

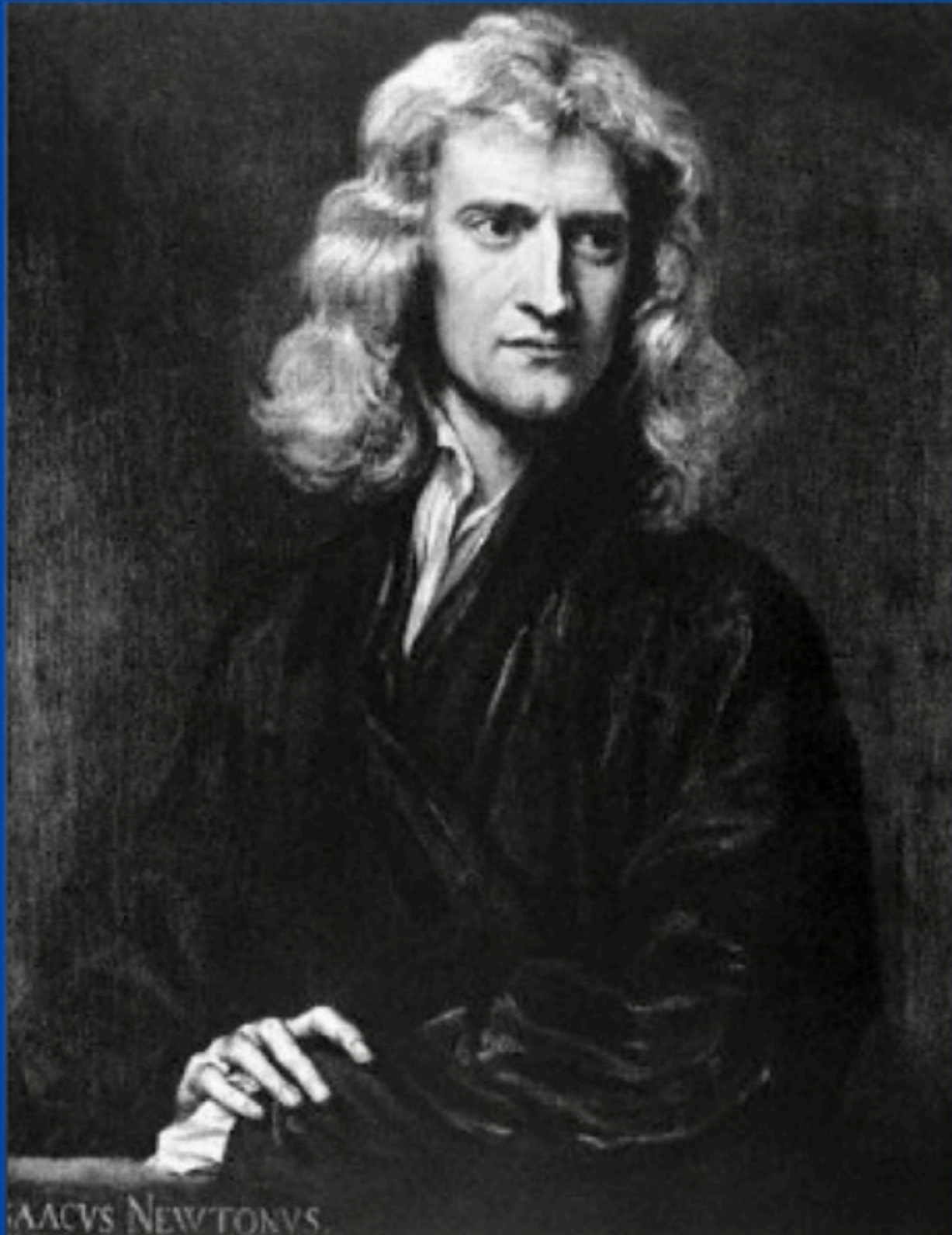
Statique et Dynamique

- Lois de Newton -

- Loi d'**inertie**
- Loi fondamentale de la **dynamique**
- Loi de l'**action** et de la **réaction**.

