

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2017

Série STI2D
Toutes spécialités

Série STL
Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE – CHIMIE

DURÉE : 3 HEURES

COEFFICIENT : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 16 pages numérotées de la page 1/16 à la page 16/16.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

Les pages 14/16 à 16/16 où figurent les documents réponses sont à numéroté et à rendre avec la copie même non complétées.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par la-le candidat-e.

SPORT EXTRÊME

Depuis quelques années, les sports extrêmes sont de plus en plus prisés par les adeptes de sensations fortes. On voit en effet apparaître des disciplines comme la « chute libre », le *base-jumping* ou le *wing-suit* ; toutes ont en commun de se laisser tomber dans le champ de pesanteur avec un parachute comme filet de sécurité.

L'essor des matériaux et l'évolution des systèmes de sécurité ont permis de pratiquer ces activités dans des conditions plus sereines, que ce soit occasionnellement, comme lors de premières expériences, ou de façon plus régulière pour les amateurs-rices.

Le sujet proposé étudie quelques aspects techniques de la pratique du parachutisme.



PARTIE A – MÉCANIQUE DU SAUT EN « CHUTE LIBRE »

PARTIE B – DISPOSITIF AUTOMATIQUE DE DÉCLENCHEMENT DU PARACHUTE

PARTIE C – CHARGEUR PORTABLE AUTONOME

PARTIE A – MÉCANIQUE DU SAUT EN « CHUTE LIBRE »

Une parachutiste saute d'un avion à une altitude de 4,5 km. Pour simplifier, on ne considèrera que le mouvement vertical et la vitesse initiale sera supposée nulle.

La montre connectée de la parachutiste a permis d'obtenir l'évolution de son altitude et de sa vitesse lors du saut. Elles sont représentées sur l'**annexe A3** de la **page 6**. Deux phases se distinguent ; elles seront étudiées successivement.

Données

Masse du parachutiste avec équipement :	$m' = 80 \text{ kg}$
Volume du parachutiste :	$V = 70 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
Masse volumique de l'air :	$\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg. m}^{-3}$
Intensité de la pesanteur :	$g = 9,8 \text{ m. s}^{-2}$
Altitude de départ :	$z = 4,5 \text{ km}$

A.1 Première phase : $0 < t < 3 \text{ s}$

- A.1.1** Donner les caractéristiques (direction, sens, norme et point d'application) du poids qui s'applique sur la parachutiste.
- A.1.2** Montrer, à l'aide du document de l'**annexe A1** de la **page 5**, que l'on peut négliger la poussée d'Archimède qui s'applique sur la parachutiste.
- A.1.3** Justifier, sans calcul et à l'aide du document de l'**annexe A2** de la **page 5**, que l'on peut négliger la force de traînée pendant cette première phase.
- A.1.4** Rappeler l'expression mathématique du principe fondamental de la dynamique. Montrer que la valeur de l'accélération de la parachutiste pendant cette première phase est $a = g$.
- A.1.5** On modélise la courbe par la droite en pointillé représentée sur l'**annexe A3** de la **page 6** : comment qualifier le mouvement lors de cette première phase ?
- A.1.6** Montrer que l'on peut estimer la distance, d_1 , parcourue par la parachutiste pendant les 3 premières secondes, à $d_1 \approx 44 \text{ m}$.

Données

Pour un mouvement rectiligne uniformément accéléré :	$d = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_0 \times t$
Pour un mouvement rectiligne uniforme :	$d = v_0 \times t$
avec :	t : temps en secondes
	a : accélération en m. s^{-2}
	v_0 : vitesse initiale en m. s^{-1}

Remarque : la deuxième phase ($3 \text{ s} < t < 15 \text{ s}$) est trop délicate à étudier ici.

