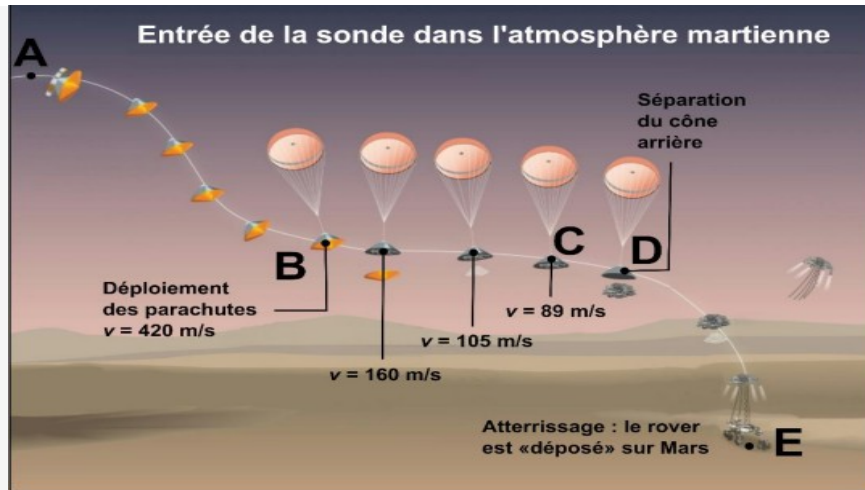


DNB Amérique du Nord 2022 — Corrigé

Physique-Chimie (Exploration de Mars) & SVT (Risque Tsunami en Martinique)

Partie Physique-Chimie — Exploration de la planète Mars

La sonde spatiale **Mars 2020** (NASA) a été lancée le 30 juillet 2020 et est arrivée dans l'atmosphère de Mars le **18 février 2021 à 21h38**. Elle a déposé sur le sol martien le rover **Perseverance**. L'atterrissage comporte plusieurs phases (points A à E) avec des vitesses successives de décélération.



D'après un document de la NASA (National Aeronautics and Space Administration)

Figure 1 — Schéma des phases d'atterrissage de la sonde Mars 2020

Question 1 (2 points) — Mouvement entre B et C : ralenti, accéléré ou uniforme ?

Entre les points B et C, la vitesse de la sonde passe de **420 m/s** à **89 m/s**.

La vitesse **diminue** → le mouvement est donc **ralenti (décélééré)**.

Question 2 (3 points) — Formule de l'énergie cinétique

Parmi les trois expressions proposées, la formule correcte est :

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

m : masse de la sonde en kilogrammes (kg)

v : vitesse de la sonde en mètres par seconde (m/s)

Ec : énergie cinétique en joules (J)

Les deux autres formules ($\frac{1}{2} \times m \times v \times 2$ et $\frac{1}{2} \times m/v^2$) sont incorrectes dimensionnellement.

Question 3 (2 points) — Évolution de l'énergie cinétique de B à C

Sans calcul, on peut raisonner ainsi :

- La **masse** de la sonde est **constante** entre B et C
- La **vitesse diminue** de 420 m/s à 89 m/s

Or $E_c = \frac{1}{2} mv^2$, donc si v diminue, E_c diminue également (E_c est proportionnelle à v^2).

Conclusion : L'énergie cinétique **diminue** entre B et C.

Question 4 (2 points) — Évolution de l'énergie potentielle de A à B

L'énergie potentielle de pesanteur est $E_p = mgh$, où h est l'altitude ($E_p = 0$ au sol).

Entre A et B, la sonde descend : son **altitude diminue**.

Conclusion : L'énergie potentielle de pesanteur **diminue** entre A et B (elle se convertit notamment en énergie cinétique).

Question 5 (2 points) — Actions mécaniques sur le rover immobile

En négligeant l'action de l'atmosphère martienne, le rover immobile est soumis à deux actions mécaniques :

Force	Caractéristiques
Poids (P)	Direction : verticale / Sens : vers le bas (centre de Mars) / Valeur : $P = mg$
Réaction du sol (R)	Direction : verticale / Sens : vers le haut / Valeur : $R = P$ (rover immobile → équilibre)

Question 6 (4 points) — Représentation du poids à l'échelle 1 cm = 1000 N

Données : masse du rover $m = 1\,050\text{ kg}$; $g = 3,72\text{ N/kg}$ sur Mars.

$$P = m \times g = 1050 \times 3,72 = 3\,906\text{ N}$$

À l'échelle 1 cm pour 1 000 N, la longueur du vecteur poids est :

$$\text{longueur} = 3906 / 1000 \approx 3,9\text{ cm}$$

Le vecteur poids est représenté par une flèche **verticale vers le bas** de 3,9 cm, appliquée au centre de gravité du rover (rectangle).