C'est en 1687 que Newton publia ses *Principia*, contenant la formulation définitive des lois de la Mécanique, pressenties par :

- Aristote (-384 à -322) : première notion de *mouvement naturel* (contre *mouvement forcé*),
- Galilée (1564-1642) : *mouvement naturel* possible si pas de frottements,
- Descartes (1596-1650) : pas de variation de vitesse pour un *mouvement naturel* (mvt rectiligne uniforme).



Newton ajoute aux acquis de ces prédécesseurs une définition de la **force**.

Pour Newton la **force** est la cause du changement du mouvement.

Un écart au *mouvement naturel* fournit ainsi une mesure directe de la **force**.

Première loi de Newton : principe d'inertie

Cette loi définit ce *mouvement naturel* de la façon suivante :

Si on prend un corps sur lequel la somme des forces est nulle, ce corps va être animé d'un mvt rect. uniforme (i.e. un mvt pour lequel le vecteur vitesse est une cste).

Le repos devient un cas particulier ($\text{cste} = \vec{0}$).

Mais... a-t-on jamais vraiment $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$ dans la nature ?

Sur Terre : problème des forces de frottement

Dans l'espace : problème des forces de gravitation

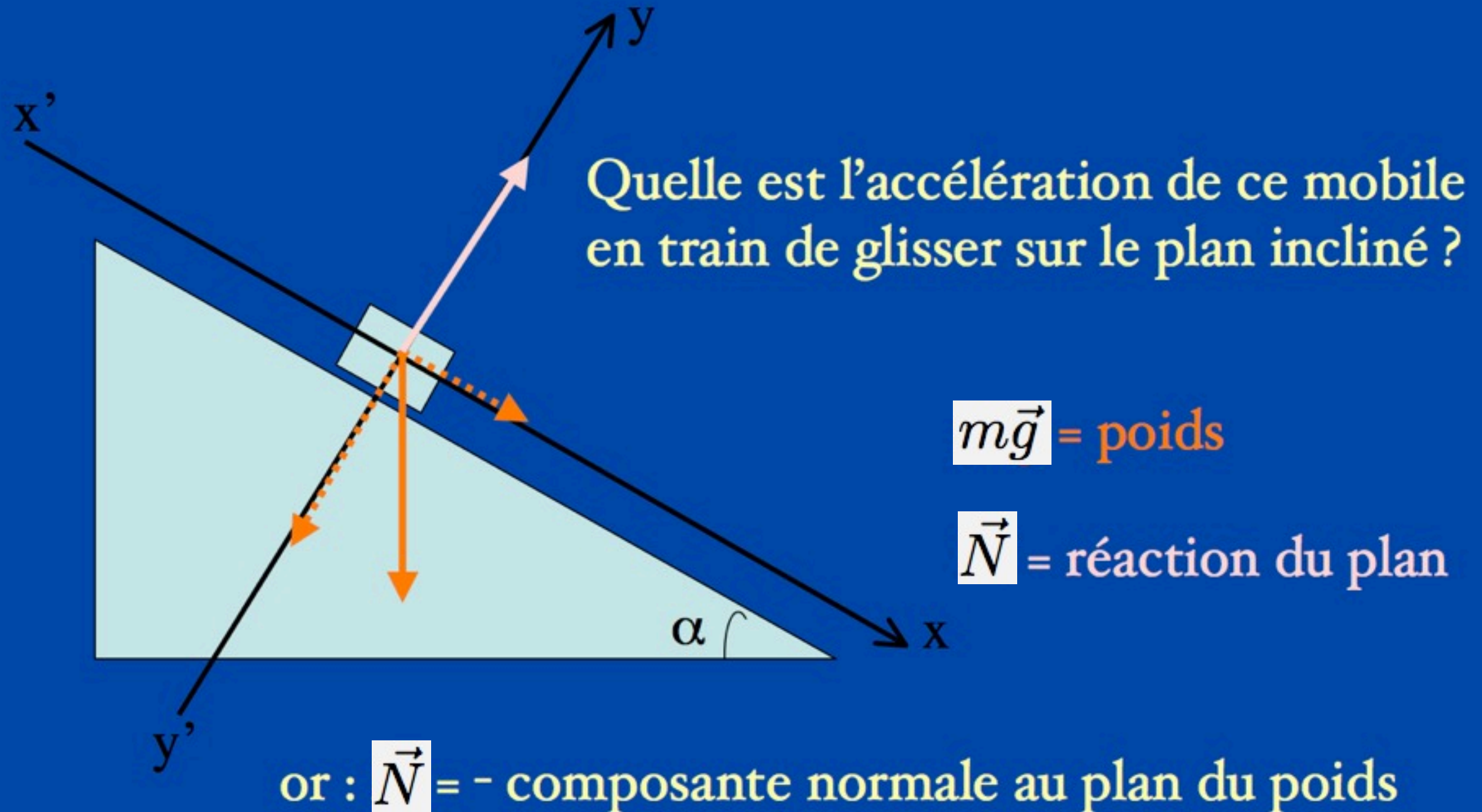
Deuxième loi de Newton : principe fondamental de la dynamique