A.2 Troisième phase : $15 \text{ s} < t < 64 \text{ s}$

- A.2.1** Comment qualifier le mouvement de la parachutiste pendant la troisième phase ?
- A.2.2** Nommer les forces non négligeables qui agissent pendant la troisième phase de la chute. Le terme de « chute libre », au sens du physicien ou de la physicienne, correspond au cas où un objet n'est soumis qu'à l'action de la pesanteur. La parachutiste est-elle en « chute libre » au sens de la physique ?
- A.2.3** On montre que la distance, d_2 , parcourue par la parachutiste pendant la troisième phase peut s'évaluer par $d_2 = v_{\text{limite}} \times (t - 15)$ où t représente le temps, en s , et v_{limite} , la vitesse limite en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Montrer que la distance parcourue pendant cette phase, jusqu'à l'ouverture du parachute, peut s'estimer à $d_2 \approx 2,8 \times 10^3 \text{ m}$.
- A.2.4** Sachant que la parachutiste a parcouru environ 550 m pendant la deuxième phase, en déduire la distance totale, d , parcourue lors de la chute, c'est-à-dire jusqu'à ouverture du parachute.
Le résultat est-il en accord avec le relevé altimétrique ? Justifier.
- A.2.5** En appliquant le principe fondamental de la dynamique à la parachutiste, montrer que l'intensité de la trainée vaut $F_x = 785 \text{ N}$.
- A.2.6** On suppose que la parachutiste adopte une position « étendue » (horizontale et bras écartés) pendant toute la chute et pour laquelle la surface frontale vaut $S = 1,0 \text{ m}^2$. Déterminer avec une précision de 2 chiffres significatifs, le C_x de la parachutiste dans cette position.
- A.2.7** En déduire la forme à laquelle la parachutiste peut être assimilée.

Annexe A1 : poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide (comme l'air ou l'eau) subit de la part de ce fluide une force (poussée), verticale, vers le haut dont l'intensité est égale au poids du volume de fluide déplacé (ce volume est donc égal au volume immergé du corps). L'intensité, π_a , de la poussée d'Archimède peut donc se calculer par :

$$\pi_a = \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{corps}} \times g$$

avec :

ρ_{fluide} : masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

V_{corps} : volume immergé (dans le fluide) du corps en m^3

Annexe A2 : force de traînée aérodynamique ou force de frottement fluide

Lorsqu'un solide se déplace dans un fluide (l'air ou l'eau), pour des vitesses relativement importantes, une force de résistance aérodynamique s'oppose au déplacement.

L'intensité de cette traînée s'exprime par la relation :

$$F_x = \frac{1}{2} \times \rho_a \times S \times C_x \times v^2$$






avec :

v : vitesse du solide en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,

ρ_a : masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,

S : surface frontale ou maître couple en m^2

C_x : coefficient sans unité reflétant l'aérodynamisme

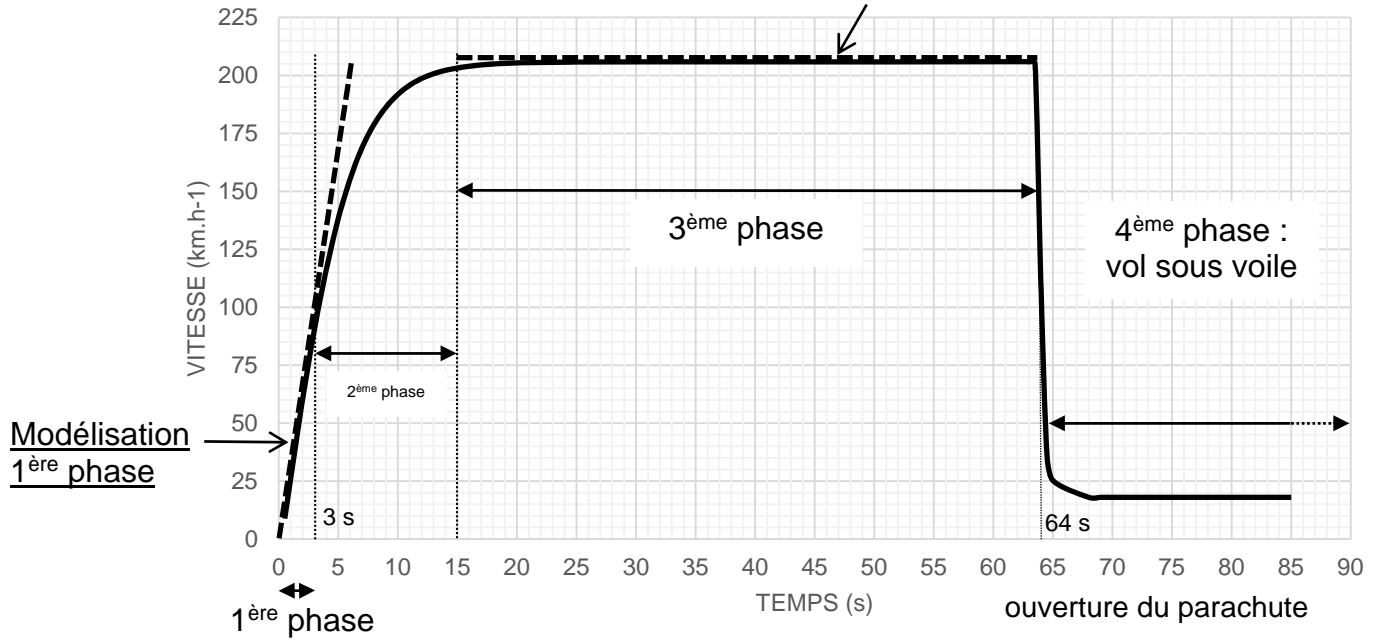
Forme		Coefficient de traînée
Sphère		0.47
Demi-sphère		0.42
Cube		1.05
Corps profilé		0.04
Semi-corps profilé		0.09

