

Baccalauréat technologique

Épreuve de physique-chimie série STI2D et STL spécialité sciences physiques
et chimiques en laboratoire

Exemple de sujet

Durée 3 heures - coefficient 4

A l'exclusion de tout autre matériel électronique, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16-11-1999

Le sujet comporte 13 pages numérotées de 1 à 13.

LA TENTE DE DEMAIN

Vous êtes élève en classe de terminale STI2D ou STL, la société « TechnoCamp » vous propose d'effectuer un stage d'été dans son service recherche et développement en participant au projet de « la tente de demain ».

Les dernières recherches dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque pourraient dévoiler une nouvelle vision de la tente. Ainsi, on pourrait rester en contact avec ses proches par le biais d'internet et recharger la batterie de son téléphone mobile dans des lieux isolés. La commande de l'éclairage à distance permettrait également de localiser sa tente de nuit avec une lueur distinctive.

L'ingénieur qui vous encadre vous confie différentes responsabilités détaillées dans trois fiches de mission.

- Partie A : La toile solaire (fiche de mission n°1)
- Partie B : La localisation de la tente (fiche de mission n°2)
- Partie C : Le stockage de l'énergie solaire (fiche de mission n°3)

Le sujet comporte trois parties A, B et C qui sont indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions et vous rendrez les documents réponse (pages 12 et 13) avec votre copie.

Partie A : La toile solaire

Les dernières recherches montrent que le tissage de fils à revêtements photovoltaïques au sein d'un tissu classique permet de réaliser une toile photovoltaïque. Le responsable de projet a choisi un revêtement à base de cellules polymères photovoltaïques. Voici la première fiche de mission qu'il vous a adressée.

Fiche de mission n°1

- Objectifs :*
- *exploitation des premiers résultats expérimentaux*
 - *rédaction d'une notice pour le nettoyage de la toile de tente*

Afin de préparer au mieux la prochaine réunion d'équipe où nous exposerons les résultats des premiers essais expérimentaux, je vous charge des responsabilités détaillées ci-dessous. Vous trouverez en Annexe A un dossier d'étude comprenant différents documents que j'ai rassemblés pour vous.

A.1 Conversion photovoltaïque

A.1.1 En vous aidant de l'article de presse (A1), vous donnerez trois arguments justifiant le choix des cellules photovoltaïques organiques. Vous expliquerez également ce que signifie « l'impact environnemental » de la fabrication d'une cellule photovoltaïque.

A.1.2 En utilisant le modèle (A2), vous expliquerez pourquoi une cellule photovoltaïque non éclairée affiche une tension nulle.

A.1.3 Le rendement énergétique photovoltaïque s'exprime par la relation $\eta = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{solaire}}}$.

- a. Vous préciserez les unités des grandeurs figurant dans cette relation.
- b. Vous complèterez le document réponse DR1 page 12, présentant la chaîne énergétique de la toile photovoltaïque.

A.2 Exploitation des premiers résultats expérimentaux

La toile photovoltaïque est équipée d'un capteur mesurant le rayonnement solaire en $W.m^{-2}$. Les données sont transmises au centre de contrôle de la tente qui peut calculer et afficher l'énergie solaire absorbée au cours d'une certaine durée en $kWh.m^{-2}$.

A.2.1 Vous expliquerez le calcul qu'effectue le centre de contrôle pour passer de la mesure du rayonnement solaire à l'affichage de l'énergie solaire absorbée en vous aidant de la relation liant ces grandeurs et de leurs unités.

A.2.2 La toile solaire utilisée pour effectuer les premiers tests a une surface de $1,40 m^2$. A partir des relevés expérimentaux (A3) et (A4), vous déterminerez le rendement énergétique de la toile solaire. Vous détaillerez en trois étapes votre raisonnement.

A.2.3 Vous comparerez la valeur du rendement trouvé à celle citée dans l'article de presse et vous préciserez si l'écart trouvé relève plutôt des conditions de mesures ou plutôt des incertitudes liées à l'instrument de mesure. Vous argumenterez votre réponse.

A.3 Nettoyage de la toile de tente.

Les propriétés photovoltaïques de la toile de tente sont assurées notamment par le polymère PCDTBT (A5). Le nettoyage de la toile doit pouvoir se faire sans altérer son revêtement.

La tente sera livrée avec une notice qui doit informer des produits de nettoyage à utiliser dans différentes situations. Votre mission est de contribuer à la rédaction de cette notice en privilégiant des nettoyeurs respectueux de l'environnement, conformément à l'éthique de la société TechnoCamp.

