$   
(avec 1 % d'erreur) en 1799

Loi gravitationnelle universelle de Newton  $G=?$

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$



$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

$$F = mg = G \frac{mM}{r^2}$$

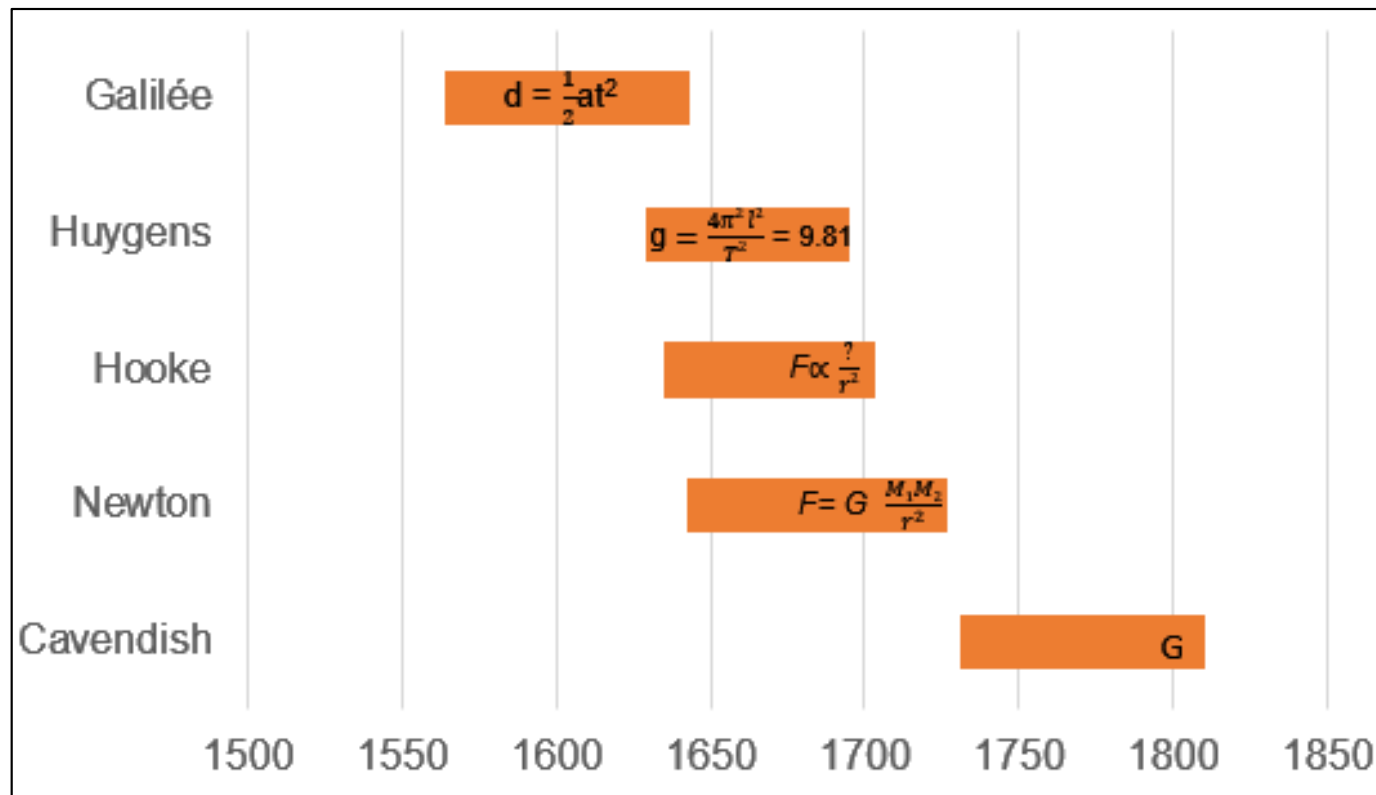
$$M_{\text{terre}} = \frac{gr^2}{G} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$F_{\text{Diane}} = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{60 \cdot 6 \cdot 1024}{6400^2}$$