Mesures des coefficients de traînée

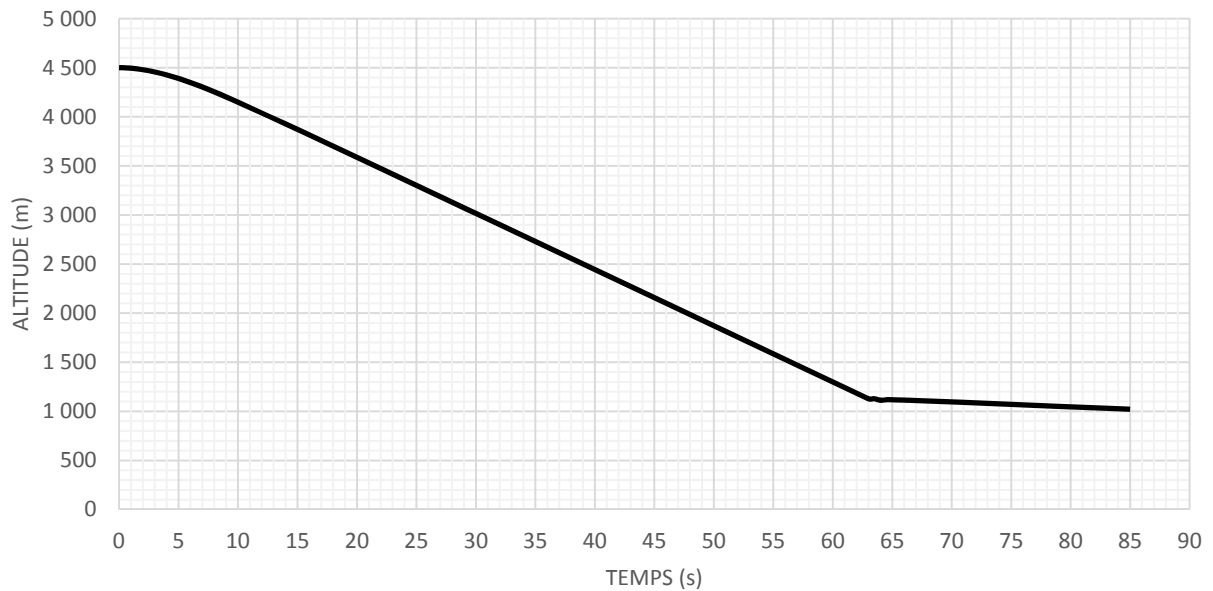
Annexe A3 : Évolutions de la vitesse et de l'altitude de la parachutiste pendant le saut

vitesse de la parachutiste

Modélisation 3^{ème} phase :
Vitesse limite : 205 km.h⁻¹



altitude de la parachutiste



PARTIE B – DISPOSITIF AUTOMATIQUE DE DÉCLENCHEMENT DU PARACHUTE

Plusieurs dispositifs existent pour déclencher automatiquement le parachute de secours en cas de problème lors d'un saut en « chute libre ». On étudie ici le principe de fonctionnement d'un de ces systèmes, le *Cypres* présenté dans l'**annexe B1** de la **page 8**.

Données :

Le jour du saut, la pression au niveau du sol est $P_{atm} = 1\ 013\ \text{hPa}$.

