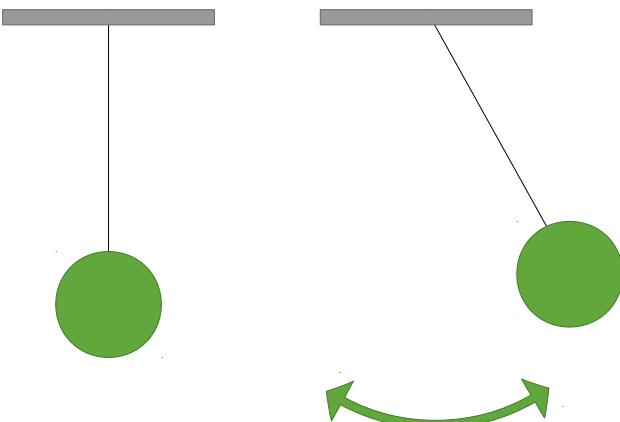


# La stabilité des fusées

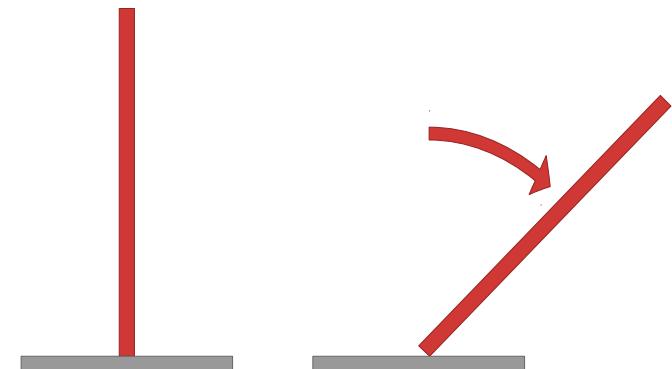
# Définir la stabilité

Stable :

Se dit d'un système qui, lorsqu'il est écarté de sa position d'équilibre, revient naturellement à celle-ci.



Pendule : système stable

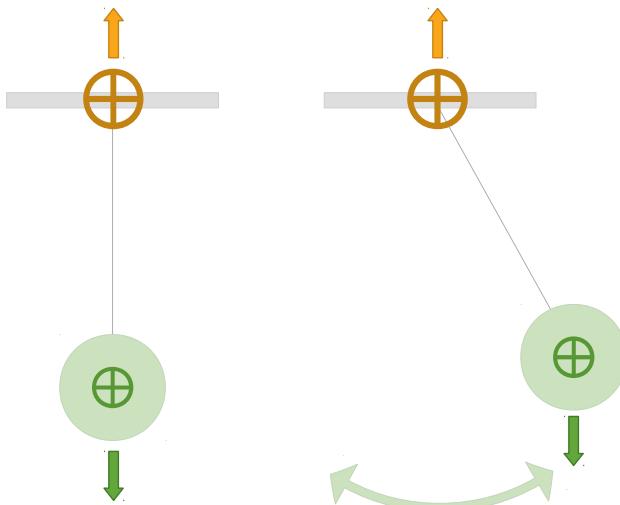


Baton : système instable

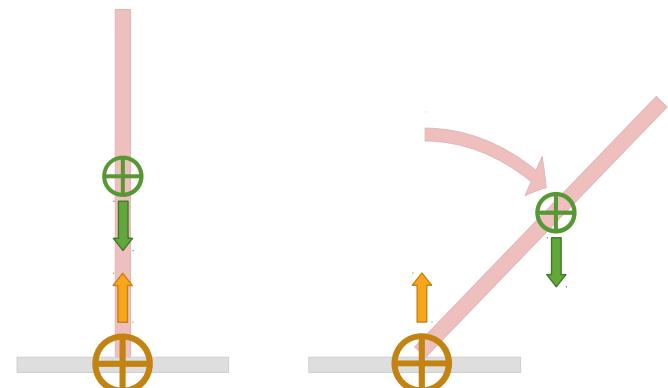
# Définir la stabilité

Stable :

Se dit d'un système qui, lorsqu'il est écarté de sa position d'équilibre, revient naturellement à celle-ci.