A.3.1 Vous encadrerez sur le document réponse DR2 page 12, le motif du polymère PCDTBT.

A.3.2 a. Compte tenu des informations fournies par le document (A6), vous détaillerez la démarche à suivre pour choisir le produit nettoyant les tâches d'herbe, puis le produit nettoyant les tâches de calcaire.

b. Vous indiquerez sur le document réponse DR3 page 12, le produit de nettoyage à utiliser pour chaque type de tache.

A.3.3 Lors de tests au laboratoire, une solution basique de phénolphtaléine (PP^-) a été renversée sur un échantillon de toile et l'a coloré en rose. Pour réparer cette erreur il est suggéré de tremper l'échantillon de toile dans une solution d'acide éthanoïque (CH_3COOH). La coloration rose disparaîtrait instantanément.

Voici les différents couples acido-basiques : CH_3COOH / CH_3COO^- ; HPP / PP^-

(HPP incolore, PP^- rose)

Vous écrirez l'équation de la réaction qui se produit entre la phénolphtaléine (PP^-) et l'acide éthanoïque (CH_3COOH). Vous expliquerez la disparition de la tache rose.

Une nouvelle technologie pour les cellules photovoltaïques

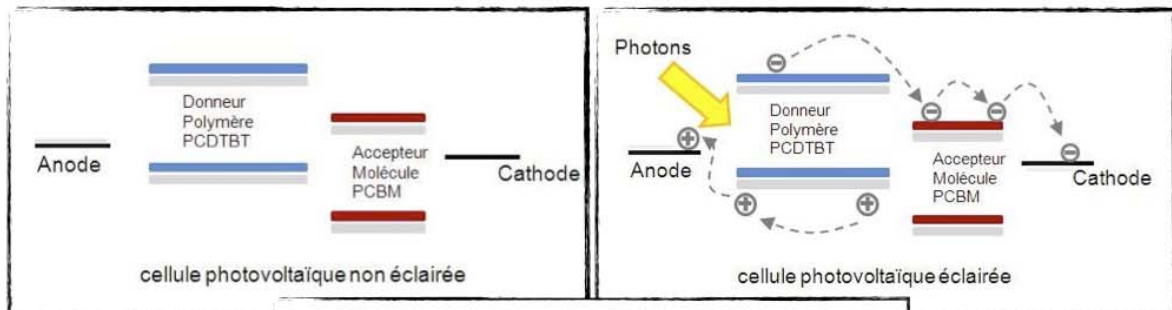
Les cellules photovoltaïques qui convertissent l'énergie lumineuse en énergie électrique, connaissent partout dans le monde un fort développement. Les plus répandues utilisent du silicium et leur rendement dépasse 14%. Il existe aujourd'hui une nouvelle technologie : les cellules photovoltaïques organiques

mettant en oeuvre des polymères, leur rendement photovoltaïque peut atteindre 6,1% pour le polymère PCDTBT associé à la molécule PCBM. Malgré ce faible rendement, cette technologie présente de nombreux avantages par rapport aux cellules à base de silicium dont la production nécessite beaucoup d'énergie.

Pour les cellules organiques, les coûts financiers et énergétiques sont relativement bas avec un faible impact environnemental. Les cellules organiques peuvent s'intégrer facilement à des substrats* souples, ce qui leur permet de couvrir des surfaces qui ne sont pas planes.

*Substrat : support.