On rappelle que $1\ \text{hPa} = 100\ \text{Pa}$

- B.1** À partir de quelle altitude le dispositif de sécurité est-il en mesure de se déclencher ? En déduire, à l'aide de l'**annexe B2** de la **page 9**, la pression de l'air à cette altitude.
- B.2** En fonctionnement normal, la parachutiste déclenche son parachute avant d'atteindre cette altitude dangereuse et vole sous voile à une vitesse de chute de **20 à 40 km.h⁻¹** jusqu'à l'atterrissage. Justifier que le dispositif de sécurité ne se déclenche pas une fois passée cette altitude.
- B.3** Les caractéristiques du capteur de pression du système sont données dans l'**annexe B3** de la **page 9**. Identifier la grandeur d'entrée, **E**, et la grandeur de sortie, **S**, du capteur en précisant leurs unités.
- B.4** Déterminer la plage des altitudes sur laquelle le capteur fonctionne correctement. Justifier.
- B.5** À l'aide des **documents B2 et B3** de la **page 9**, déterminer l'incertitude sur l'altitude, en mètres, due à la précision du capteur ?
- B.6** Montrer que la sensibilité du capteur, définie par $s = \frac{\Delta\text{Sortie}}{\Delta\text{Entrée}}$, vaut $s = 6,25\ \text{mV.hPa}^{-1}$.
- B.7** La grandeur de sortie du capteur est envoyée dans le microcontrôleur via un convertisseur analogique numérique (CAN) dont les caractéristiques sont :

Résolution : 12 bits

Valeurs d'entrée : 0 ... 5 V

Déterminer le pas, **p** (parfois appelé quantum), en volts, du convertisseur défini par :

$$p = \frac{\text{plage des valeurs de la grandeur analogique}}{2^n - 1},$$

où **n** représente le nombre de bits du convertisseur.

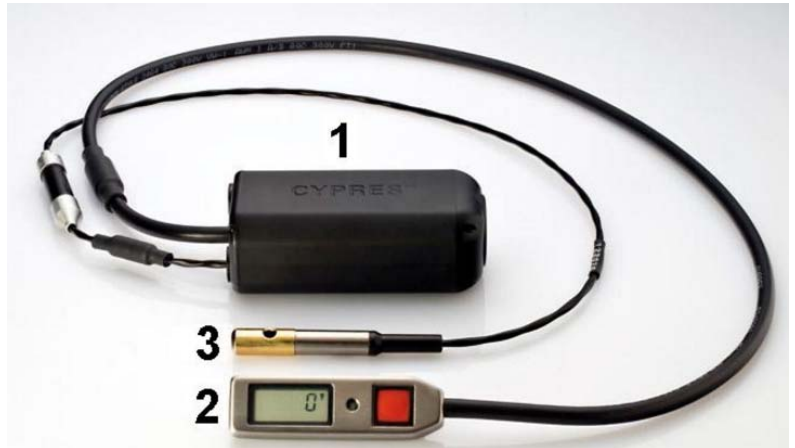
En déduire l'incertitude sur la mesure de la pression due à l'altitude par ce CAN 12 bits.

Annexe B1 : dispositif Cypres

Le *Cypres* est composé de trois parties : le boîtier électronique (1), le sectionneur (3) et un afficheur (2) que l'on place en haut du sac-harnais.

Source : Wikipédia

L'appareil agit dès que la vitesse de chute du parachutiste dépasse 35 m/s à partir de 225 mètres. Il faut donc arrêter le déclencheur lorsque le parachutiste redescend avec l'avion et proscrire toute manœuvre violente sous voile en dessous de 500 mètres.



Comment ça marche ?

À chaque mise en œuvre, le *Cypres* se calibre au niveau du sol en effectuant plusieurs relevés de la pression ambiante pendant une courte période.

