

# Un ballon pour toucher le ciel



# OBJECTIF SCIENTIFIQUE

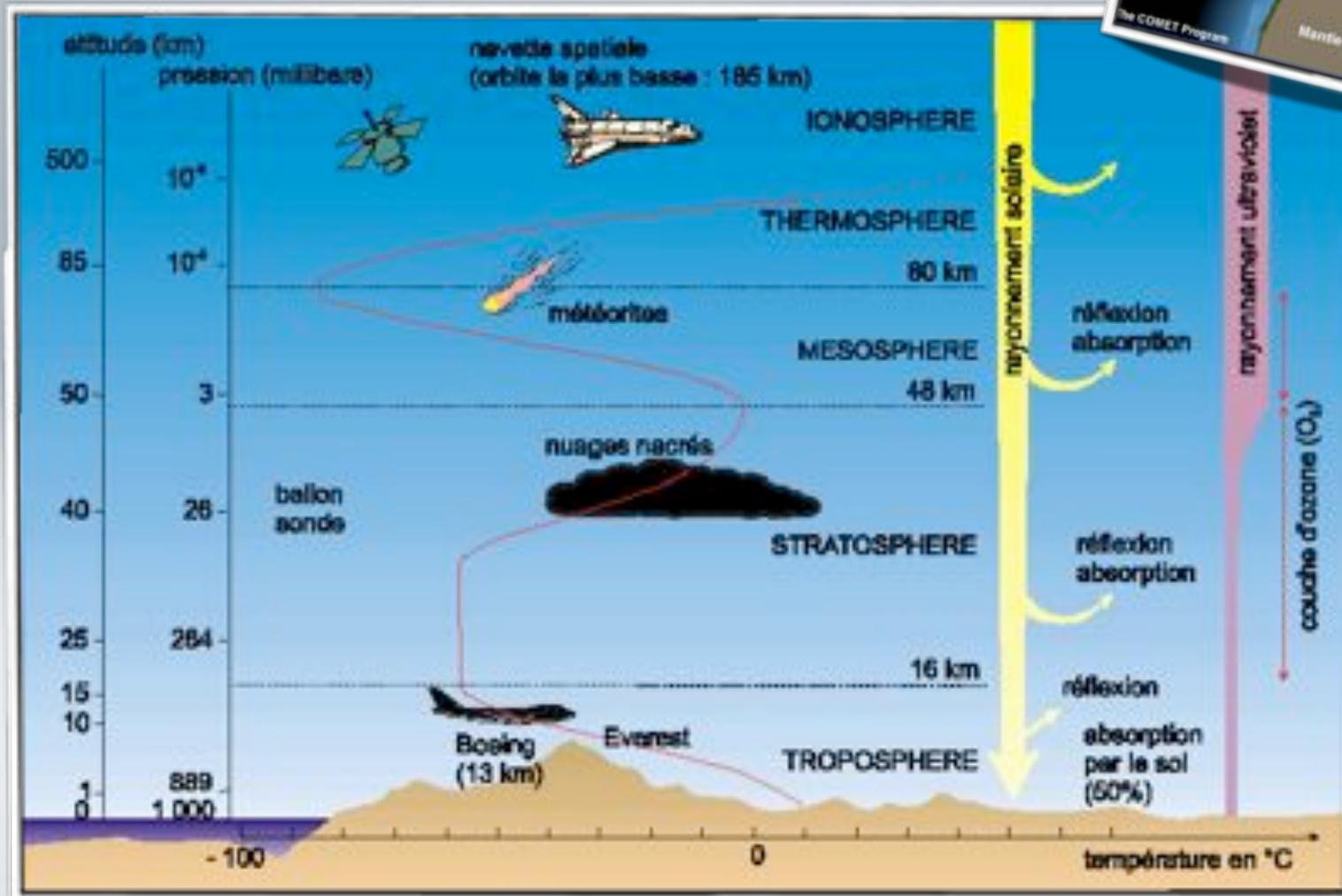
✓ Reproduire l'expérience de Hess en envoyant un ballon dans la stratosphère (jusqu'à environ 33 km).