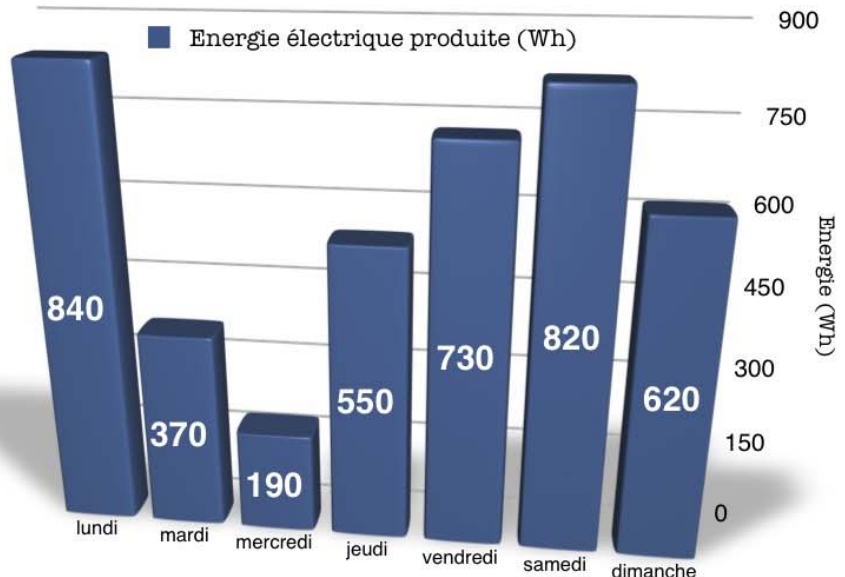
A1 - Article de presse



A2 - Modèle simplifié d'une cellule photovoltaïque

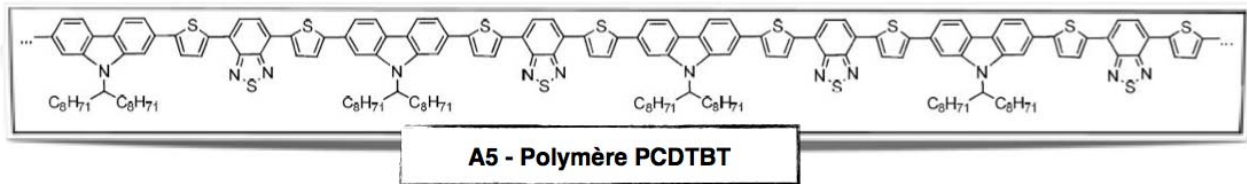


A3 - Affichage de l'écran du centre de contrôle



A4 - Résultats expérimentaux

ANNEXE A - La toile solaire



| Nature de la tache | Caractéristique de la tache | Solubilité de la tache dans différents solvants | | | | |
|-------------------------|---|---|---------|---------|-------------|-------------------------|
| | | Eau | Ethanol | Acétone | Chloroforme | Essence de térébenthine |
| Terre | Mélange de minéraux et de composés organiques | □ | ✓ | ✓ | N.C. | N.C. |
| Herbe (chlorophylle) | Sensible aux oxydants | X | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Graisse (lipide) | Faiblement réactive | X | X | ✓ | ✓ | ✓ |
| Sauce tomate (pigments) | Sensible aux acides | X | X | X | X | X |
| Peinture | Mélange de pigments et de polymères | X | X | ✓ | N.C. | ✓ |
| Jus de viande (sang) | Mélange de protéines, lipides, sucres minéraux... Sensible aux oxydants et aux bases | X | X | X | X | X |
| Calcaire | Composé aux propriétés basiques | X | X | X | X | X |

✓ : Soluble □ : Partiellement soluble X : Insoluble N.C. : Non communiqué

| Produit de nettoyage | Caractéristiques | Sécurité |
|-----------------------------------|--|----------|
| Eau | Solvant | □ |
| Ethanol | Solvant | |
| Acétone | Solvant Solubilise le PCDTBT | |
| Chloroforme | Solvant Solubilise le PCDTBT | |
| Essence de térébenthine | Solvant | |
| Eau oxygénée | Oxydant | |
| Eau de Javel | Oxydant | |
| Vinaigre Blanc (acide éthanoïque) | Acide | □ |
| Acide chlorhydrique | Acide | |
| Soude concentrée | Base Corrosif pour les textiles | |
| Ammoniac | Base | |
| Savons (carboxylates de sodium) | Rendent les graisses solubles dans l'eau | □ |

A6 - Taches et produits de nettoyage

Partie B : La localisation de la tente

La nuit ou dans des conditions météorologiques difficiles, la localisation de la tente peut devenir particulièrement utile pour une personne ayant une connaissance limitée du lieu où elle campe. A l'aide d'une télécommande, le randonneur doit pouvoir localiser sa tente qui s'illuminera aussitôt. Le responsable de projet a sélectionné différents émetteurs. Voici la fiche de mission n°2 qu'il vous a adressée.

Le Responsable de Projet
Ingénieur TechnoCamp

le 3 juillet 2012

Fiche de mission n°2

Objectifs :

- *choix d'un émetteur pour la télécommande*
- *détermination expérimentale de la portée de l'émetteur*

Vous trouverez en Annexe B un dossier d'étude comprenant plusieurs documents. J'ai sélectionné différents émetteurs dans le tableau (B1). Votre travail consiste à nous aider à choisir l'émetteur le plus approprié aux conditions d'utilisation.

B.1 Choix d'un émetteur

B.1.1 Le choix d'un émetteur nécessite la connaissance de la relation $\lambda = \frac{c}{f}$.