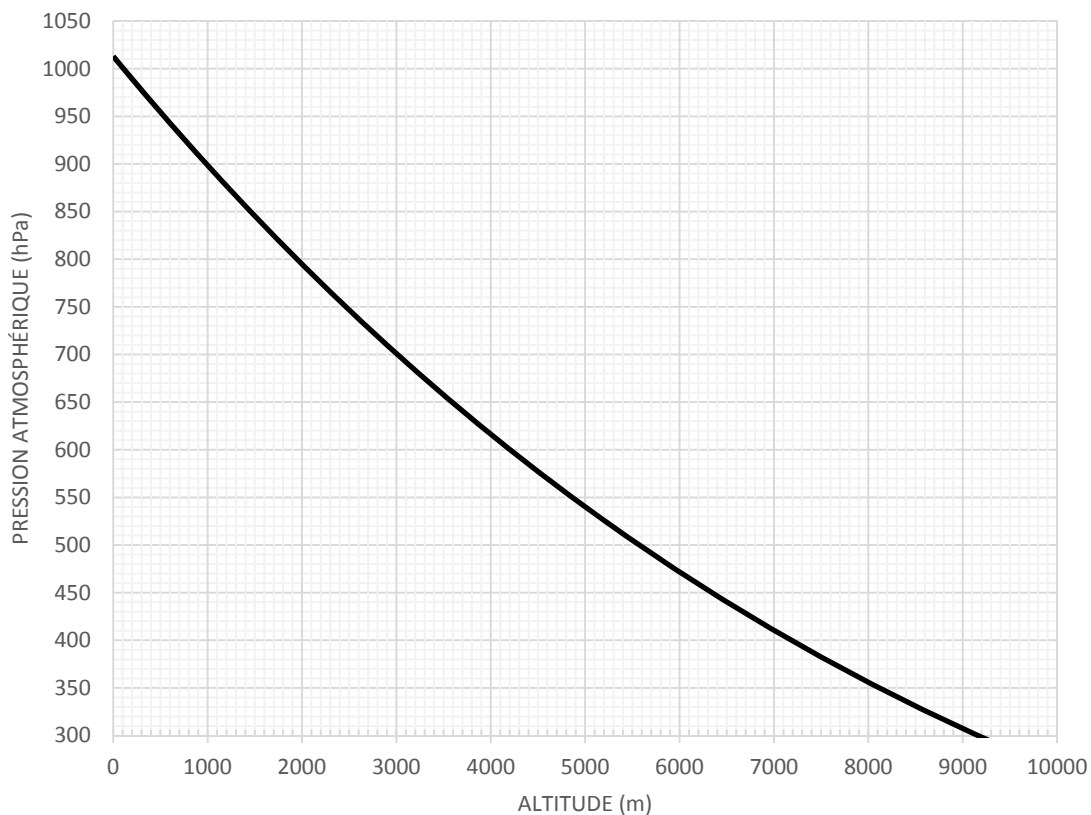
L'unité de contrôle du *Cypres* fonctionne comme un ordinateur de vol, utilisant des technologies de pointe en matière de mesure et d'électronique. En permanence, elle analyse et enregistre différents paramètres comme la pression atmosphérique, l'alimentation électrique, l'état des connexions. En cas de défaillance du chuteur, l'unité de contrôle donnera l'ordre à l'unité de déclenchement d'ouvrir le parachute de secours. Cette dernière met en œuvre le sectionneur pyrotechnique qui tranche la drisse de fermeture du conteneur, permettant ainsi l'épanouissement de la voilure.

Source : d'après <https://paramag.fr/contenus/archives/n171/article1.html>

Annexe B2 : évolution de la pression atmosphérique et fonction de l'altitude

Plus on s'élève en altitude, moins il y a d'air au-dessus de nos têtes et donc plus la pression baisse. **En moyenne, la pression atmosphérique diminue de 1 hPa tous les 8 mètres.**

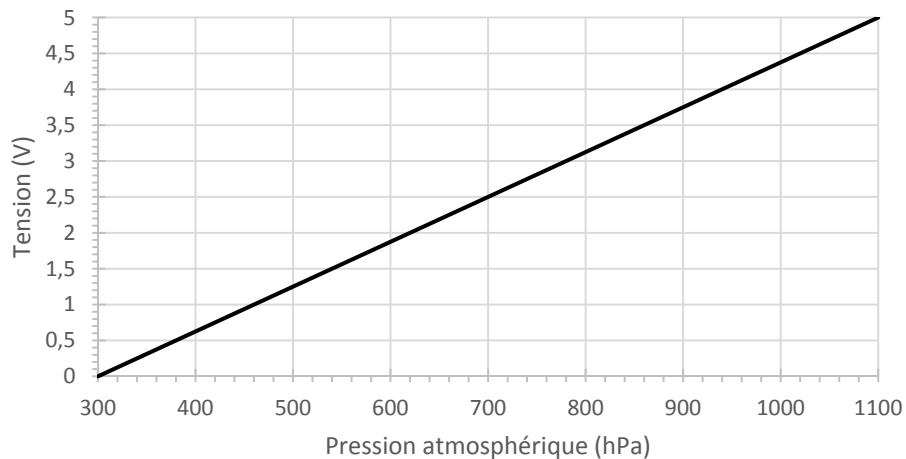
Évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude



Annexe B3 : extrait de la notice du capteur de pression

Sortie linéaire : 0 ... 5V
Plage de détection : 300 – 1 100 hPa
Précision : jusqu'à +/- 0,03 hPa
Température de fonctionnement : -40 °C à +85 °C

Caractéristique du capteur



PARTIE C – CHARGEUR PORTABLE AUTONOME

Le parapente ascensionnel se pratique en pleine nature, parfois loin de zones habitées. Il est donc important de pouvoir recharger son téléphone portable pour prévenir les secours le cas échéant. Le chargeur portable s'inscrit peu à peu dans la liste des indispensables du sac d'un nomade. L'énergie électrique n'étant pas disponible en toutes circonstances, cet appareil peut être très utile en cas de déconvenues.

Dans cette partie, on étudie le chargeur USB autonome pour téléphone portable présenté dans l'**annexe C2** de la **page 12**.

C.1 Étude du panneau solaire du chargeur autonome

Données

Surface de l'ensemble des cellules :	15 cm × 7,0 cm
Tension nominale :	5,0 V
Intensité nominale :	400 mA
Conditions d'éclairement lors du tracé de la caractéristique :	1000 W.m⁻²

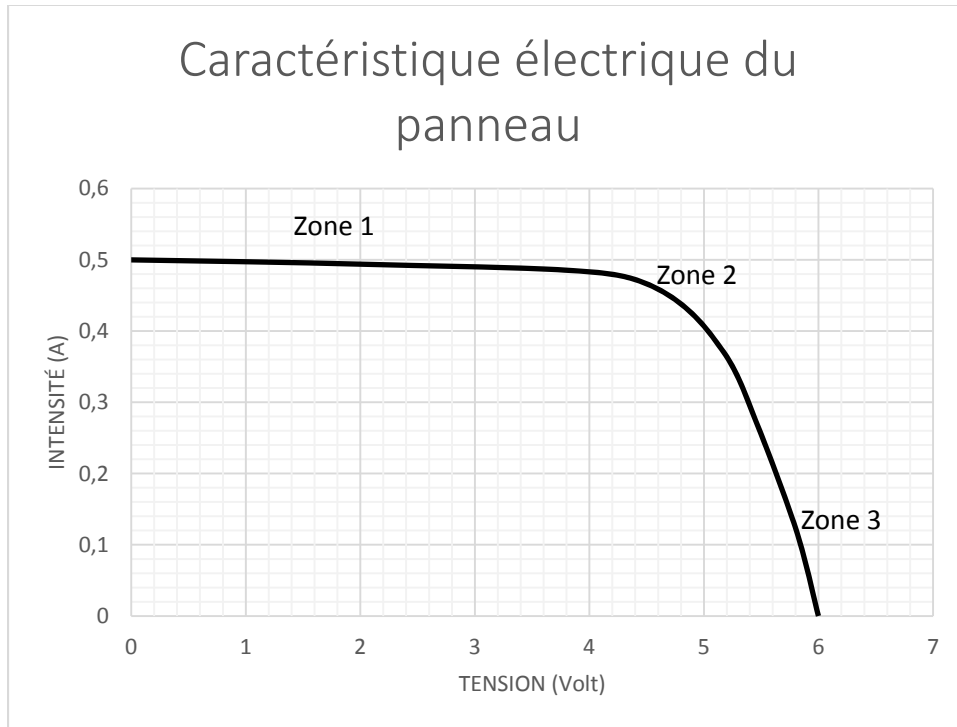
- C.1.1** Compléter le schéma du **document réponse DR1** de la **page 14**, correspondant à la conversion de puissance assurée par le panneau solaire, en précisant la forme de la puissance absorbée, P_a , et celle de la puissance utile, P_u .
- C.1.2** La caractéristique intensité tension, $I = f(U)$, du panneau est donnée dans l'**annexe C1** de la **page 12**. Relever les valeurs de la tension à vide, U_v , puis de l'intensité du courant du court-circuit, I_{cc} .
- C.1.3** Que valent les puissances fournies, P_v et P_{cc} , par le panneau sur les points de fonctionnement à vide et en court-circuit ? Justifier.
- C.1.4** Sur quelle zone de la caractéristique (1, 2 ou 3 de l'**annexe C1** de la **page 12**) le panneau fournit-il sa puissance maximale, P_{max} ?
Montrer qu'elle vaut approximativement $P_{max} = 2,0 W$.
- C.1.5** En s'aidant de la caractéristique, compléter le **document réponse DR2** de la **page 15** en indiquant les valeurs lues sur les appareils de mesure lors de chaque manipulation.
- C.1.6** Montrer que le rendement maximal du panneau photovoltaïque vaut $\eta_{max} = 19 \%$.