La force est un agent du changement pour le mouvement. C'est ce qui modifie le mouvement. C'est-à-dire ce qui modifie le vecteur vitesse \vec{v} (module et/ou direction de ce vecteur). Et on a :

$$\Sigma \vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

Donc : si j'exerce une force pendant un temps dt je modifie le mouvement par une variation $d\vec{v}$ du vecteur vitesse.

Deuxième loi de Newton : Exemple



On peut donc faire le bilan des forces, écrire la 2^{me} loi de Newton, projeter sur les axes $x'x$ et $y'y$... et en tirer que : $a_x = g \sin \alpha$ et $a_y = 0$.

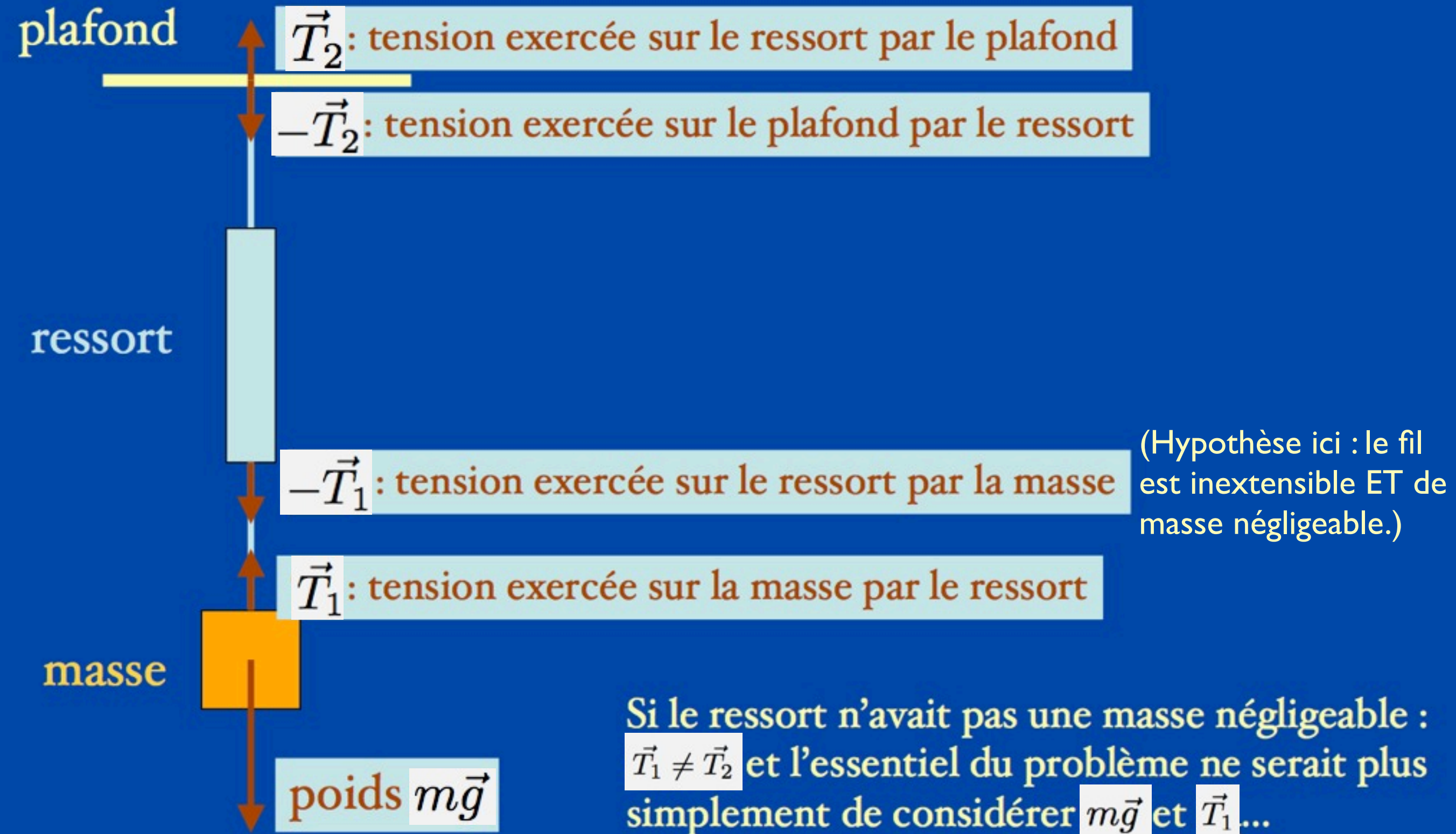
Troisième loi de Newton : principe d'action et de réaction