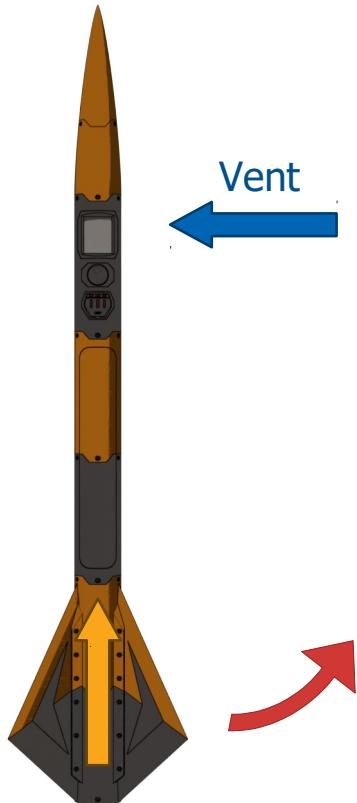
Pendule : système stable



Baton : système instable

# La stabilité des fusées

Poussée du moteur à l'arrière  
jamais parfaitement centrée ni homogène



Principales causes d'instabilité



Principale cause de stabilité

# La théorie

## CPM : Centre de Poussée Moteur

Sa position à l'arrière du centre de gravité rend la fusée naturellement instable