C.2 Étude de la batterie lithium ion

La batterie embarquée dans le chargeur est une batterie de type lithium ion. Nous étudierons ici la phase de décharge.

- C.2.1** À l'aide de l'**annexe C3** de la **page 13**, indiquer quel intérêt offre la batterie lithium ion, notamment pour le cas du chargeur autonome étudié ?
- C.2.2** L'énergie chimique accumulée dans la batterie est de $W_{\text{chim}} = 90,0 \text{ kJ}$. Estimer, à l'aide du tableau de l'**annexe C3** de la **page 13**, la masse de la batterie. Est-elle en accord avec les données techniques du chargeur solaire (**annexe C2** de la **page 12**). Justifier.
- C.2.3** Indiquer sur le schéma du **document réponse DR3** de la **page 16**, les demi-équations des réactions qui ont lieu sur chaque électrode en précisant s'il s'agit de l'oxydation ou de la réduction, le sens de circulation des électrons, celui du courant électrique et le signe de chaque électrode.
- C.2.4** Écrire l'équation bilan de la réaction d'oxydo-réduction qui a lieu lors de la décharge.

Annexe C1 : caractéristique électrique du panneau



Annexe C2 : système autonome pour recharge d'appareil portable

Ce chargeur de haute capacité est écologique mais aussi capable de fournir assez de puissance pour recharger les appareils qui vous gardent connectés au monde. Il se recharge soit sur secteur, soit de façon autonome à l'aide de son panneau solaire.

Spécifications :

Capacité : 5 000 mA.h

Batterie : Lithium ion

Temps de recharge solaire : approximativement 1 journée

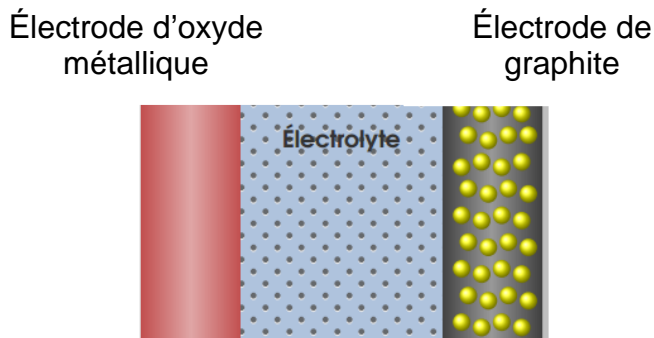
Temps de recharge électrique : 2 à 3 heures.

Masse : 270 g

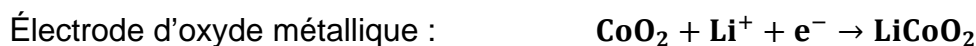


Annexe C3 : les batteries lithium ions

La batterie lithium-ion est un accumulateur électrochimique qui libère de l'électricité par échange réversible des ions lithium, Li^+ , entre deux électrodes : une anode en graphite et une cathode en oxyde métallique. Cet échange se fait au sein d'un électrolyte.



Demi-équations électroniques ayant lieu dans la batterie lors de la décharge :



Lors de la charge, les équations sont inversées.

Inconvénients de cette batterie

Ce dispositif présente certains risques en cas de fuite, de surchauffe ou de formation d'une structure cristalline de lithium entre les électrodes.

Avantages de cette batterie

Les avantages de la batterie lithium-ion sont sa très forte densité énergétique (énergie par unité de volume) et son importante énergie massique (énergie par unité de masse). En outre, ce type de batterie n'est pas affecté par l'effet-mémoire et son autodécharge est réduite.

Ces caractéristiques font de cette batterie l'une des meilleures solutions actuelles pour alimenter en électricité les appareils nomades (appareil photo, téléphone mobile) ou les véhicules hybrides.