✓ Vérifier que la Terre est toujours ronde !

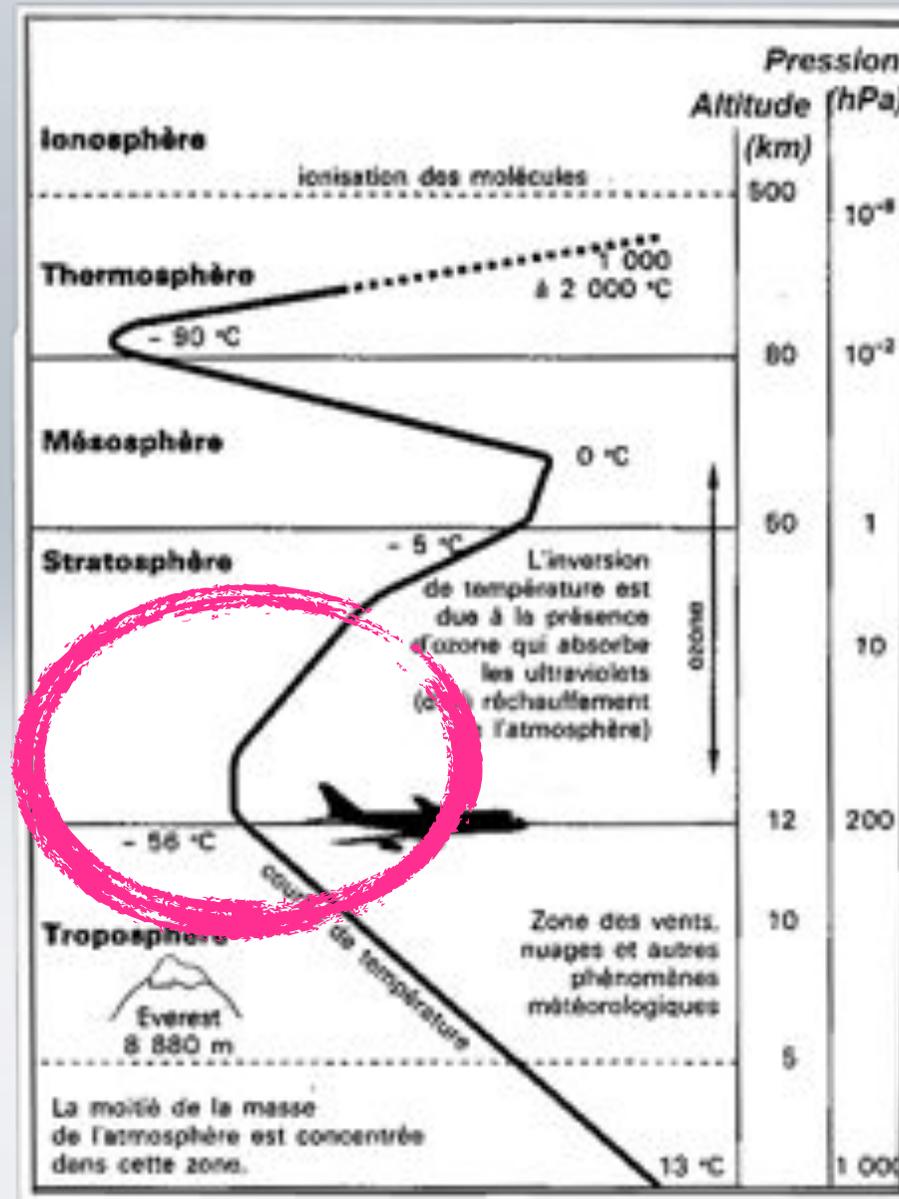
➡ Mais attention, l'environnement est très particulier !