## CPA : Centre de Poussée Aéro

Résultante des forces aérodynamiques qui s'appliquent sur la fusée

## CdG : Centre de Gravité

Barycentre des masses de la fusée, ainsi que son centre de rotation

## Marge Statique : $MS = m / d$

→ Distance entre le CdG et le CPA, exprimé en diamètres de référence

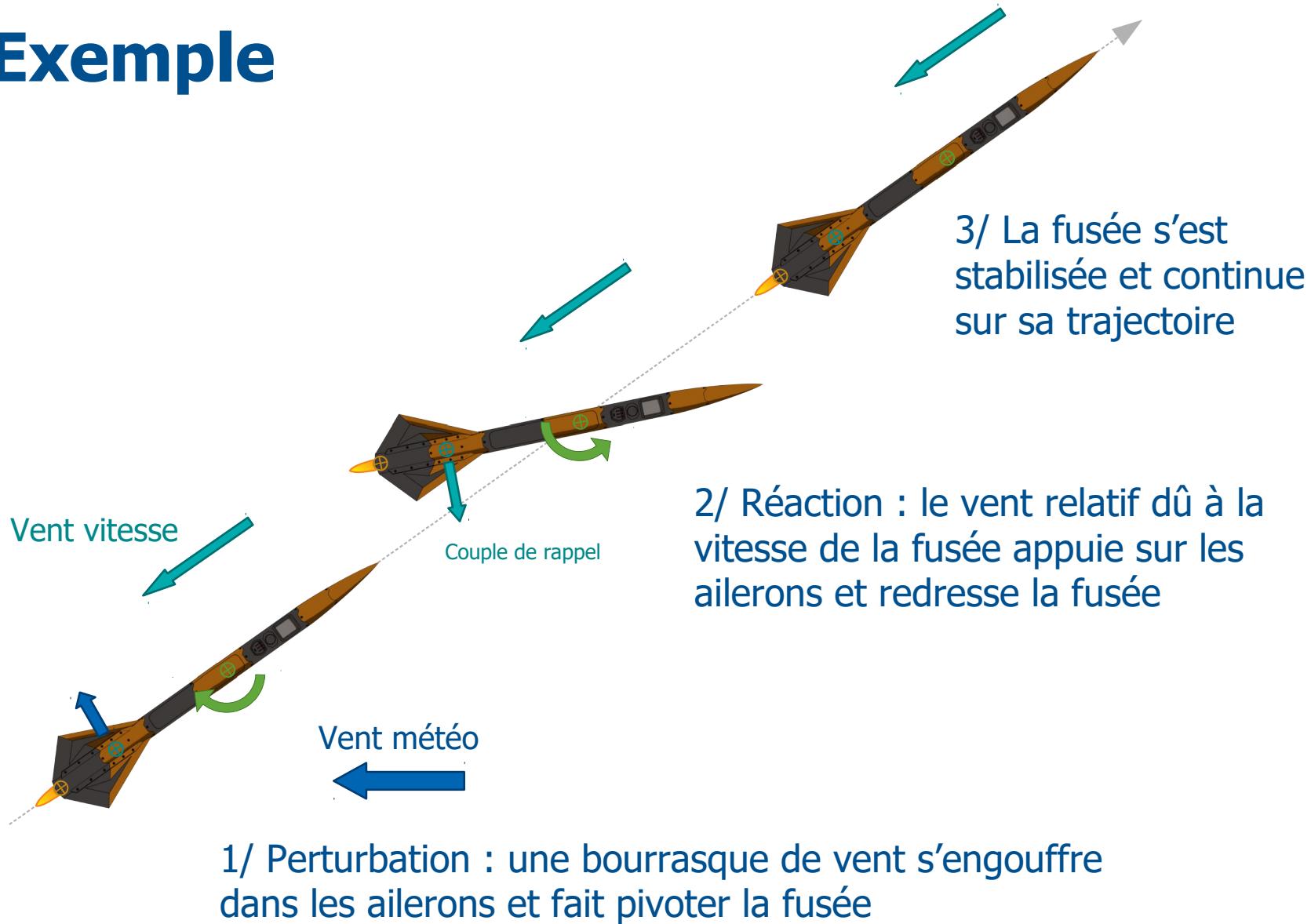
## Gradient de portance : $C_{n_a}$

→ Intensité de la résultante des forces aéro appliquée au CPA, dépend principalement de la taille des ailerons

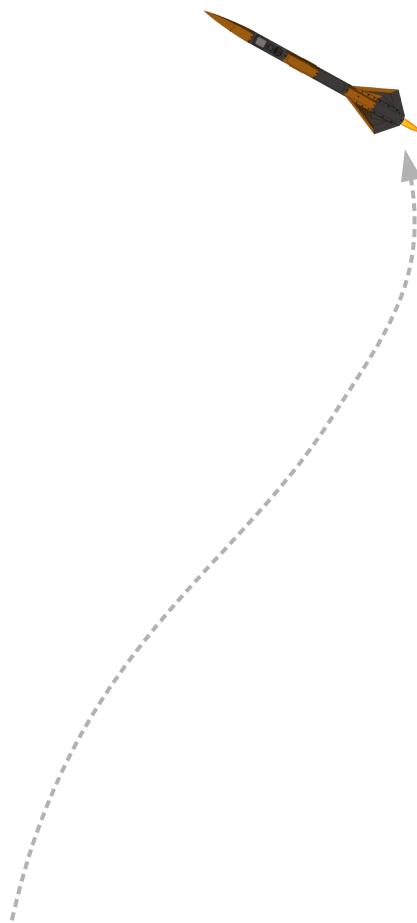
## Couple de rappel : $MS \times C_{n_a}$

→ Intensité avec laquelle la fusée va pivoter sur elle-même en réaction aux forces aéro

# Exemple



# Trois types de vol



Pas assez de poussée aérodynamique pour contrer les perturbations : la trajectoire devient imprévisible et dangereuse.

