

DNB Asie 2021 — Corrigé

Physique-Chimie (UTMB : énergie potentielle, vitesse, électricité, rendement lumineux) — SVT (Salinisation des sols sénégalais, effet du sel sur les plantes)

Partie Physique-Chimie — L'Ultra-Trail du Mont-Blanc (UTMB)

L'UTMB est une course à pied de 170 km dans le massif du Mont-Blanc, à réaliser en moins de 46 h 30 min. Les coureurs franchissent de nombreux cols et sommets à des altitudes variées, et une partie de la course s'effectue de nuit avec éclairage obligatoire (minimum 200 lumens).

Partie 1 — Analyse de la course

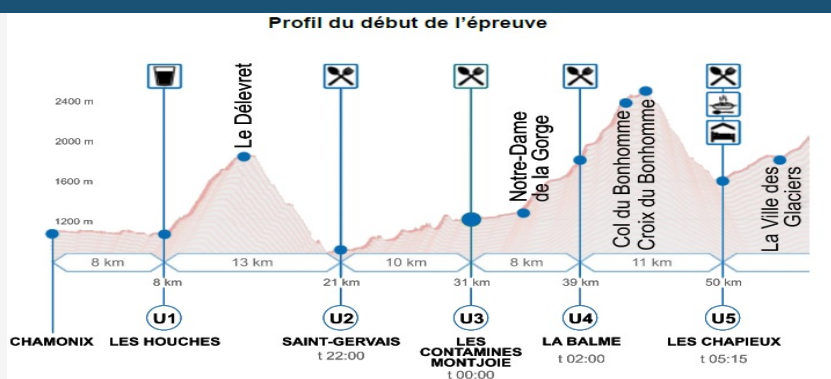


Figure 1 — Profil altimétrique de l'UTMB avec les cols et sommets

Question 1 (4 points) — Où l'énergie potentielle est-elle maximale et minimale ?

Rappel : L'énergie potentielle gravitationnelle est directement proportionnelle à l'altitude : $E_p = m \times g \times h$. Plus l'altitude est élevée, plus E_p est grande.

Énergie potentielle	Lieu	Justification
E_p MAXIMALE ↑	Col du Bonhomme (point le plus haut du parcours)	Altitude maximale → $E_p = mgh$ maximale
E_p MINIMALE ↓	Saint-Gervais (point le plus bas du parcours)	Altitude minimale → $E_p = mgh$ minimale

Question 2 (3 points) — Quelle relation permet de calculer la vitesse ? Signification de d et t

$v = d / t$	✓ VRAIE	Vitesse = Distance / Durée — relation fondamentale
$v = d \times t^2$	✗ FAUSSE	Unité incohérente : $m \times s^2 \neq m/s$
$v = d \times t$	✗ FAUSSE	Unité incohérente : $m \times s \neq m/s$

Relation correcte : $v = d / t$ ✓ • v : vitesse moyenne (en m/s ou km/h) • d : distance parcourue (en m ou km) • t : durée du parcours (en s ou h)

Question 3 (4 points) — Montrer que le journaliste a surévalué la performance de Pau Capell

Données : distance $d = 170$ km ; temps = 20 h 20 min

Conversion du temps en heures :

$$t = 20 \text{ h} + 20 \text{ min} = 20 + 20/60 = 20 + 0,333... \approx 20,3 \text{ h}$$

Calcul de la vitesse moyenne réelle :

$$v = d / t = 170 \text{ km} / 20,3 \text{ h} \approx 8,4 \text{ km/h}$$

Conclusion : La vitesse moyenne réelle de Pau Capell est d'environ **8,4 km/h**. Or le journaliste annonçait **10 km/h**. Comme **8,4 km/h < 10 km/h**, le journaliste a bien **surévalué** la performance du sportif de **19 %** environ.

Partie 2 — Étude du système d'éclairage individuel

Selon le règlement UTMB, chaque coureur doit être équipé d'une lampe frontale fournissant un flux lumineux d'au moins **200 lumens (lm)**. Le sujet compare une lampe à incandescence (lampe A) et une lampe à LED (lampe B).

Lampe	Source de lumière	Source d'énergie	Flux lumineux
A	Lampe à incandescence Intensité : $I = 0,30 \text{ A}$	Pile plate LR12 Tension : $U = 4,5 \text{ V}$	12 lm ✗
B	2 LED Puissance : $P = 2 \times 1,0 \text{ W} = 2,0 \text{ W}$	3 piles LR03 en série Tension totale : $U = 3 \times 1,5 \text{ V} = 4,5 \text{ V}$	240 lm ✓

Question 4 (4 points) — Schéma électrique de la lampe A avec ampèremètre et voltmètre

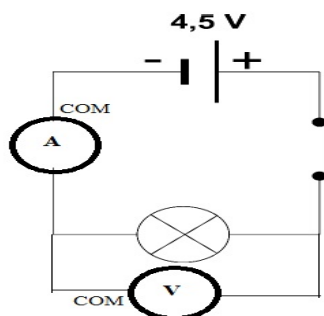


Figure 2 — Schéma simplifié du circuit de la lampe A à compléter

Pour mesurer l'intensité du courant et la tension aux bornes de la lampe, il faut ajouter :