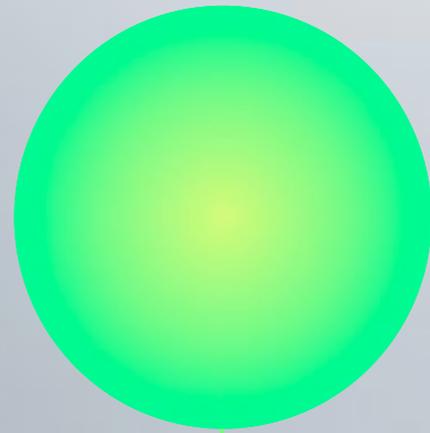
# L'ATMOSPHERE



# UN ENVIRONNEMENT HOSTILE!



# COMPOSITION TYPIQUE D'UN BALLON



← **Ballon à l'hélium**



← **Parachute**



← **Charge utile**

# LA CHARGE UTILE

- Elle doit permettre de reproduire l'expérience de V. Hess afin de mesurer l'évolution de la radioactivité en fonction de l'altitude.

- **Des contraintes très fortes:**

- **La masse est limitée à environ 500 g.**
- **Elle doit survivre à l'environnement.**

# La physique du ballon



# POURQUOI LE BALLON MONTE ?

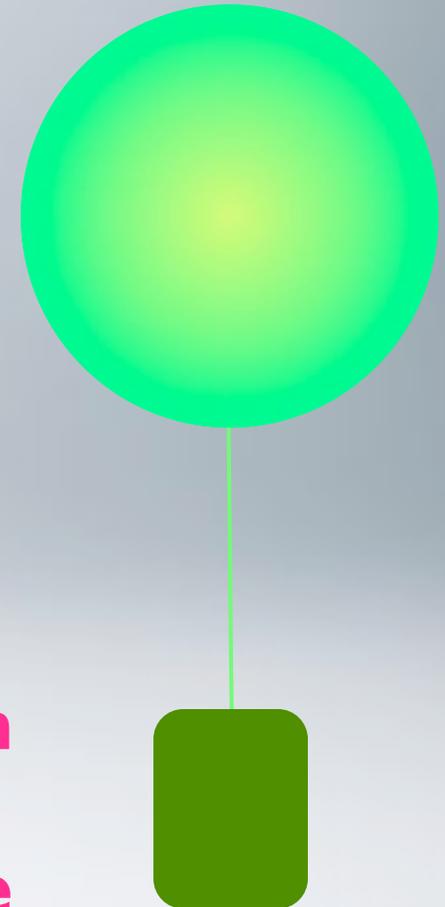
- **F = force ascensionnelle = poussée d'Archimède.**

$$F = m_{\text{air ext.}} \cdot g = \mu_{\text{air ext.}} \cdot V \cdot g$$

- **R = force exercée sur la surface d'un ballon**

$$R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$$

- **P = poids de la charge utile et du ballon (et de son gaz !).**



➡ **Tracer les forces qui s'exerce sur un ballon ?**

➡ **Quelle condition doit-être respectée pour que le ballon monte ?**

# LE PROBLÈME DE LA MONTÉE

- L'expression du calcul de la force des frottements de l'air dépend de la nature de l'écoulement : **laminaire ou turbulent**.
- La turbulence apparaît lorsque le nombre de Reynolds  $Re$  (sans dimension) dépasse une valeur de quelques milliers:

$$Re = \frac{\rho L v}{\eta}$$

$\rho$  est la masse volumique du fluide en écoulement,  $L$  est le diamètre de l'obstacle,  $v$  est la vitesse du fluide,  $\eta$  sa viscosité.

Pour l'air:  $\rho = 1,161 \text{ kg.m}^{-3}$  à 300 K et 1 bar  
 $\eta = 18,6 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$  à 300 K

- ➔ **Calculer le nombre de Reynolds pour un ballon.**
- ➔ **Quelle conséquence pour la charge utile ?**

# LE BALLON GROSSIT !

- On suppose que l'air est un gaz parfait, ce qui signifie que l'on néglige les interactions entre les molécules.
- On peut appliquer la loi des gaz parfaits:

$$pV = nRT$$

$p$  : la pression atmosphérique en Pascal (Pa)

$n$  : la quantité de matière en mole

$R$  : la constante des gaz parfaits en  $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ( $R= 8.314$  USI)

$T$  : la température de l'air en Kelvin (K).