Lorsqu'on a deux corps en interaction, ils exercent l'un sur l'autre des forces qui sont égales et opposées entre elles :

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$$

C'est une loi moins systématiquement appliquée que la 2^{me} loi de Newton, mais tout aussi fondamentale...

Troisième loi de Newton : Exemple



Validité des lois de Newton

- Elles ne sont pas vraies au niveau atomique
⇒ mécanique quantique (mouvement d'un électron, etc.)
- Elles ne sont plus vraies lorsque v devient de l'ordre de c
⇒ relativité d'Einstein
- Elles ne sont valables que dans des référentiels inertiels (comme la Terre, pas comme dans un référentiel accéléré)
(Par exemple, cas d'une voiture qui freine : on se place dans le référentiel associé à la route, pas à la voiture.)

Complément : les forces de frottements

On peut considérer deux types de forces de frottements :

- **les forces de frottements de type visqueux**

Elles sont proportionnelles à la vitesse : $\vec{f} = -k\vec{v}$

- **les forces de frottements solide-solide (ou frott. secs)**

Leur module est proportionnel à celui de la réaction du plan :

$$\|\vec{f}\| = \mu \|\vec{N}\|$$

Il en existe de deux types : **statiques** et **dynamiques**, avec des coefficients μ_s et μ_d *a priori* différents et tels que : $\mu_d \leq \mu_s$

Forces de frottements secs statiques et dynamiques

f (force de frottements)