$$= 588 \text{ N}$$

$$m = 588 / 9.81 = 60 \text{ kg}$$

## Quelques dates importantes

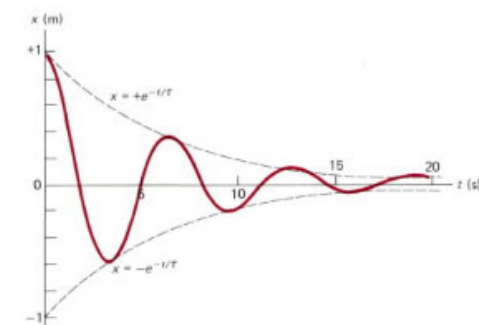
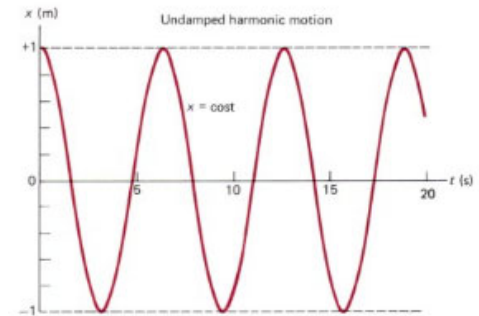




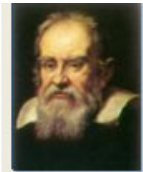
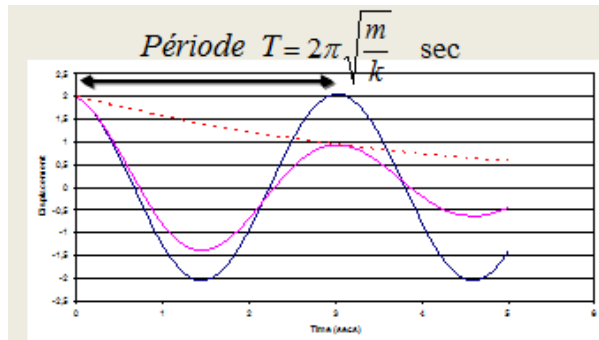
# Lord Rayleigh (1842-1919)

## Loi d'amortissement

$$F = c\dot{y}$$



# Équation de mouvement pour les charges dynamiques



Galileo Galilei  
(1564-1642)

$$F = ky$$



(1635-1703)

$$F = m\ddot{y}$$



(1642-1727)

$$F = c\dot{y}$$



(1842-1919)

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = P(t)$$

# Intégrale de Duhamel (1797-1872)

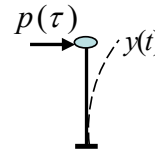


Jean-Marie-Constant  
Duhamel

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = P(t)$$

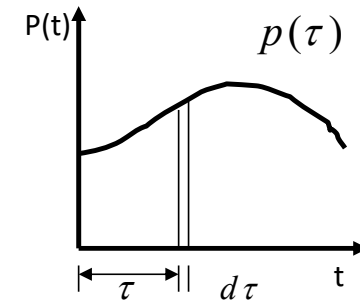
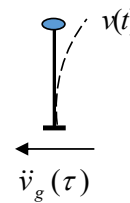
Solution  $\approx$  1850

$$y(t) = \frac{1}{m\omega} \int_0^t p(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \text{Sin}\omega(t-\tau) d\tau$$



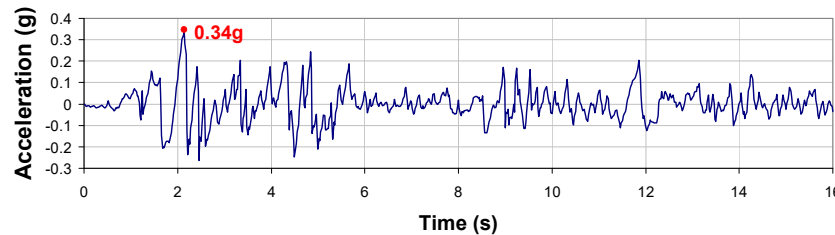
Réponse - accélération sismique

$$v(t) = -\frac{1}{\omega} \int_0^t \ddot{v}_g(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \text{Sin}\omega(t-\tau) d\tau$$



