Les routes de demain

Economes en matériaux et en main-d'œuvre, non polluantes, silencieuses, productrices d'électricité, automatisées, sûres, etc…les routes de demain devront répondre à des exigences nouvelles et nombreuses.

On s'intéresse dans les deux premières parties à deux aspects de ces routes de cinquième génération que sont la réduction du bruit et la production d'électricité.

Dans une troisième partie, on s'intéresse à la réparation d'une route en béton carbonaté.

Les trois parties sont indépendantes.
Partie 1 : Réduire le bruit.
Partie 2 : Produire de l'électricité.
Partie 3 : Traitement par réalcanisation d'une route en béton.

Acoustique (1)

Réduire le bruit.

> Un impact environnemental du trafic est le bruit, que l'on cherche à limiter là où il est gênant, à savoir en milieu urbain et péri-urbain.
> Plusieurs techniques permettent de réduire le bruit au niveau du contact pneu-chaussée.
> Une solution consiste à incorporer au bitume des granulats ou de la poudre de caoutchouc, issus notamment du recyclage de pneus usagés, ce qui permet de rogner quelques décibels sur le bruit.
>
> (*« Pour la science » Avril 2015*)

Données :

- $N = 10\log\frac{I}{I_0}$ *et* $I = I_0.10^{0,1N}$

N : niveau d'intensité acoustique (dB)
I : intensité acoustique ($W.m^{-2}$)
I_0 : intensité acoustique du seuil minimal d'audibilité ($1,0.10^{-12}$ $W.m^{-2}$)

- *Niveau d'intensité acoustique pondéré (dB_A) du fait de la sensibilité auditive :*

N (dB_A) = N (dB) + pondération A (dB)

Fréquence (Hz)	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*5000*
Pondération A (dB)	*- 15,5*	*- 8,5*	*- 3,0*	*0,0*	*1,0*	*1,0*

- *Spectre du bruit de roulement d'un véhicule léger découpé en bandes d'octave*

Fréquence médiane f (Hz)	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*
Niveau d'intensité acoustique (dB_A)	*74*	*77*	*76*	*80*	*63*	*53*

- *Niveau d'intensité acoustique total N_t :*

$$N_{total} = 10\ \log\sum_{i=1}^{n}10^{0,1N_i}$$

N_i : niveau d'intensité acoustique de chaque octave

1) De quelle ressource naturelle le bitume est-il issu ?
2) Avec quel appareil de mesure le niveau d'intensité acoustique est-il mesuré ?
3) Calculer le niveau d'intensité acoustique total N_t en décibels acoustiques.
4) Expliquer la signification de la pondération A lors du passage du niveau d'intensité acoustique exprimé en décibels à celui exprimé en décibels acoustiques.
5) Déterminer le niveau acoustique (dB) à la fréquence unique de 500 Hz.

Enrobé COLSOFT

Une entreprise de BTP, Colas, commercialise un enrobé (revêtement des routes) appelé COLSOFT contenant du caoutchouc provenant de pneumatiques usagés.

En se référant au niveau d'intensité acoustique à la fréquence unique de 1000 Hz, l'entreprise annonce les performances suivantes :

Température (20°C)	*N (dB_A)*		*Gain (dB_A)*
	Avec l'enrobé COLSOFT	*Avec un autre enrobé*	
COLSOFT 0/10 (90 $km.h^{-1}$)	*75*	*80*	
COLSOFT 0/6 (90 $km.h^{-1}$)	*70*	*74*	*4,0*

Les indications 0/10 et 0/6 correspondent à la taille des granulats (mm) incorporés dans l'enrobé et la vitesse ($km.h^{-1}$) est celle d'un véhicule léger roulant sur l'enrobé.

6) Calculer le gain acoustique d'un véhicule se déplaçant à 90 $km.h^{-1}$ sur l'enrobé COLSOFT 0/10.

Cette entreprise de BTP annonce qu'avec cet enrobé COLSOFT 0/10, l'intensité acoustique est divisée par 3 et donc qu'avec un tel gain, le passage de 100 véhicules devient égal en terme de bruit au passage de 33 véhicules avec l'ancien enrobé.

7) Vérifier, à l'aide d'arguments quantitatifs, si l'annonce faite par cette entreprise à propos de son enrobé est correcte.