➡ **Quel est l'évolution du diamètre et de la surface du ballon à 33 km ?**

# LE BALLON ECLATE

- Les restes d'enveloppe jouent un rôle important dans la chute:
    - Ils peuvent freiner la descente si la résistance qu'ils offrent à l'air est plus importante que leur masse.
    - Ils peuvent retomber plus vite que le reste de la chaîne de vol et rattraper le parachute et, assez souvent, se retrouver au sol complètement enroulés avec la ficelle ou bien avec le parachute perturbant son déploiement.
- ➡ Le comportement de l'enveloppe est totalement imprévisible et cela explique en partie les grandes différences de vitesse de chute constatées d'un vol de ballon-sonde à l'autre.

# LE BALLON FINIT TOUJOURS PAR REDESCENDRE !

- **R = force exercée sur la surface de la charge utile**

$$R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$$

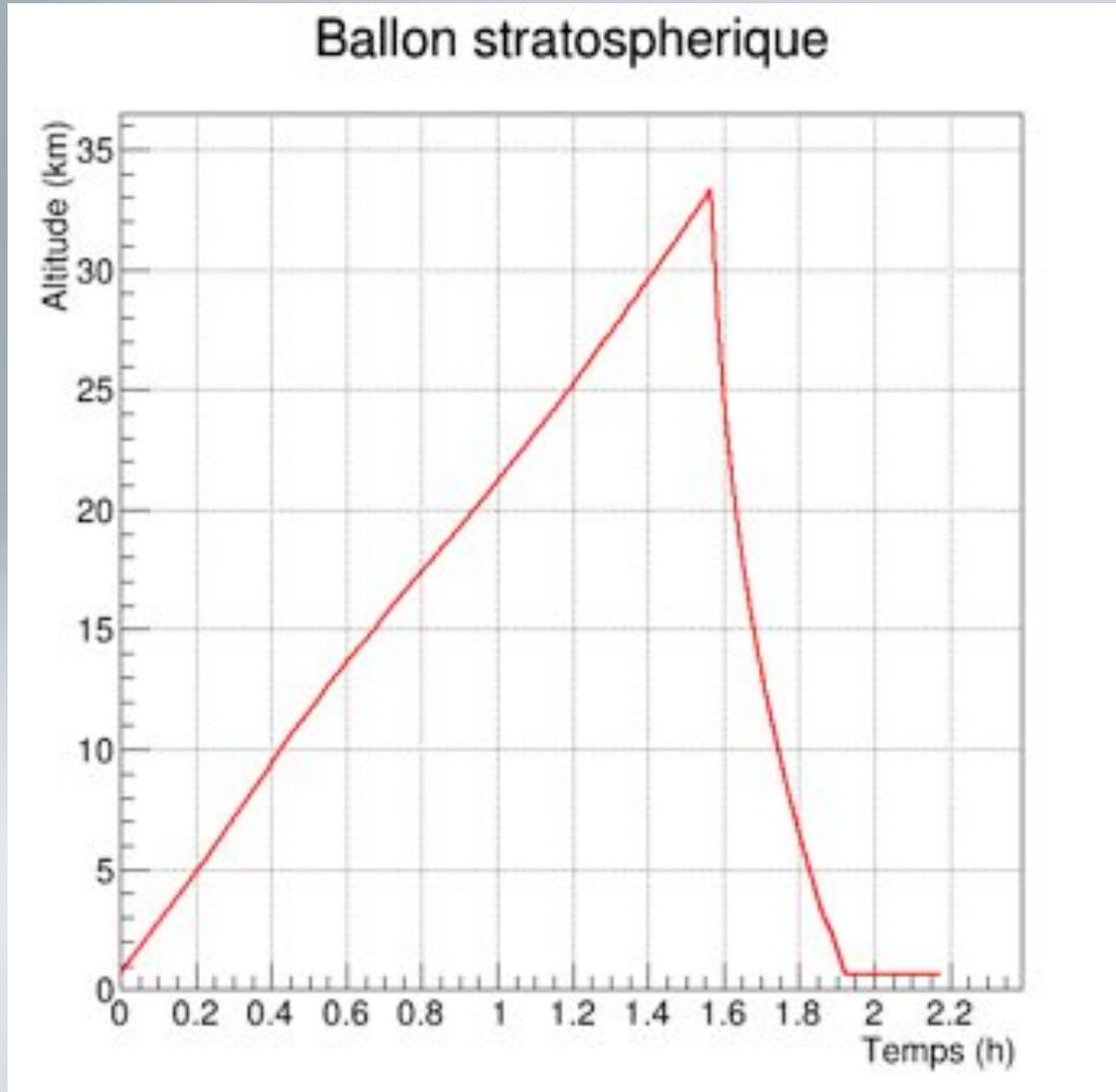
- **P = poids de la charge utile et du ballon (et de son gaz !).**