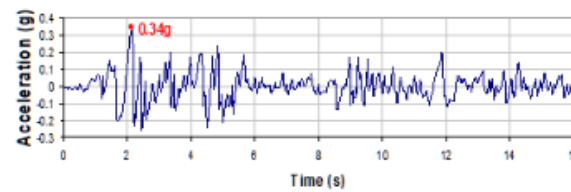
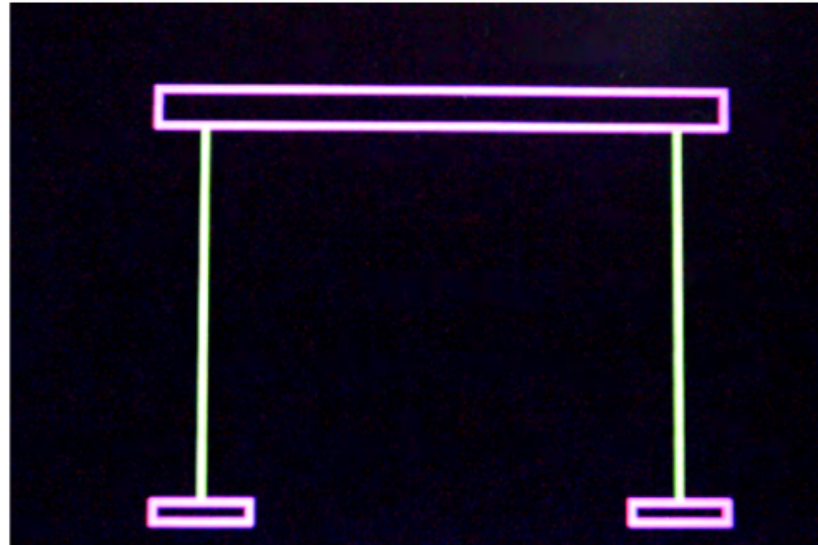
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



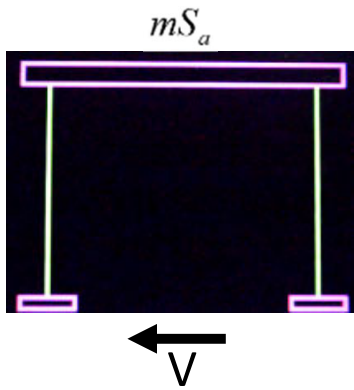
Séisme d'El Centro, CA 1940

## Réponse d'une structure au séisme d'El Centro (Californie) 1940

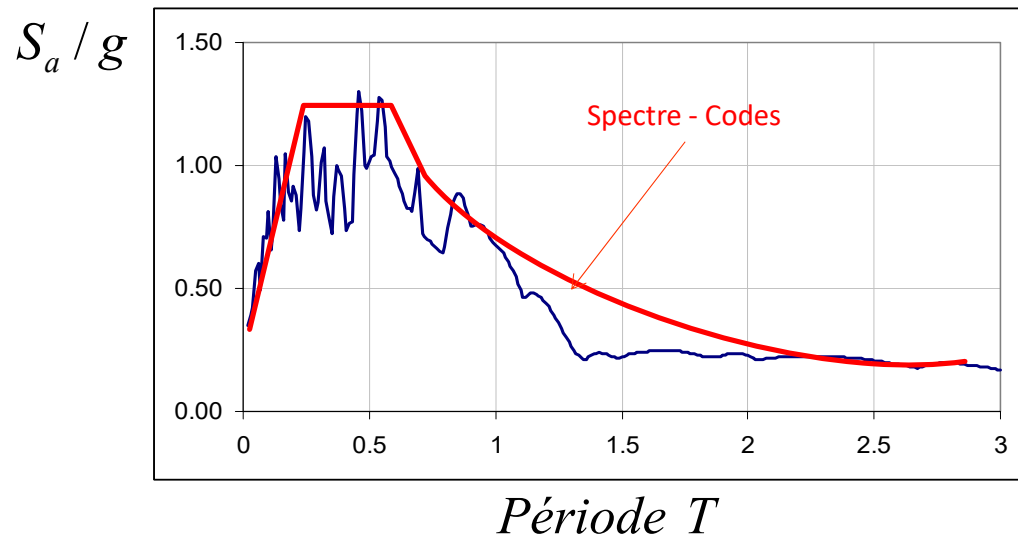
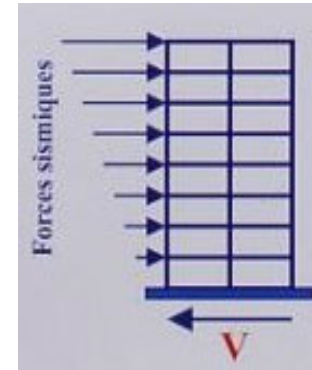