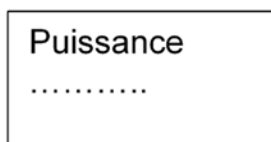
Spécifications	Plomb acide	Nickel Cadmium	Lithium- ion
Énergie massique (W.h/kg)	30 – 50	45 – 80	150 – 190
Résistance interne (mΩ)	< 100	100 – 200	150 – 300
Durée de vie	200 – 300 cycles	1000 cycles	500 – 1 000 cycles
Charge rapide	8 – 16 h	1 h	2 – 4 h

Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

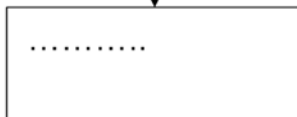
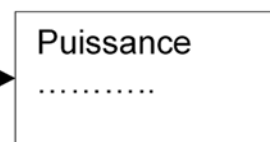
(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Document réponse DR1 : schéma de conversion de puissance du panneau photovoltaïque (question C.1.1)

Puissance absorbée



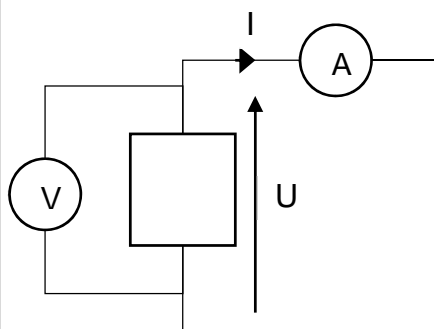
Puissance utile



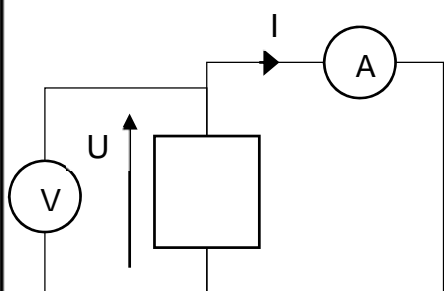
Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

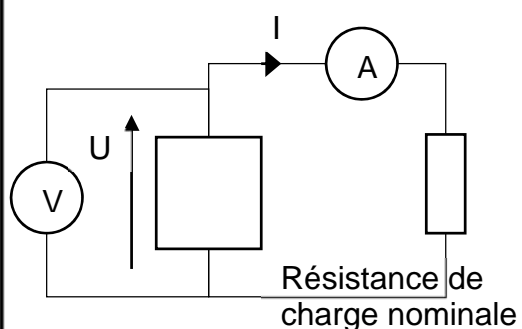
Document réponse DR2 (question C.1.5)



Appareil de mesure	Valeur affichée par l'appareil



Appareil de mesure	Valeur affichée par l'appareil

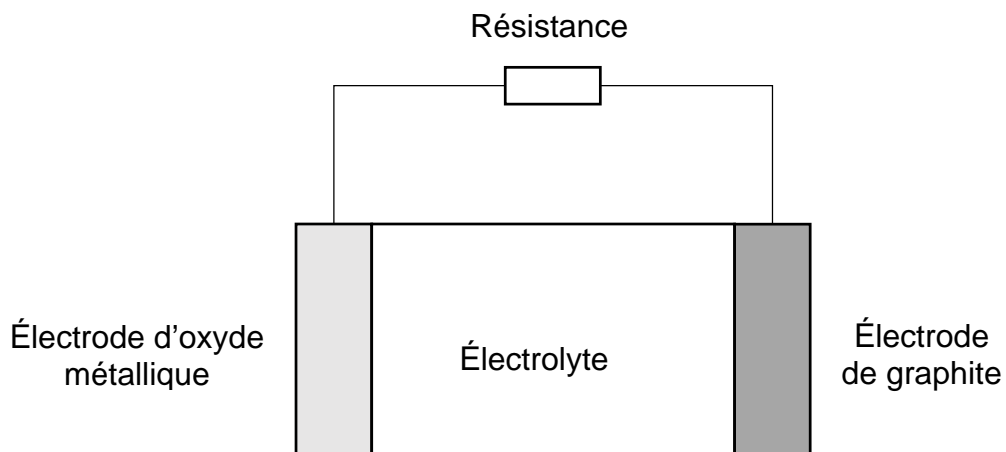


Appareil de mesure	Valeur affichée par l'appareil

Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Document réponse DR3 : batterie en phase de décharge (question C.2.3)



	Électrode d'oxyde métallique	Électrode de graphite
Demi-équation électronique→→
Oxydation ou réduction		