$$\mu_S \|\vec{N}\|$$

$$\mu_d \|\vec{N}\|$$

cas dynamique

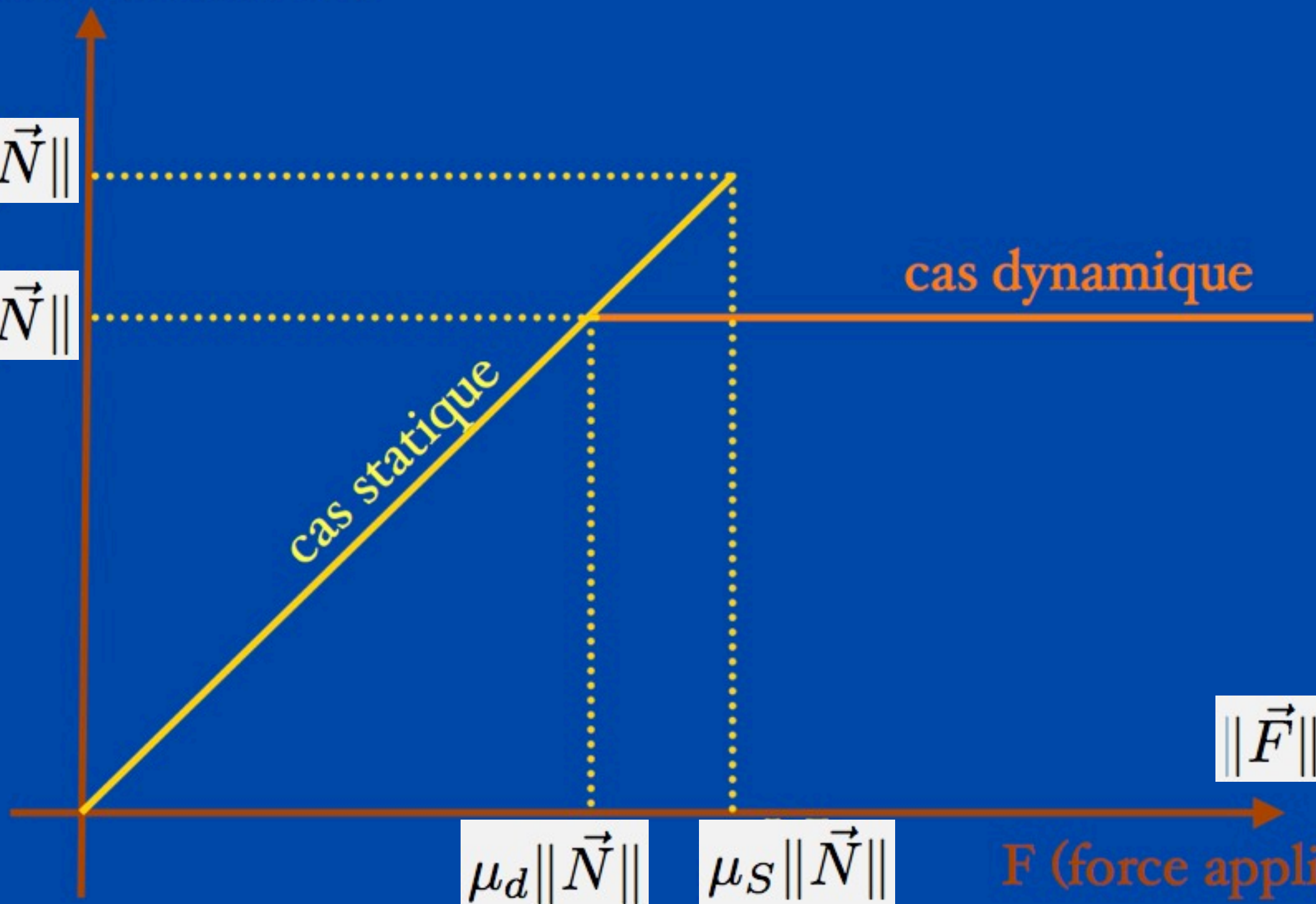
cas statique

$$\|\vec{F}\|$$

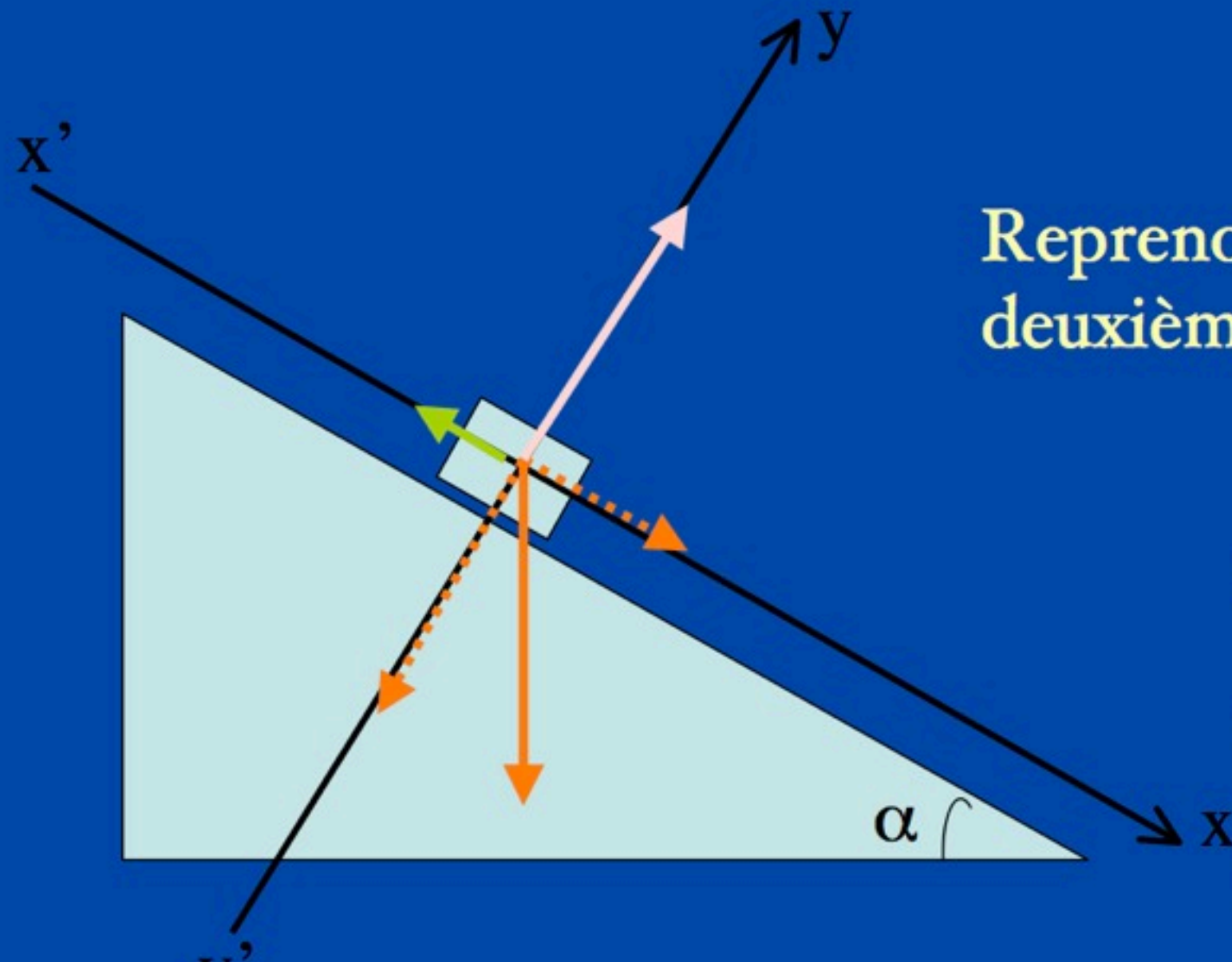
$$\mu_d \|\vec{N}\|$$

$$\mu_S \|\vec{N}\|$$

F (force appliquée)



Forces de frottements secs : Exemple



Reprenons l'exemple relatif à la deuxième loi de Newton :

$m\vec{g}$ = poids

\vec{N} = réaction du plan

\vec{f} = frottements secs

Frottements statiques :

mobile reste immobile tant que :