## Spectre de réponse – Valeurs maximales



$$V = mS_a = \frac{S_a}{g} W = CW$$



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

# De Newton au calcul des forces sismiques : 278 ans

- Seconde Loi de Newton (1686):

$$F = ma$$

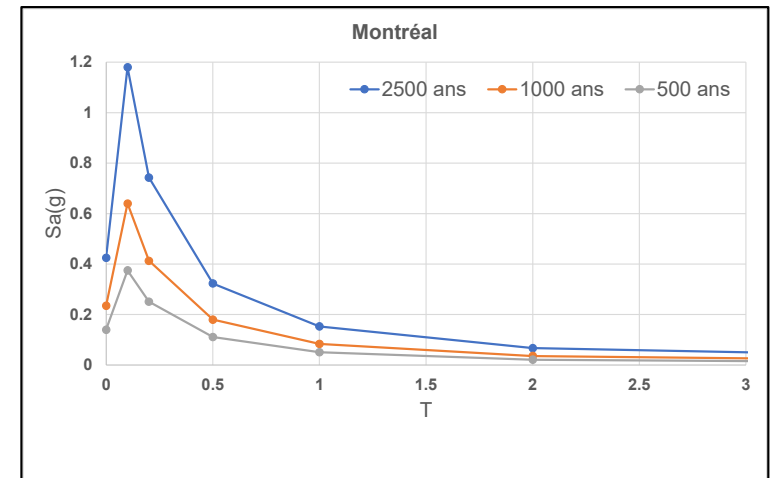
- Force sismique ( $\approx 1964$ ):

$$F = mS_a = \frac{S_a}{g} W$$

- Connaissant F dans les années 60 n'était pas suffisant



Von Karman  
& Biot, 1941



Spectre, CNBC 2020

## Maçonnerie non armée– Christchurch, NZ (Elwood, 2011)



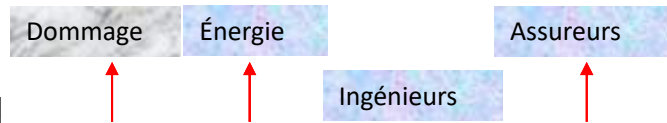
# Mesurer les tremblements de terre



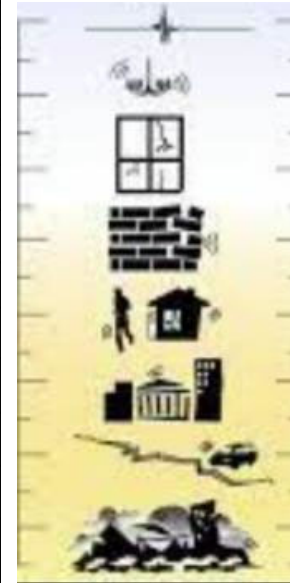
Giuseppe Mercalli  
(1850 -1914)



Charles Richter  
(1900 -1985)