Principales causes :

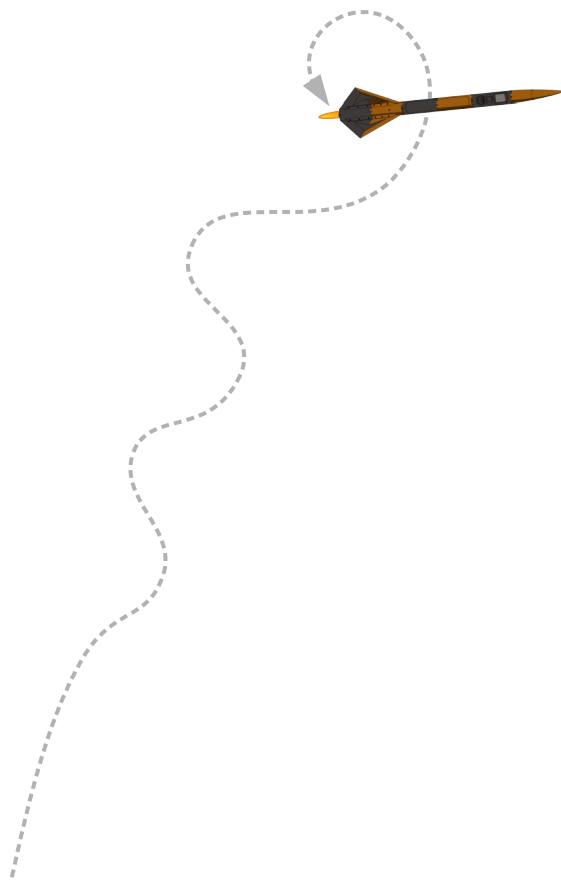
- Ailerons trop petits
- Marge statique trop faible

→ **VOL INSTABLE**

Solutions :

- Agrandir ou abaisser les ailerons
- Monter le centre de masse

# Trois types de vol



Trop de poussée aérodynamique, la fusée sur-réagit aux perturbations : la trajectoire oscille de plus en plus et la fusée risque de se retourner.

Principales causes :

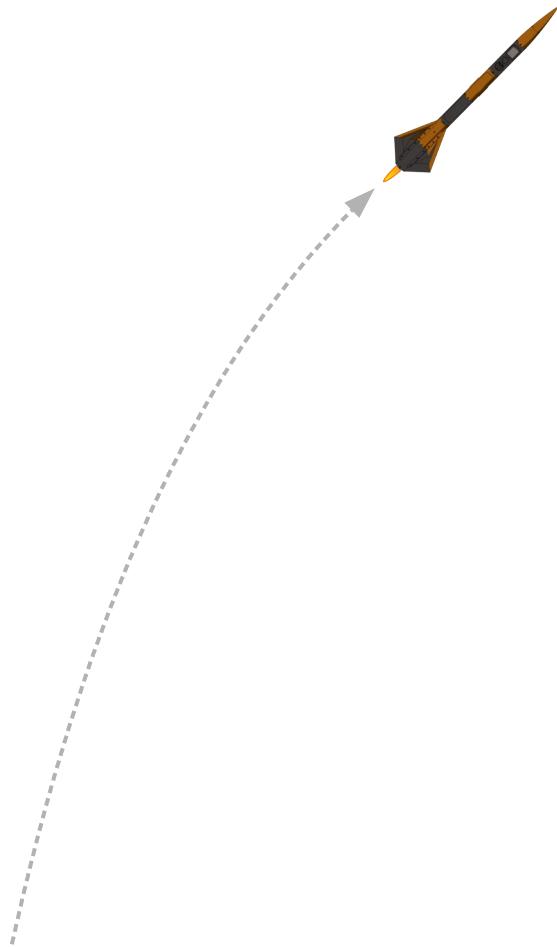
- Ailerons trop grands
- Marge statique trop importante

→ **VOL SURSTABLE**

Solutions :

- Réduire ou éléver les ailerons
- Abaisser le centre de masse

# Trois types de vol



La fusée est équilibrée, la poussée aérodynamique est suffisante pour contrer les perturbations mais pas trop importante pour déstabiliser le vol : la trajectoire est prévisible et sûre.