① **Ampèremètre (A)** : branché en **série** dans le circuit (en coupant un fil et en l'insérant dans la branche principale) → Il mesure l'intensité traversant la lampe : **$I = 0,30 \text{ A}$** ② **Voltmètre (V)** : branché en **dérivation (parallèle)** aux bornes de la lampe à incandescence → Il mesure la tension aux bornes de la lampe : **$U = 4,5 \text{ V}$** Le schéma complet comprend : pile LR12 (4,5 V) — interrupteur — ampèremètre (en série) — lampe à incandescence — voltmètre (en dérivation sur la lampe).

Question 5 (2 points) — Pourquoi la lampe A ne respecte-t-elle pas le règlement UTMB ?

Réponse : La lampe A produit un flux lumineux de seulement **12 lm**, ce qui est **très inférieur au minimum réglementaire de 200 lm** exigé par le règlement UTMB. **$12 \text{ lm} \ll 200 \text{ lm}$** → la lampe A est totalement insuffisante pour éclairer correctement le chemin lors des portions de nuit.

Question 6 (6 points) — Comparer les rendements lumineux des lampes A et B

Rappel : le rendement lumineux $r = \text{flux lumineux (lm)} / \text{puissance électrique (W)}$, exprimé en **lm/W**

Lampe A — Incandescence

Calcul de la puissance électrique de la lampe A :

$$P_A = U \times I = 4,5 \text{ V} \times 0,30 \text{ A} = 1,35 \text{ W}$$

Calcul du rendement lumineux :

$$r_A = \text{flux lumineux} / P_A = 12 \text{ lm} / 1,35 \text{ W} \approx 8,9 \text{ lm/W}$$

Lampe B — LED

La puissance électrique est directement donnée :

$$P_B = 2 \times 1,0 \text{ W} = 2,0 \text{ W}$$

Calcul du rendement lumineux :

$$r_B = \text{flux lumineux} / P_B = 240 \text{ lm} / 2,0 \text{ W} = 120 \text{ lm/W}$$

Comparaison des deux rendements

Lampe	Puissance (W)	Flux lumineux (lm)	Rendement (lm/W)
A (incandescence)	1,35 W	12 lm	$\approx 8,9 \text{ lm/W}$
B (LED)	2,0 W	240 lm	120 lm/W

Conclusion : Le rendement lumineux de la lampe B (LED) est de **120 lm/W**, soit **environ 13 fois supérieur** à celui de la lampe A (incandescence) qui n'atteint que **8,9 lm/W**. $120 / 8,9 \approx 13,5 \rightarrow$ la LED est **environ 13 fois plus efficace** pour convertir l'énergie électrique en lumière visible.

Question 7 (2 points) — Pourquoi les lampes à LED remplacent-elles les lampes à incandescence ?

Raisons principales : ① **Rendement lumineux très supérieur :** 120 lm/W (LED) vs $\sim 9 \text{ lm/W}$ (incandescence) $\rightarrow$ même lumière produite pour une consommation électrique beaucoup plus faible $\rightarrow$ économies d'énergie et autonomie accrue des batteries ② **Durée de vie bien plus longue :** plusieurs milliers d'heures pour une LED contre quelques centaines d'heures pour une incandescence $\rightarrow$ fiabilité en course ③ **Qualité de lumière supérieure :** lumière claire et blanche des LED, mieux adaptée à l'éclairage extérieur nocturne pour détecter les obstacles sur le sentier ④ **Robustesse :** les LED sont moins fragiles aux chocs et vibrations, avantage appréciable en trail

Partie SVT — Trop de sel dans le sol sénégalais (25 points)

Le **Sénégal** connaît un problème important de **salinisation des sols** dans les deltas et estuaires, où les remontées d'eaux salées marines dégradent les terres agricoles. Ce phénomène menace la biodiversité végétale et la production alimentaire.

Question 1 (3 points) — Zones géographiques sénégalaises affectées par le sel

Réponse : Les zones du Sénégal affectées par la salinisation des sols sont les **deltas et estuaires** : • **Estuaire de la Casamance** (sud du Sénégal) • **Delta du Sine-Saloum** (centre-ouest) • **Delta du Sénégal** (nord, à la frontière avec la Mauritanie) Ces zones côtières et fluviales sont particulièrement vulnérables car les remontées d'eau de mer saline y contaminent les sols continentaux, surtout en saison sèche.