➡ **Tracer les forces qui s'exercent lors de la descente.**

➡ **Calculer la vitesse limite pour laquelle le poids compense la résistance de l'air.**



# LE PROFIL



- ➡ Calculer la vitesse de montée et de descente.
- ➡ Comparer au calcul précédent ?
- ➡ Quelle conséquence sur la charge utile ?

# RETROUVER LE BALLON

- **Un lâcher de ballon, ce n'est pas que du hasard:**
    - ✓ Je gonfle.
    - ✓ Je lance.
    - ✓ Je croise les doigts ???
  - **On a désormais des outils pour «piloter» le vol:**
    - ✓ Calcul des paramètres de vol.
    - ✓ Estimation du point de chute.
- ➡ **Important de faire des prédictions pour trouver la meilleure date pour le lancement.**
- ➡ **Des idées sur ce qu'on pourrait mettre dans une nacelle de 500 g pour nous faciliter la vie ?**

# Après la théorie, la pratique



# QUI FAIT QUOI?



**Station G. Megie**



**Station G. Megie**



***Vous!***

# **ORGANISER LE TRAVAIL**

- **Structurer les équipes:**

- 1. Responsable projet (1 personne).**
- 2. Responsable système (2 personnes).**
- 3. Responsable de l'aménagement de la charge utile (2 personnes).**
- 4. Responsable instrument (2 personnes par instrument = 6 personnes).**
- 5. Responsable lancement (2 personnes).**

# **RESPONSABLE PROJET**

- **Définir, avec l'ensemble de son équipe, la composition de la charge utile (i.e. quels instruments embarque-t-on ?): elle doit absolument répondre à l'objectif scientifique du projet.**
- **Coordonner le travail des équipes.**
- **Vérifier l'intégration et le fonctionnement de la charge utile.**
- **Photographier son équipe au travail !**
- **Etc.**

# RESPONSABLE SYSTÈME

- **Vérifier que la charge utile proposée répond aux objectifs scientifiques.**
- **Vérifier que l'aménagement assure un bon fonctionnement des instruments, tout en les protégeant.**
- **Ecrire un protocole pour faire fonctionner la charge utile:**
  - **Quand installe-t-on chaque instrument ?**
  - **Quand allume-t-on les instruments (attention, les batteries ont une durée de vie limitée) ?**
- **Etc.**

# **RESPONSABLE AMÉNAGEMENT**

- **Tenir compte de l'environnement: température, vitesse, chocs, ...**
- **Penser à l'accessibilité des instruments.**
- **Réaliser l'aménagement: découpe polystyrène, cales, ...**
- **Décorer la charge utile ?**
- **Etc.**

# **RESPONSABLE INSTRUMENT**

- **Etudier les manuels des instruments.**
- **Apprendre à manipuler les instruments.**
- **Configurer les instruments pour le vol.**
- **Bien vérifier la durée de vie des batteries !**
- **Etc.**