- a. Vous donnerez la signification et l'unité de chaque terme présent dans cette relation.
- b. Vous montrerez à partir du document (B1) que les longueurs d'ondes des trois émetteurs sont respectivement :

$$\lambda_1 = 0,882 \mu\text{m} ; \lambda_2 = 6,93 \times 10^5 \mu\text{m} ; \lambda_3 = 1,25 \times 10^5 \mu\text{m} ; \text{avec } c = 3,00 \times 10^8 \text{m.s}^{-1}.$$

B.1.2 En vous aidant de l'article de revue scientifique (B2) :

- a. Vous positionnerez, sans souci d'échelle, les longueurs d'ondes des trois émetteurs sur le document réponse DR4 page 13.
- b. Vous préciserez si ces ondes sont suffisamment transmises par l'air.

B.1.3 En observant les caractéristiques de chaque émetteur (B1) vous préciserez s'il y a un avantage à utiliser un émetteur isotrope plutôt qu'un émetteur directif.

B.1.4 A partir de l'article de revue scientifique (B3), vous choisirez l'émetteur le plus adapté à des conditions climatiques difficiles. Vous utiliserez le document réponse DR5 page 13 pour appuyer votre argumentation.

B.2 Détermination de la portée de l'émetteur

Nous avons confié à notre technicien la tâche de déterminer la portée maximale de la télécommande. Pour cela, il a utilisé un mesureur de champ radiofréquence.

Le tableau (B4) regroupe les résultats expérimentaux obtenus.

B.2.1 Vous rappellerez la structure d'une onde électromagnétique. En utilisant le tableau (B4) vous justifierez que l'appareil de mesure détecte un champ électrique.

B.2.2 Vous expliquerez en quelques lignes comment notre technicien a procédé pour obtenir ces résultats.

B.2.3 Vous tracerez sur votre calculatrice le graphe représentant l'intensité du champ électrique E en fonction de l'inverse de la distance $\frac{1}{D}$.

a. A partir du graphique obtenu, vous justifierez sans calcul que la relation entre le champ électrique E et l'inverse de la distance $\frac{1}{D}$ peut s'écrire $E = k \frac{1}{D}$.

b. En utilisant votre calculatrice graphique vous déterminerez le coefficient directeur k de cette caractéristique.

B.2.4 Vous déterminerez la portée maximale de la télécommande sachant que le détecteur installé dans le centre de contrôle de la tente est sensible à un champ minimum de $2,5 \times 10^{-3} \text{ V.m}^{-1}$.

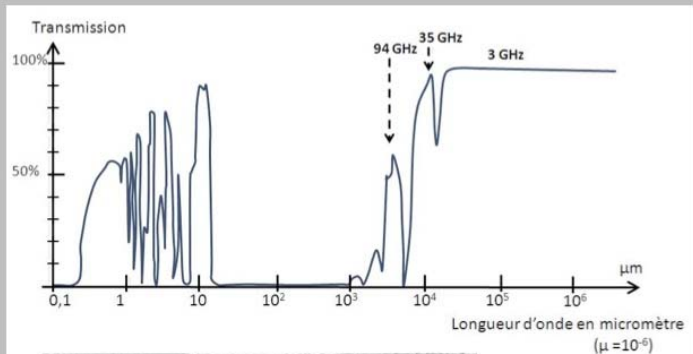
ANNEXE B - Localisation de la tente

| | Type d'Emetteur | Fréquence | Puissance | Caractéristique |
|---|------------------------------|-------------------------------|-----------|--|
| 1 | LED Infrarouge | 340 THz (T Téra : 10^{12}) | 25 mW | Le détecteur doit être dans la ligne directe du faisceau émetteur |
| 2 | Emetteur RF (radiofréquence) | 433 MHz (M Méga : 10^6) | 10 mW | Rayonnement isotrope (même intensité dans toutes les directions de l'espace) |
| 3 | Emetteur RF (radiofréquence) | 2,4 GHz (G Giga : 10^9) | 100 mW | Rayonnement isotrope (même intensité dans toutes les directions de l'espace) |