→ **VOL STABLE**

# Les critères de stabilité : minif

$1,5 < MS < 6$

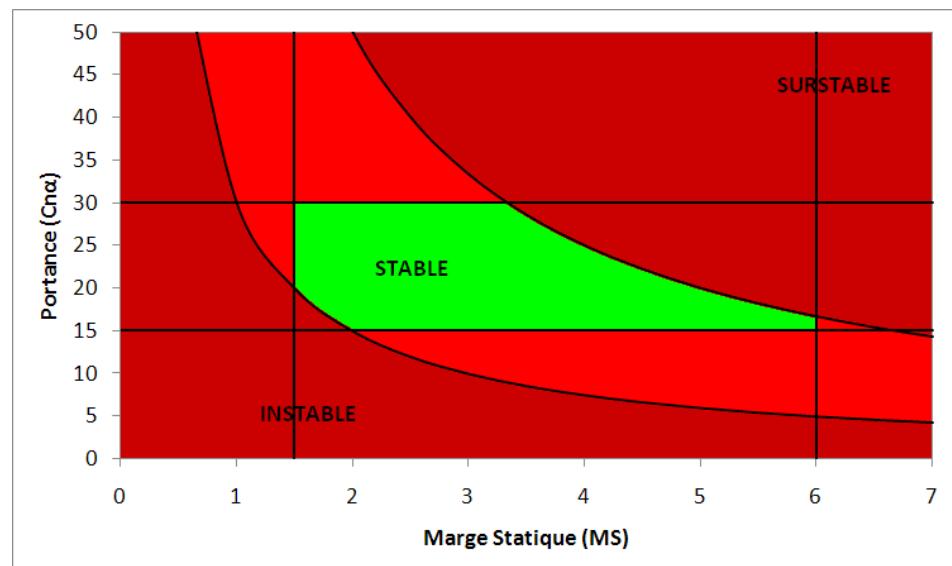
$15 < Cna < 30$

$30 < MS \times Cna < 100$

Vitesse > 18m/s  
en sortie de rampe

$10 < \text{finesse} < 20$

finesse = longueur totale / diamètre



→ Règle VL4 du cahier des charges

# Les critères de stabilité : fusex

$2 < MS < 6$

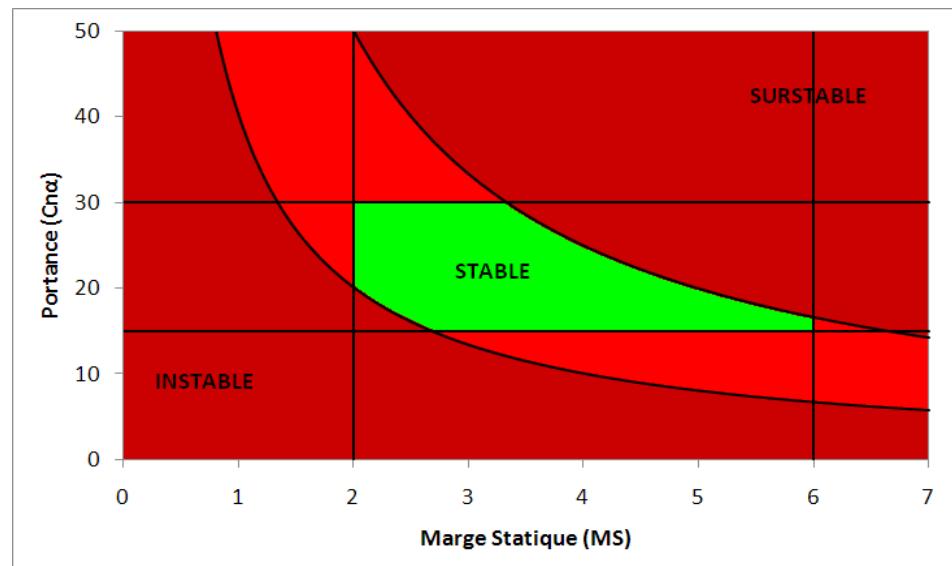
$15 < Cna < 40$

$40 < MS \times Cna < 100$

Vitesse > 20m/s  
en sortie de rampe

$10 < \text{finesse} < 35$

finesse = longueur totale / diamètre



→ Règles STAB1 à STAB5 du cahier des charges

# StabTraj

**TRAJECTO**

Trajectographie de fusée

Remplir les cases jaunes	
Fusée	Cortex 2
Nom	Planète Sciences
Club	
Masse totale	1.5099 kg
Propulseur	Pandora
Trainée Aérodynamique	
Surface Réf.	0.004327 m <sup>2</sup>
Cx	0.6
Rampe de Lancement	
Longueur	2.5 m
Elévation	80 °

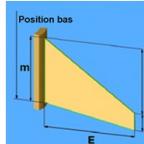
  

**STABILITO**

Stabilité de fusée à ailerons

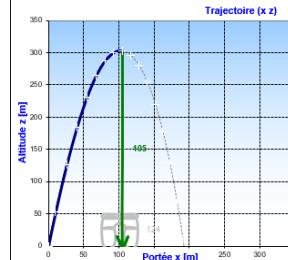
Remplir les cases jaunes	
Fusée	Cortex 2
Nom	Planète Sciences
Club	Minifusée
Masse	1350 g
Centre de Masse	550 mm
Longueur totale	1020 mm
Propulseur	
Type	Pandora
Position du bas	1000 mm
Coiffe	
Forme	Ogivale (pointue)
Hauteur	240 mm
Diamètre	60 mm
Ailerons	
Emplanture	Mono-empennage