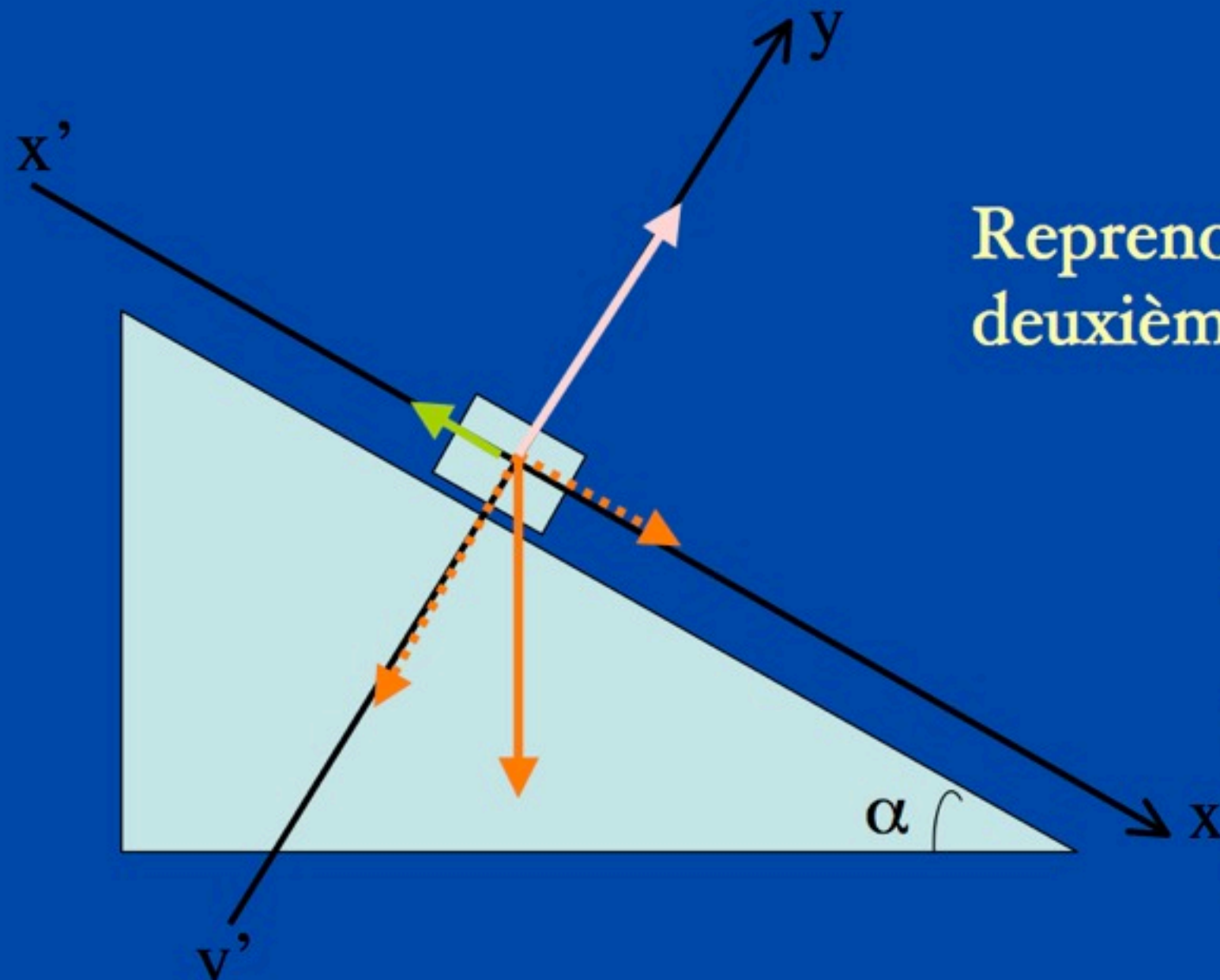
$$\|\vec{f}_S\| < \mu_S mg \cos \alpha$$

et on a : $\vec{f}_S = -mg \sin \alpha \hat{x}$

mais, il glisse dès que :

$$mg \sin \alpha = \mu_S mg \cos \alpha \Rightarrow \tan \alpha = \mu_S$$

Forces de frottements secs : Exemple



Reprenons l'exemple relatif à la deuxième loi de Newton :

$m\vec{g}$ = poids

\vec{N} = réaction du plan

\vec{f} = frottements secs

Frottements dynamiques : $\vec{f}_D = -\mu_D m g \cos \alpha \hat{x}$

$$\Rightarrow a_x = g (\sin \alpha - \mu_D \cos \alpha) ; a_y = 0$$