B1 - Les différents émetteurs disponibles

La transmission des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère

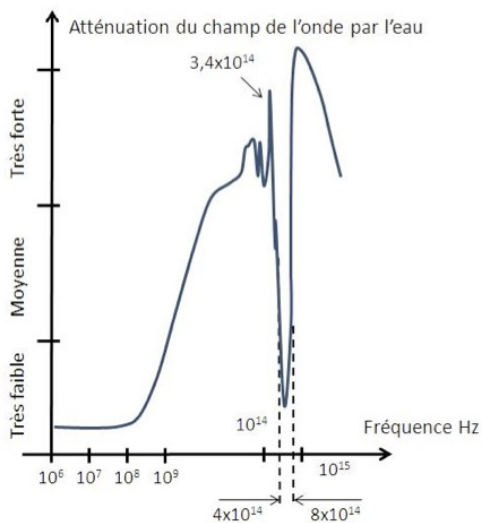
L'atmosphère possède de nombreuses bandes spectrales où elle laisse passer les ondes électromagnétiques. Il y a bien sur la bande du visible mais aussi de nombreuses bandes de l'infrarouge. Pour les ondes dont les longueurs d'onde sont comprises entre $10\mu\text{m}$ et $10^3\mu\text{m}$, l'atmosphère devient absorbante. Elle redevient transparente dès que les longueurs d'ondes sont supérieures à 3 cm dans la limite de 30 mètres.



B2 - Article de revue scientifique

Ondes et intempéries

L'eau est une substance omniprésente dans l'atmosphère. La pluie absorbe de manière notable les ondes. La végétation, constituée essentiellement d'eau les absorbe également. Par conséquent, le champ de l'onde est atténué. Aux fréquences inférieures à 10^8Hz l'atténuation devient très faible.



B3 - Article de revue scientifique

Cahier de laboratoire

Détermination de la portée d'émission de l'émetteur BC-203A :

| Distance (en m) | 10 | 20 | 40 | 80 | 100 |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Champ E (en $\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$) | $5,5\cdot 10^{-2}$ | $2,7\cdot 10^{-2}$ | $1,4\cdot 10^{-2}$ | $7,0\cdot 10^{-3}$ | $5,0\cdot 10^{-3}$ |

B4 - Résultats expérimentaux sur la portée d'émission

Partie C : Le stockage de l'énergie solaire

Le centre de contrôle de la tente doit aussi pouvoir fonctionner de nuit. Pour cela, un système de stockage de l'énergie électrique générée par la toile solaire durant la journée est prévu. L'ingénieur responsable du projet a fait le choix d'utiliser la technologie des batteries au lithium. Voici la fiche de mission n°3 qu'il vous a adressée :

Le Responsable de Projet
Ingénieur TechnoCamp

le 3 juillet 2012

Fiche de mission n°3

Objet : - choix du système de stockage de l'énergie

Afin de préparer au mieux la prochaine réunion d'équipe qui portera sur le choix du système de stockage, je vous charge de la mission suivante que vous réaliserez à partir du dossier d'étude de l'Annexe C que j'ai constitué.

C.1 Batteries lithium

C.1.1 A partir de l'article de revue (C1), vous rédigerez un bref historique sur les innovations technologiques des batteries lithium de ces 30 dernières années.

C.1.2 Vous préciserez, en justifiant, s'il faut écarter certaines technologies de batterie lithium.

C.1.3 Vous rédigerez un court paragraphe expliquant la démarche scientifique suivie par l'équipe de recherche de l'université. Vous préciserez leur problématique, leur hypothèse et soulignerez l'originalité de leurs expériences.

C.1.4 Vous citerez trois caractéristiques électriques importantes pour bien choisir une batterie.

C.2 Principe des batteries lithium

C.2.1 Vous montrerez le principe de fonctionnement d'une batterie au lithium en réalisant le schéma de sa décharge dans une lampe.

Vous préciserez sur ce schéma le sens des électrons puis le sens du courant électrique. Vous situerez le siège de la réduction et de l'oxydation, l'anode et la cathode.

C.2.2 A partir du catalogue de notre fournisseur de batterie (C2), vous expliquerez sans faire de calcul le lien entre la capacité de la batterie et la quantité de matière de lithium qu'elle contient.

C.2.3 Par le calcul, vous vérifierez pour le modèle de batterie iX-375, les valeurs fournies par les lignes 4 et 5 du catalogue (C2). Je vous rappelle que la capacité Q se calcule à l'aide de relation $Q = n_{\text{électron}} \cdot \mathcal{F}$

Données :

$n_{\text{électron}}$: nombre de moles d'électrons

$\mathcal{F} = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$: quantité d'électricité d'une mole d'électrons

1Ah=3600 C.

C.3 Choix du modèle

C.3.1 A partir du cahier des charges (C3) que j'ai rédigé, vous ferez un bilan de la quantité d'électricité nécessaire. Je vous rappelle que l'intensité est donnée par la relation

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} .$$

C.3.2 A partir du catalogue de notre fournisseur (C2), vous choisirez le modèle de batterie à retenir. Vous donnerez le critère qui vous a permis d'écarter chacun des autres modèles.