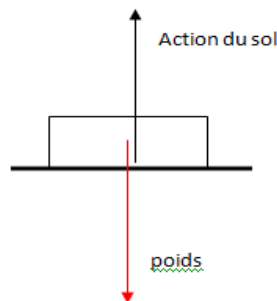


Figure 2 — Schéma du rover avec représentation du poids

Question 7 (3 points) — Atomes dans CO₂ et O₂

Molécule	Atomes présents	Nombre d'atomes
Dioxyde de carbone CO ₂	Carbone (C) Oxygène (O)	1 atome de carbone 2 atomes d'oxygène
Dioxygène O ₂	Oxygène (O)	2 atomes d'oxygène

Question 8 (7 points) — Pourquoi la Terre ne peut-elle pas intervenir pendant l'atterrissage ?

Données :

- Distance Terre-Mars : $d = 2,10 \times 10^8\text{ km}$
- Vitesse de la lumière (et des signaux radio) : $c = 3,00 \times 10^5\text{ km/s}$
- Durée de la phase d'atterrissage (A → E) : $\approx 7\text{ minutes}$

Calcul du temps de trajet du signal Mars → Terre

$$t = d / c = (2,10 \times 10^8) / (3,00 \times 10^5)$$

$$t = 700\text{ s} = 11\text{ min } 40\text{ s}$$

Conclusion : Le signal radio met **environ 11 min 40 s** pour parcourir la distance Terre-Mars.

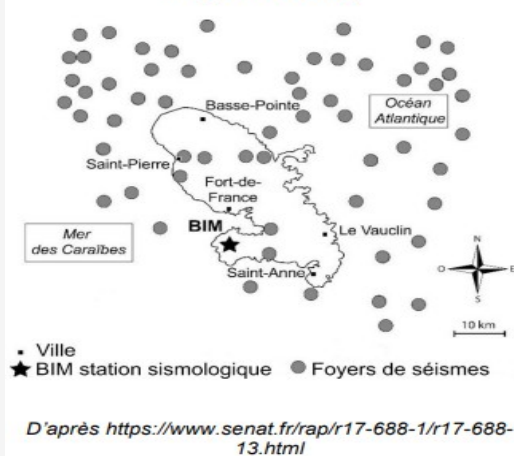
Or la phase d'atterrissage dure environ **7 minutes**. Ainsi, si un événement inattendu se produit au cours de cette phase, l'information n'arrive sur Terre qu'après **11 min 40 s**, soit **bien après la fin de la phase d'atterrissage**.

La Terre ne peut donc pas intervenir en temps réel : l'atterrissage est entièrement automatisé (« sept minutes de terreur »).

Partie SVT — Préparer une population face au risque de tsunami

Le contexte est l'exercice **CARIBE WAVE**, exercice annuel sur les tsunamis organisé par l'ONU pour les Caraïbes (Guadeloupe, Martinique...). Un tsunami se crée lors d'un séisme, glissement de terrain ou éruption volcanique déplaçant une grande masse d'eau.

Document 1 – Aléa sismique en Martinique entre 1996 et 2011 (séismes de magnitude supérieure à 3).



Document 2 – Carte d'exposition du littoral de la Martinique aux tsunamis.

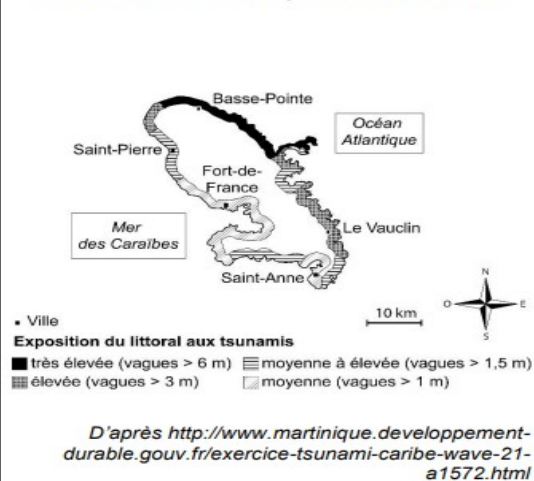


Figure 3 — Carte sismique et hauteurs de vagues en Martinique

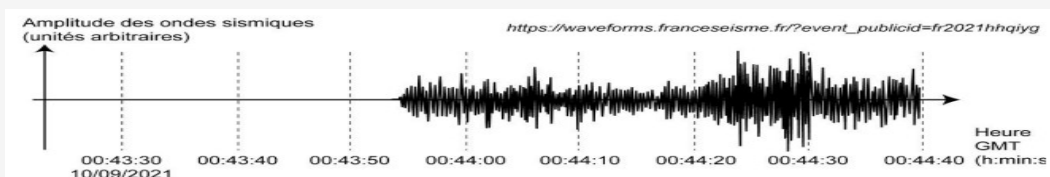


Figure 4 — Sismogramme enregistré à la station BIM

Question 1 (4 points) — Justifier que la Martinique soit une zone à risque tsunami