Question 2a (4 points) — Décrire les paysages et expliquer la croûte de sel dans le delta du Sine-Saloum

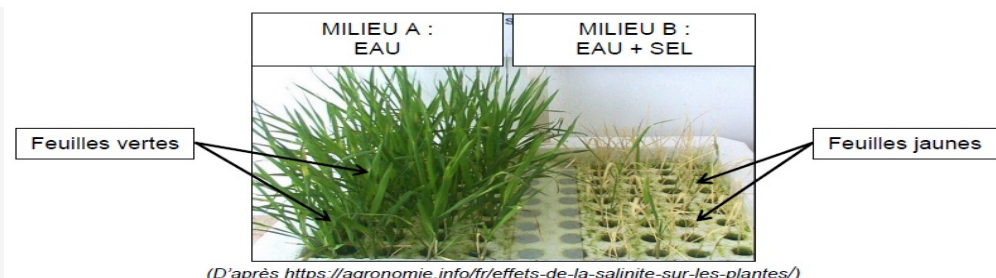


Figure 3 — Paysages a et b observés dans le delta du Sine-Saloum

Paysage	Description	Interprétation
a	Sol avec végétation présente mais chétive, plantes à croissance réduite, aspect souffreteux des cultures	La salinité du sol provoque chez les plantes une réduction de la croissance et du développement — stress hydrique lié au sel
b	Sol nu et blanc, dépôt cristallin superficiel visible — aucune	Formation d'une croûte de sel en surface par capillarité pendant la saison sèche : l'eau salée monte

	végétation	dans le sol par capillarité et s'évapore en laissant le sel en surface
--	------------	--

Question 2b (4 points) — Hypothèse pour expliquer la différence de végétation entre les paysages a et b

Hypothèse : La **concentration de sel dans le sol** est encore plus élevée dans la zone b que dans la zone a, ce qui explique l'absence totale de végétation en b. Mécanismes explicatifs : • **Osmose inversée** : une forte concentration de sel dans le sol crée un gradient osmotique défavorable — l'eau sort des cellules racinaires vers le sol salé au lieu d'y entrer → les plantes ne peuvent plus s'alimenter en eau → **dessèchement et mort** • **Modification de la structure du sol** : le sel provoque le tassement du sol et diminue sa perméabilité, ce qui réduit encore davantage la capacité des racines à absorber l'eau disponible → En zone b, la concentration en sel dépasse le seuil de tolérance de toutes les espèces végétales → sol totalement stérile

Question 3 (6 points) — Comparer les deux cultures de riz et conclure sur l'effet du sel

[Figure 4 — Résultats des cultures de riz en milieux A (sans sel) et B (avec sel) (image as2103)]

Paramètre observé	Milieu A (sans sel / témoin)	Milieu B (avec sel / expérimental)
Croissance des tiges	Bonne croissance — plantes grandes et droites	Croissance très réduite ou nulle — plantes naines
Aspect des feuilles	Feuilles vertes, larges, bien développées	Feuilles jaunies, desséchées, rabougries
Système racinaire	Racines bien développées	Racines endommagées, peu développées
Survie des plantes	Plantes vivantes et saines	Plantes mourantes ou mortes

Conclusion : Le sel a un **effet néfaste majeur sur les plantes**, en particulier sur le riz. **Mécanisme (osmose) :** Quand le sol contient trop de sel, la concentration osmotique extérieure aux racines est supérieure à celle des cellules végétales. Par **osmose**, **l'eau sort des cellules végétales** vers le sol salé, provoquant le **dessèchement des tissus** et la **mort des plantes**. Le sel tue ainsi les plantes par un **stress hydrique** (manque d'eau interne) même si le sol contient de l'eau — celle-ci n'étant pas absorbable car trop salée.

Question 4 (8 points) — Comment l'Homme peut-il résoudre le problème de la salinisation des sols sénégalais ?

Données : volume d'eau douce nécessaire pour éliminer le sel sur 1 m² :

• Réduction de 50 % → 150 L d'eau douce | • Réduction de 80 % → 300 L | • Réduction de 90 % → 600 L

Solution technique : irrigation + drainage combinés

Principe de la solution : ① **Irrigation (apport d'eau douce en surface) :** Apporter de l'eau douce de pluie ou de rivière en grande quantité sur le sol salin. L'eau douce **dilue et dissout** les cristaux de sel, puis les entraîne vers les couches profondes du sol par percolation (infiltration). ② **Drainage (évacuation de l'eau chargée en sel) :** Installer un **réseau de drains souterrains** (canalisations perforées ou fossés) qui récupèrent l'eau d'infiltration **chargée en sel** et l'évacuent **hors du champ**. Sans drainage, l'eau chargée en sel stagnerait et re-salerait le sol par remontée capillaire. ③ **Volumes nécessaires (estimation) :** • Pour réduire la teneur en sel de 50 % : **150 L/m²** • Pour réduire la teneur en sel de 80 % : **300 L/m²** • Pour réduire la teneur en sel de 90 % : **600 L/m²** → Une réduction de 80 à 90 % semble nécessaire pour que les plantes puissent à nouveau pousser, soit **300 à 600 L d'eau douce par m² de sol à restaurer** ④ **Autres actions complémentaires :** • Planter des espèces **halophytes** (tolérant le sel) dans un premier temps • Aménager des **digues anti-remontée d'eau de mer** dans les estuaires • Utiliser des techniques d'agriculture adaptée aux sols salins pendant la restauration