'm'	280 mm
Salmon	0 mm
Flèche	'p'
'E'	190 mm
Envergure	100 mm
Epaisseur	'ep'
Nombre	3
Position du bas	1000 mm

Commentaire libre :

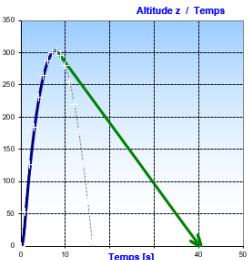


Maintenant que votre fusée est stable, vérifiez sa trajectoire via la feuille Trajecto

**Trajectoire (x z)**

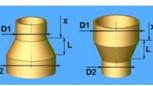


**Altitude z / Temps**



**Language/Langue** Français

Fusée mono-diamètre,



Propulseur Prop vide Sans propo

Masse propo	0.16 kg	0.084 kg	-
Cdfl propo	114 mm	114 mm	-
Masse fusée	1.51 kg	1.434 kg	1.35 kg
Cdfl fusée	586 mm	570 mm	550 mm

Ailerons bas

3Cp	Ctrs	
Coiffe	112 mm	2.0
Ailerons	830 mm	18.0

**Temps** Altitude z Portée x Vitesse Accélération Efforts

7.7 s	303 m	101 m	12 m/s	-	24.2 N
8.0 s	303 m	105 m	12 m/s	-	24.2 N
16.2 s	~0 m	193 m	66.8 m/s	3201 J	

**pour localiser la fusée**

BrunOrange... Rouge...

propo OK v3.4

**Temps** Altitude z Portée x Vitesse Accélération Angle

s	m	m	m/s	m/s <sup>2</sup>	°
0	0	0	0	0	80
0.20	2.35	0.41	24.4	121.8	80.0
				84	149.6
1.1	60	12	82	17.1	78.5
7.7	303	101	12	9.8	4.6
16.2	~0	193	67	5.0	-82.7
8.0	303	105	12	9.8	-9.2
40	~0	-56   266	9	9.8	-

<http://www.planete-sciences.org/espace/Ressources/Trajectoire/?lang=fr>

**A compléter et à déposer dans l'espace SCAE de votre projet!**