D'après les documents :

- **Activité sismique intense** : près de **50 séismes** se sont produits en 15 ans dans la région, dont **9 de magnitude supérieure à 3**, valeur potentiellement tsunamigène.
- **Mécanisme tsunami** : un séisme sous-marin soulève ou affaisse le fond océanique, ce qui déplace une grande masse d'eau et génère des vagues géantes pouvant provoquer d'importants dégâts sur les côtes.

Conclusion : La Martinique est exposée à une forte activité sismique → elle est donc bien une **zone à risque tsunami**.

Question 2 (6 points) — Comparer l'exposition des côtes caraïbe et atlantique

Comparaison chiffrée

D'après le document 2 :

- Côte **atlantique** : **36 séismes** enregistrés, hauteur de vagues **très élevée (> 6 m)** ou **élevée (> 3 m)**
- Côte **caraïbe** : **20 séismes** enregistrés, hauteur de vagues plus **faible (1 à 1,5 m)**

Bilan : La côte atlantique est nettement **plus exposée** aux tsunamis que la côte caraïbe.

Explication tectonique (document 3)

L'activité tectonique est **plus élevée dans l'océan Atlantique** que dans la mer des Caraïbes. Cette zone présente une limite de plaques plus active (subduction de la plaque atlantique sous la plaque caraïbe), générant davantage de séismes sous-marins violents.

Conséquence : Plus de séismes sous-marins puissants du côté atlantique → risque de tsunamis plus important et vagues plus hautes sur la façade atlantique de la Martinique.

Question 3 (6 points) — QCM sur le sismogramme

3.1 — Absence d'ondes sur la première partie du sismogramme

Réponse correcte : Les ondes sismiques **ne sont pas encore arrivées** à la station BIM.

Le séisme a eu lieu à 0h43min17s. Les ondes sismiques se propagent à vitesse finie et mettent un certain temps pour parcourir les 255 km séparant l'épicentre de la station BIM.

3.2 — Heure d'arrivée des premières ondes à la station BIM

Réponse correcte : 0h43min54s

Les ondes arrivent 37 secondes après le séisme (0h43min17s + 37s = 0h43min54s), ce qui correspond à la lecture du sismogramme.

3.3 — Temps d'arrivée d'un éventuel tsunami sur les côtes

Réponse correcte : environ 25 minutes

Raisonnement : les ondes sismiques se propagent **au moins 40 fois plus vite** qu'un tsunami en pleine mer.

Les ondes sismiques ont mis 37 s pour parcourir 255 km → vitesse ondes $\approx 255/37 \approx 6,9$ km/s.

Vitesse du tsunami en pleine mer $\approx 6,9 / 40 \approx 0,17$ km/s = 170 m/s.

Temps du tsunami : 255 km / 0,17 km/s $\approx 1\,500$ s $\approx$ **25 minutes**.

Question 4a (3 points) — Définir le risque géologique

Un **risque géologique** est lié à l'activité interne ou externe de la Terre pouvant causer des dommages aux populations et aux infrastructures. Il englobe notamment : les **séismes**, les **éruptions volcaniques**, les **tsunamis**, les **glissements de terrain** et les **effondrements de sol**.

Question 4b (6 points) — Comment prévoir un tsunami et préparer les populations ?

Prévision et détection

1. Sismographes : ils enregistrent les ondes sismiques plusieurs **dizaines de minutes** avant l'arrivée d'un éventuel tsunami sur les côtes, permettant de déclencher une alerte précoce.

2. Bouées en pleine mer (DART) : elles mesurent la hauteur des vagues en temps réel et **vérifient l'existence effective d'un tsunami** après un séisme.

3. Signes précurseurs observables : secousses sismiques violentes ressenties, comportement anormal de l'océan (retrait brutal de la mer), sons inhabituels.

Protection et préparation des populations

1. Rejoindre les hauteurs immédiatement : à pied, en évitant les zones côtières, dès réception d'une alerte ou perception de signes précurseurs.

2. Exercices d'évacuation (CARIBE WAVE) : des exercices annuels préparent la population aux procédures d'évacuation et sensibilisent aux comportements à adopter.

3. Systèmes d'alerte précoce : sirènes, messages d'urgence par SMS, panneaux d'information sur les zones à risque et les routes d'évacuation.