# RESPONSABLE LANCEMENT

- **Utiliser les graphes pour estimer la vitesse de montée, de descente et l'altitude d'explosion.**
- **Simuler les vols depuis le site internet: <http://habhub.org/predict/>**
- **Trouver une date pour un lancement possible, i.e. un point de chute raisonnable (éviter la mer, les forêts denses, les montagnes, les autoroutes, ...).**

# **MAIS AVANT TOUT**

**Il faut absolument:**

- **Former les équipes.**
- **Trouver un nom à chaque ballon (à justifier naturellement !).**

# Après la pratique, l'analyse



# ANALYSE SCIENTIFIQUE

- **Le vol:**

- Calculer la vitesse de montée et de descente.
- Comparer aux valeurs calculées lors du vol donné comme référence pour la préparation.
- Pouvez-vous en déduire des conséquences sur la précision des simulations?

- **La Physique du ballon**

- Calculer le changement de taille du ballon (augmentation du volume et du diamètre).
- Comparer aux prédictions (loi des gaz parfaits).

# ANALYSE SCIENTIFIQUE

- **La Physique de l'atmosphère**
  - Identifier les zones de l'atmosphère traversées par le ballon.
  - Analyser les propriétés: température et vent.
  - Comparer ces propriétés aux données associées au vol.
  
- **La peu de géographie:**
  - A partir de la vidéo, identifier les principales villes, montagnes, lacs, îles, ... observés.

# ANALYSE SCIENTIFIQUE

- **Les rayons cosmiques**

- Comparer la courbe du nombre de rayons cosmiques à la composition de l'atmosphère.
- Quelle conséquence pour les pilotes d'avion, les spationautes, ...
-

# ANALYSE TECHNIQUE

- **Identifier les problèmes techniques que vous avez rencontré avec les instruments (est-ce qu'ils ont remplis le cahier des charges?).**
- **Proposer des améliorations sur l'organisation du projet et le montage de la charge utile.**
- **Proposer de nouvelles idées de charges utiles afin de faire de nouvelles mesures (attention, il faut toujours respecter nos contraintes: poids < 1 kg, ...).**

# **AU TRAVAIL!**

- **Réformation des groupes!**
- **Résultats présentés par les équipes sous la forme d'une présentations structurée:**
  - **Présentation du projet.**
  - **Présentation de l'équipe.**
  - **Analyse scientifique (1-2 planches par grande question).**
  - **Analyse technique (1-2 planches).**
  - **Conclusion: qu'avez-vous tiré de cette expérience?**
- **Mais chaque équipe gère son organisation!**

# PROPRIÉTÉS DE L'ATMOSPHERE

Altitude (km)	Température (°C)	Pression (hPa)	densité (kg/m <sup>3</sup> )	Vitesse du son (m/s)
0	15	1013.3	1.225	340
1	9	898.7	1.112	336
2	2	795.0	1.006	333
3	-5	701.1	0.909	329
4	-11	616.4	0.819	325
5	-18	540.2	0.736	321
6	-24	471.8	0.660	316
7	-31	410.6	0.590	312
8	-37	356.0	0.525	308
9	-44	307.4	0.466	304
10	-50	264.4	0.413	299
11	-57	226.3	0.364	295
12	-57	193.3	0.311	295
13	-57	165.1	0.265	295
14	-57	141.0	0.227	295
15	-57	120.4	0.194	295
16	-57	102.9	0.165	295
17	-57	87.9	0.141	295
18	-57	75.0	0.121	295
19	-57	64.1	0.103	295
20	-57	54.7	0.088	295
21	-56	46.8	0.075	296
22	-55	40.0	0.064	296
23	-54	34.2	0.054	297
24	-53	29.3	0.046	298
25	-52	25.1	0.039	298
26	-51	21.5	0.034	299
27	-50	18.5	0.029	300
28	-49	15.9	0.025	300
29	-48	13.6	0.021	301
30	-47	11.7	0.018	302
31	-46	10.1	0.015	302
32	-45	8.7	0.013	303
33	-42	7.5	0.011	305
34	-39	6.5	0.010	307
35	-36	5.6	0.008	309