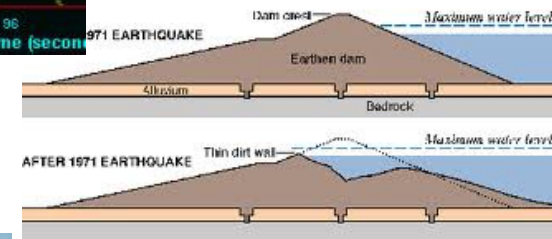
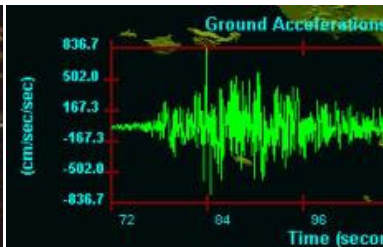
Mercalli Intensité	Richter Magnitude	Accélération (g)	Description
I	1 - 2		Très faible
II	2 - 3		Faible
III	3 - 4		Mineur
IV	4	< 0.03	Modéré
V	4 - 5	0.03 - 0.08	Plutôt fort
VI	5 - 6	0.08 - 0.15	Fort
VII	6	0.15 - 0.25	Très fort
VIII	6 - 7	0.25 - 0.45	Destructif
IX	7	0.45 - 0.60	Ruineux
X	7 - 8	0.60 - 0.80	Désastreux
XI	8	0.80 - 0.90	Désastreux extrême
XII	> 8	> 0.90	Catastrophique



# San Fernando (Los Angeles) 1971, M=6.6

Un électrochoc pour la profession - Un désastre majeur!