C.3.3 Lors d'un ensoleillement optimal, la toile photovoltaïque peut charger la batterie sous 12V avec une puissance de 84W. Vous déterminerez le temps de charge de la batterie.

Batterie au lithium Entrevue avec Marie Liesse Doublet



Il existe aujourd'hui dans le commerce plusieurs familles d'accumulateurs. Chacune s'adresse à un domaine d'application particulier, en fonction de ses caractéristiques générales (...).

Parmi les dispositifs électrochimiques les plus récents, les batteries à base de lithium sont l'objet d'une intense recherche fondamentale et technologique.

On distingue trois technologies différentes pour ces batteries : la technologie Li-métal apparue dans les années 80 mais qui présente des risques d'explosion lors de la charge, la technologie Li-

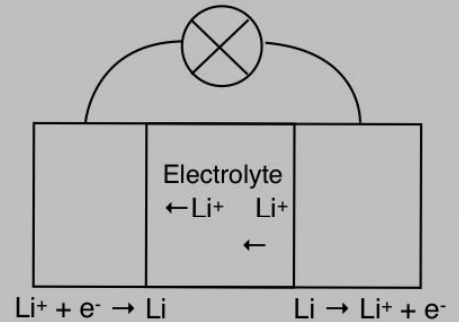
ion commercialisée par Sony en 1991 qui permet de limiter ces risques et la technologie Li-polymère apparue en 1999 qui ne présente aucun risque d'explosion.

Marie Liesse Doublet directrice de recherche à l'université de Montpellier nous explique ses recherches :

« Nous cherchons à améliorer les matériaux d'électrodes de manière à augmenter la capacité et la durée de vie des batteries. Dans ce domaine nous pensons que les oxydes de vanadium et leurs dérivés sont des matériaux prometteurs. La particularité de nos recherches est que nous ne synthétisons aucun matériau! Nous modélisons la matière de façon purement numérique et lançons des si-

mulations sur de gros ordinateurs afin d'évaluer les propriétés de ce matériau.»