Accélération<sub>max</sub> = 0.85 g

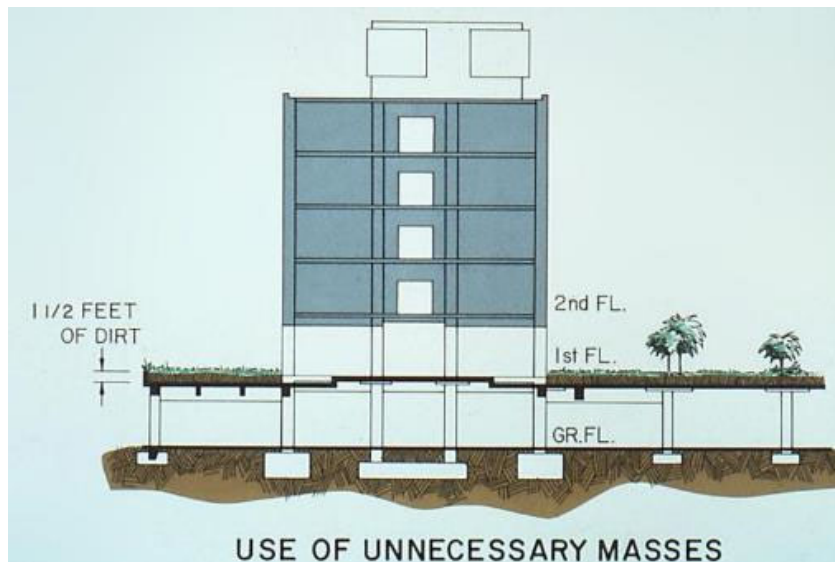




## Hôpital Olive-View à San Fernando 1971, M=6.6 (Source EERI)



## Discontinuité verticale - Étage souple



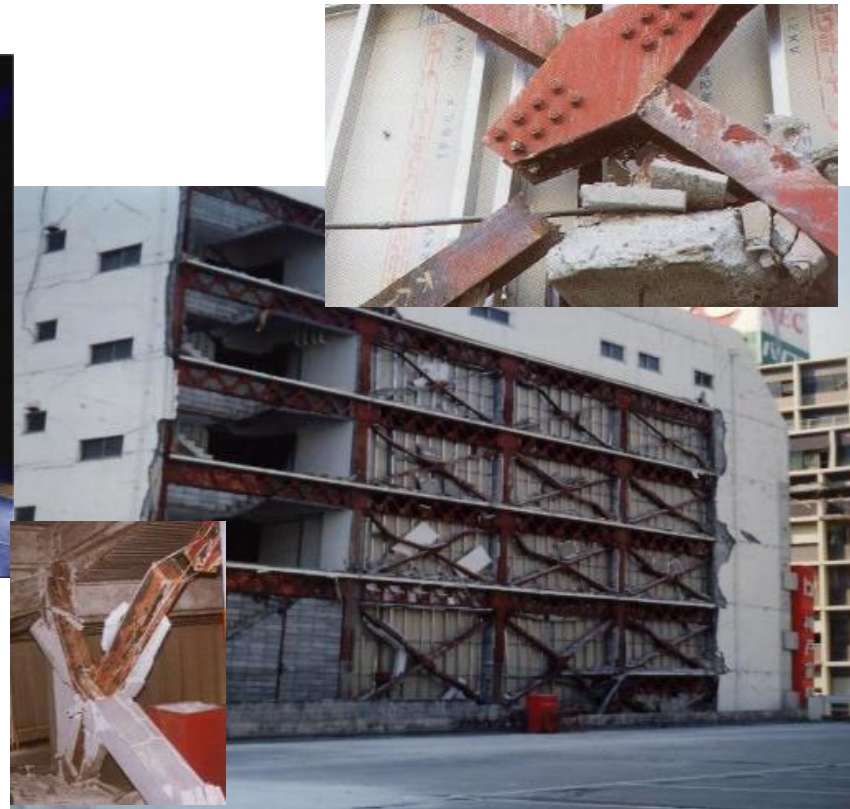
## Le diable est dans le détail



Californie



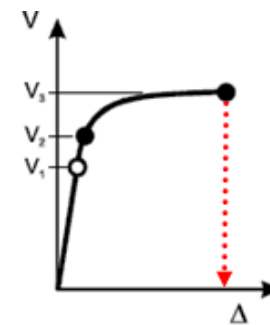
- Effritement de la surface extérieure
- Rupture des barres horizontales
- Flambement des barres verticales
- Écrasement du noyau en béton
- Rupture imminente de la colonne



Rupture du contreventement en acier

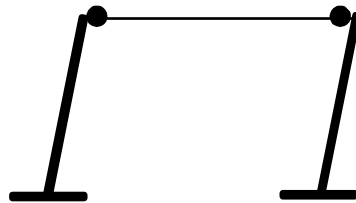
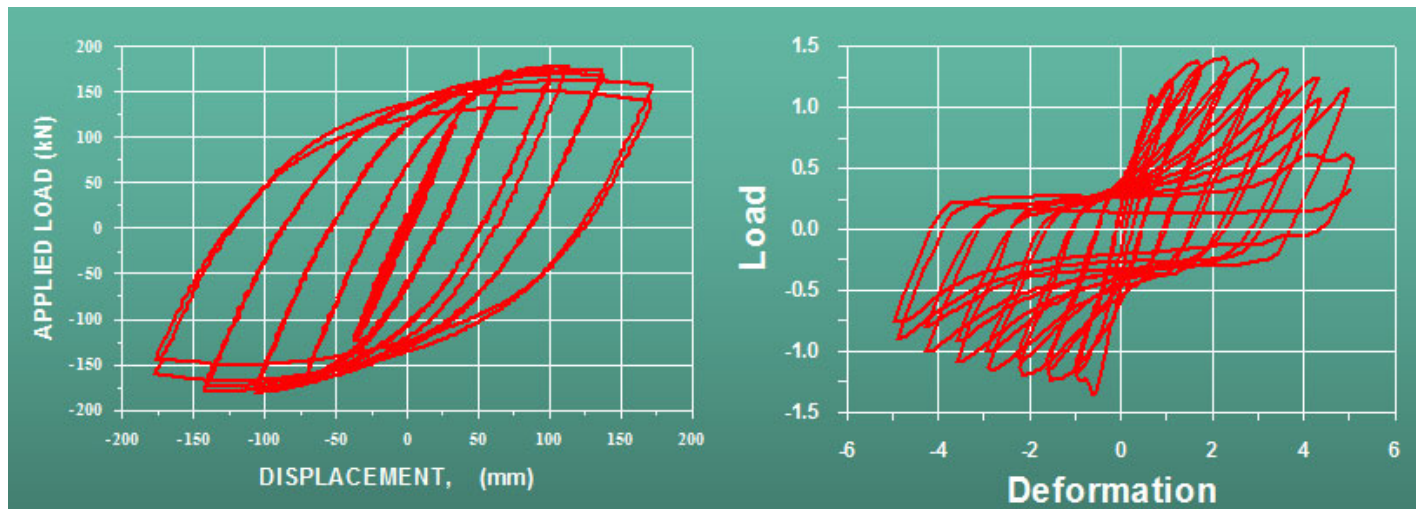
# Philosophie de la conception parasismique