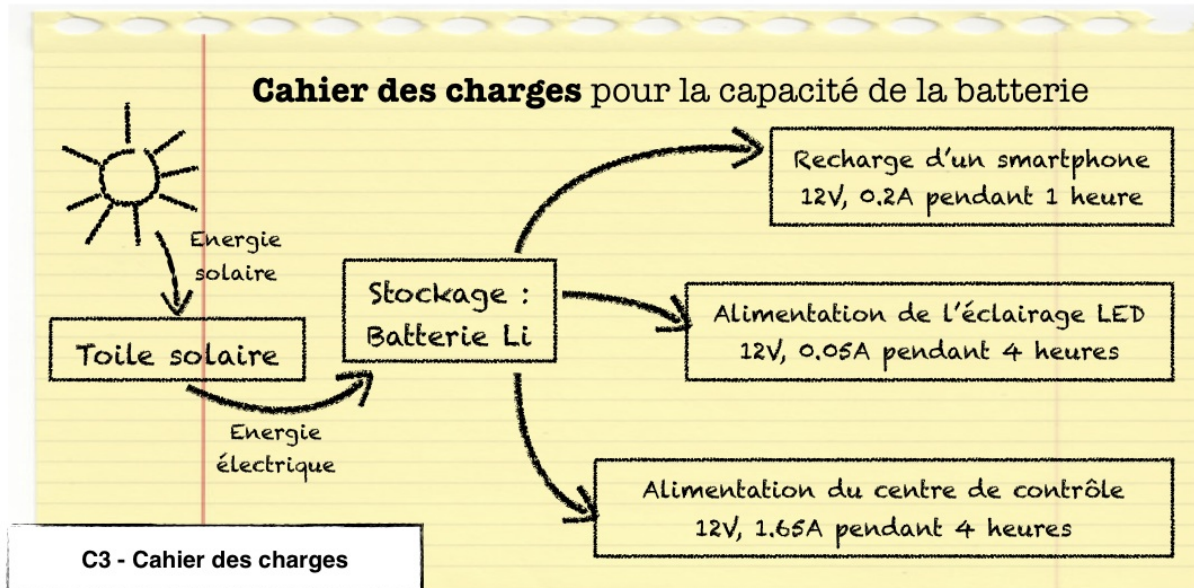
Schéma d'une batterie lithium



C1 - Article de revue scientifique

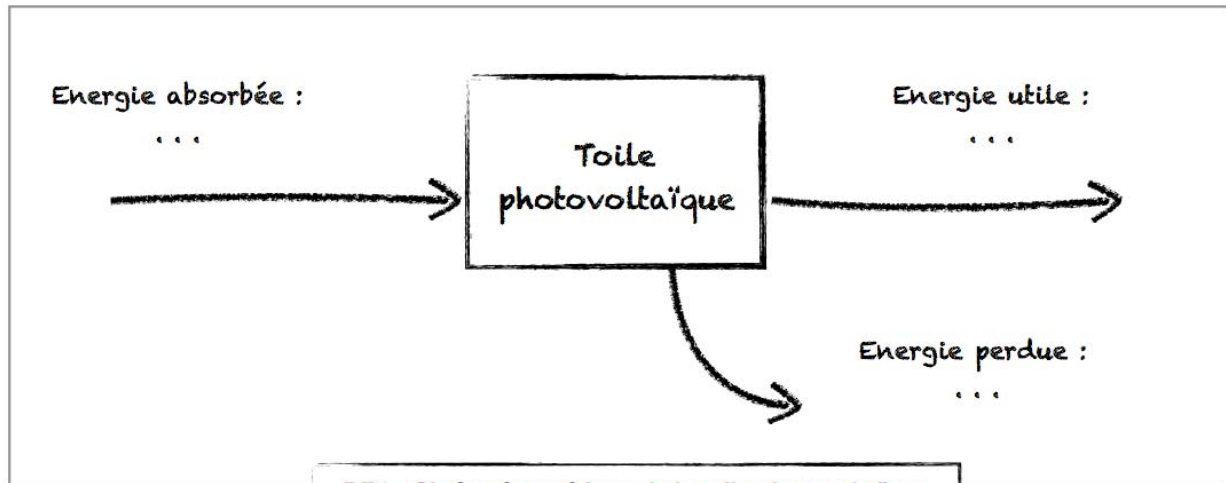
| | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Modèle | iX-375 | iP-124 | iP-123 | iX-124 |
| 2 | Technologie | Li-ion | Li-po | Li-po | Li-ion |
| 3 | Tension | 3,7 V | 12 V | 12 V | 12V |
| 4 | Capacité | 8 A.h | 7 A.h | 6 A.h | 7 A.h |
| 5 | Quantité de Li | 0.30 mol | 0.26 mol | 0.22 mol | 0.26 mol |
| 6 | Durée de vie (nombre de cycles) | 1000 | 2000 | 2000 | 1000 |
| 7 | Poids | 145g | 430g | 380g | 400g |
| 8 | Energie massique | 205 Wh/kg | 195 Wh/kg | 190 Wh/kg | 210 Wh/kg |