Séisme	Comportement requis	Prérequis structural
Faible	Aucun dommage architectural	Rigidité
Moyen	Aucun dommage structural	Résistance
Majeur	Dommages structuraux - éviter l'effondrement et les pertes de vie	Ductilité
	Fonctionnalité de certains bâtiments (hôpitaux, écoles, etc.)	

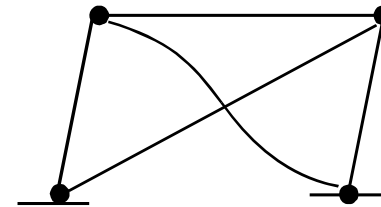




## Exemples de dissipation d'énergie (Tremblay, 2004)



Concept: colonnes fortes poutres faibles





## Ce n'est pas une fable!

« je plie mais ne romps pas... »

Tiré de la fable # 22:  
Le chêne et le roseau

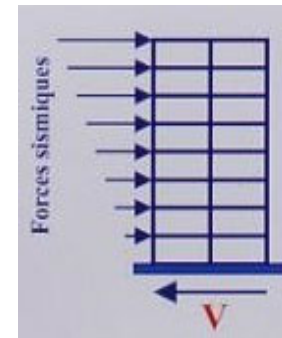


Jean de la Fontaine  
1621-1695

# Évolution du CNBC 1941 – 2020

## Objectif : éviter l'effondrement

Édition du CNBC	Force sismique à la base V	Période de retour	Probabilité annuelle	Probabilité sur 50 ans
1941	$V = CW$	Non définie		
1953	$V = CW$			
1960				
1965	$V = ZCIFS$	100 ans	0.01	40%
1970	$V = \frac{1}{4} ZKSIFW$			
1975	$V = ASKIFW$			
1977	$V = ASKIFW$			
1980	$V = ASKIFW$			
1985	$V = vSKIFW$	475 ans	0.0021	10%
1990	$V = U(vSIFW)/R$			
1995	$V = U(vSIFW)/R$			
2005	$V = S(T)M_v I_E W / (R_d R_o)$ $S(T) = F_a S_a(T)$ ou $F_v S_a(T)$  $V \leq 2/3 S(0.2) I_E W / (R_d R_o)$ pour $R_d \geq 1.5$	2500 ans	0.0004	2%
2010	$V = S(T)M_v I_E W / (R_d R_o)$ $S(T) = F_a S_a(T)$ ou $F_v S_a(T)$  $V \leq 2/3 S(0.2) I_E W / (R_d R_o)$ pour $R_d \geq 1.5$			
2015	$V = S(T)M_v I_E W / (R_d R_o)$ $S(T) = \text{MAX} \{ F(0.2) S_a(0.2) ; F(0.5) S_a(0.5) \}$ pour $T \leq 0.2s$ $= F(0.5) S_a(0.5)$ pour $T = 0.5s$ $= F(1.0) S_a(1.0)$ pour $T = 1.0s$ $= F(2.0) S_a(2.0)$ pour $T = 2.0s$ $= F(5.0) S_a(5.0)$ pour $T = 5.0s$ $= F(10.0) S_a(10.0)$ pour $T \geq 10s$  $V \leq 2/3 S(0.2) I_E W / (R_d R_o)$ pour $R_d \geq 1.5$			
2020	Similaire à 2015	2500 ans Révision de la sismicité	0.0004	2%



Récits de voyage  
Watsonville - 100 KM au sud de SF (1989)



# Poinçonnement des colonnes à travers la dalle!!





Bâtiment récent (1989) en béton en Californie  
Refend côté Sud





Côté Nord – surprise!  
Pas de refend



# Ajout du refend manquant



# Costa Rica (1991) – Capitale: San José M = 7.7

Google



## Logement à Limon ?





## Comment traverser le fleuve?





# Dommmages majeurs à la raffinerie Recope Costa Rica 1991



Ballotement du liquide  
Réservoir 44m  $\Phi$



Patte d'éléphant 21m  $\Phi$

## Kobe 1995 – La réfection parasismique: c'est payant!



## Bâtiment en maçonnerie - Oakland, CA (1989)



# Réfection du bâtiment





## Réfection d'une école au Québec suite au séisme du Saguenay, 1988



Dispositif à friction  
Pall




Fusible - contreventement  
Source: Tremblay, 2011



# Cause des tremblements de terre...en Iran



DAILY MIRROR

 News ▶ World news ▶ YouTube

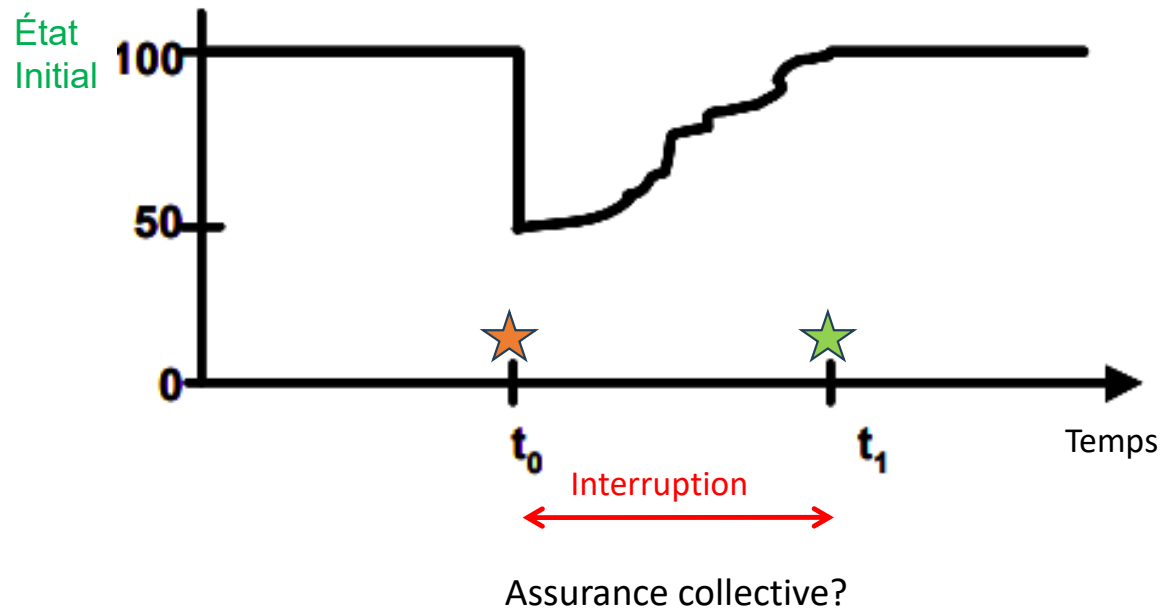
## Islamic cleric blames women for earthquakes because of the way they dress

Hojatoleslam Kazim Sadeghi says women who dress provocatively cause earthquakes because they tempt people into promiscuity



*L'ignorant affirme, le savant doute, le sage réfléchit  
Aristote*

# Interruption des activités – Temps pour la récupération ? La résilience



# Conclusion

Mieux vaut tard que jamais...

*En 1992 Galilée a été définitivement réhabilité par l'Église, environ 400 ans après avoir été déclaré dissident. C'est Jean-Paul II qui a réhabilité l'homme de science dans un discours prononcé en français!*

*Ite missa est*



Merci de votre attention

Questions?