C2 - Extrait non modifié du catalogue de batteries de la société LiTech

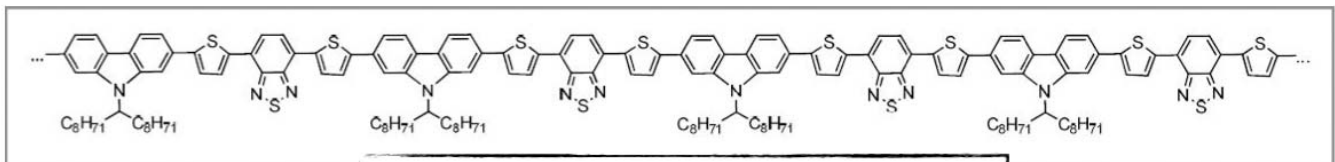


C3 - Cahier des charges

Document réponse à rendre avec la copie



DR1 - Chaîne énergétique de la toile photovoltaïque

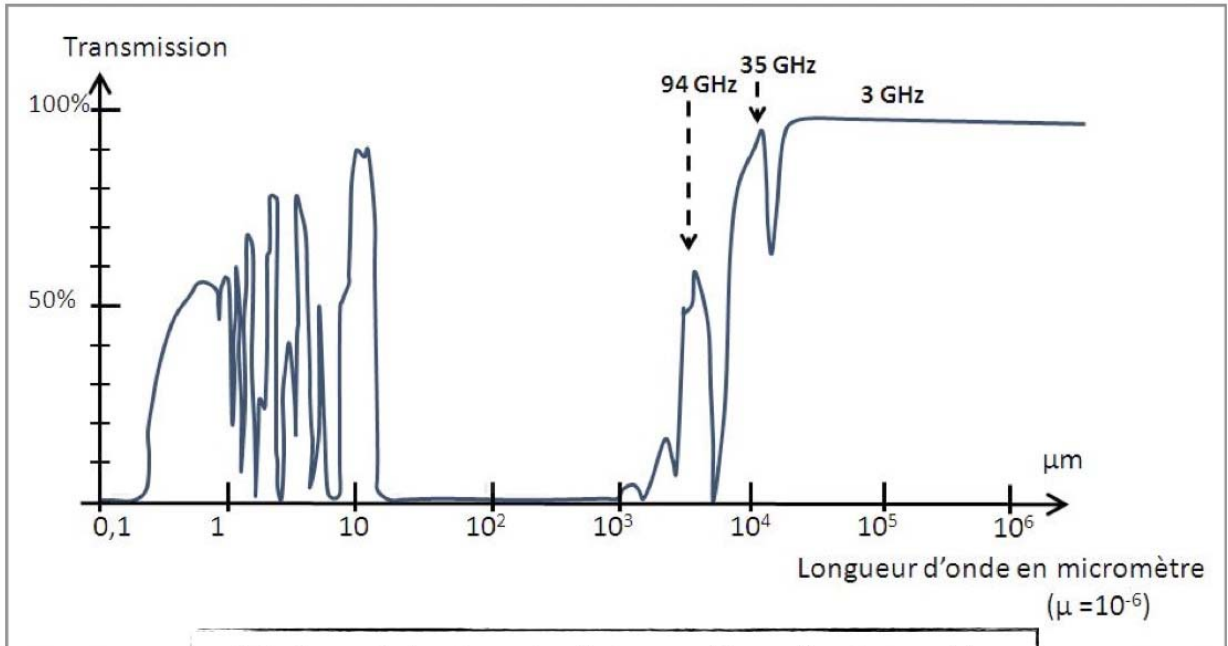


DR2 - Formule du polymère PCDTBT

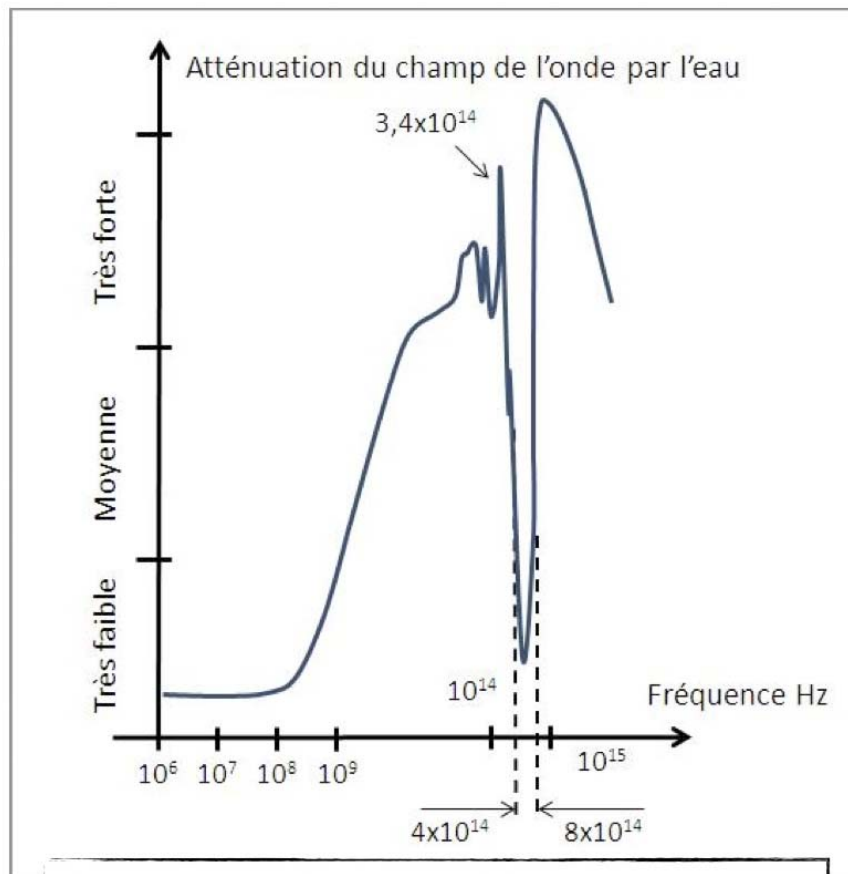
| Nature de la tache | Produit de nettoyage conseillé |
|--------------------|--------------------------------|
| Terre | |
| Herbe | |
| Graisses | |
| Sauce tomate | |
| Peinture | |
| Jus de viande | |
| Calcaire | |

DR3 - Notice des produits de nettoyage pour la toile photovoltaïque

Document réponse à rendre avec la copie



DR4 - Transmission des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère



DR5 - Atténuation du champ d'une onde électromagnétique par l'eau