(Toute démarche scientifique cohérente sera valorisée, même si elle ne conduit pas au résultat final)

Photométrie (2)

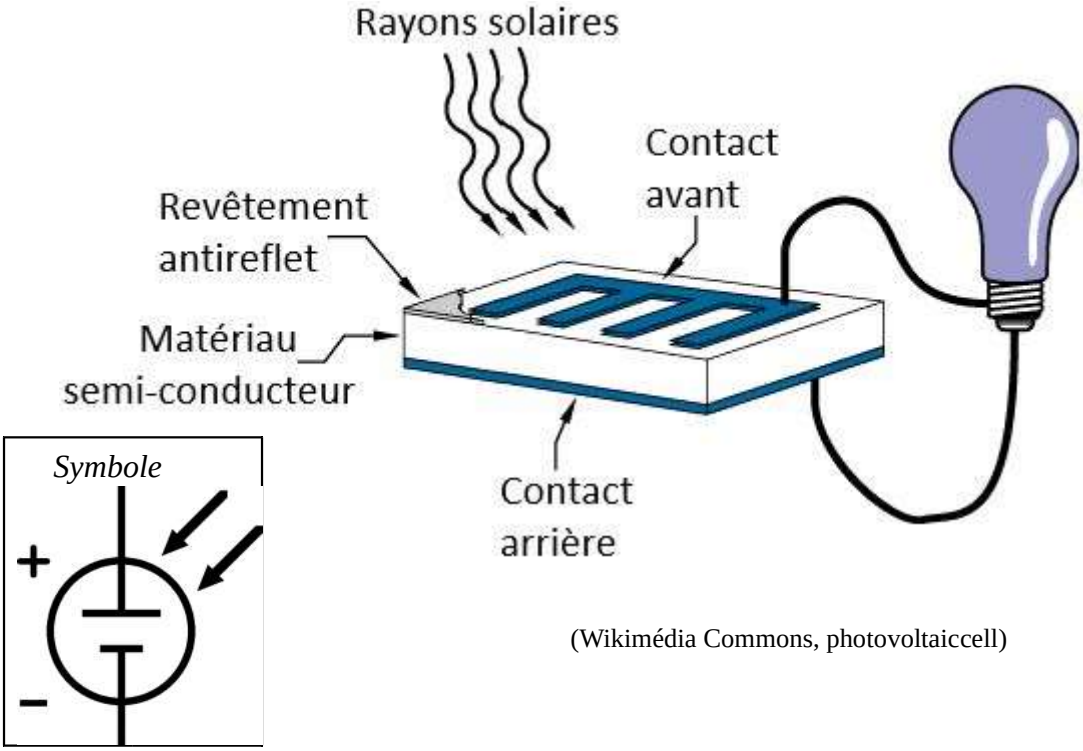
Production de l'électricité.

Dans le domaine du transport routier, la transition énergétique a pour écho la notion de routes à énergie positive, c'est-à-dire des routes qui collecteront de l'énergie pour leur propre usage : régulation thermique, signalisation, éclairage…

Une piste cyclable pilote longue de 100 mètres et large de 4,0 mètres a été inaugurée fin 2014 dans la ville de Krommenie aux Pays-Bas. (« Pour la science » Avril 2015)

1- <u>Etude du rendement d'une cellule photovoltaïque au laboratoire</u>.

Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque



(Wikimédia Commons, photovoltaiccell)

Lorsque la cellule reçoit de la lumière, une tension électrique apparait à ses bornes. Elle se comporte alors comme un générateur.

1) Proposer un montage pour mesurer la tension U aux bornes d'une cellule photovoltaïque et l'intensité I qu'elle génère lorsqu'elle est éclairée par la lumière du soleil afin de connaitre ainsi la puissance électrique générée par la cellule.

2) Avec quel appareil de mesure l'éclairement est-il mesuré ?

<u>*Données*</u> *:*

- *Surface de la cellule :* $S = 1{,}4.10^2$ cm^2
- *Éclairement moyen au niveau de la cellule :* $E_r = 1{,}3.10^4$ *lux*
- *Rendement de la cellule photovoltaïque :* $\rho = \frac{P_{max}}{P_r}$

Puissance électrique maximale P_{max} générée par la cellule

Puissance solaire moyenne reçue P_r par la cellule

On considère qu'une intensité lumineuse $I_0 = 1{,}5.10^{-3}$ W.m^{-2} correspond à un éclairement $E_0 = 1{,}0$ lux pour toutes les longueurs d'onde émises par le soleil.

3) Calculer la puissance solaire moyenne P_r reçue par la cellule photovoltaïque.

Expérimentalement, on a déterminé P_{max} qui vaut 35 mW.

4) En déduire le rendement de cette cellule photovoltaïque.

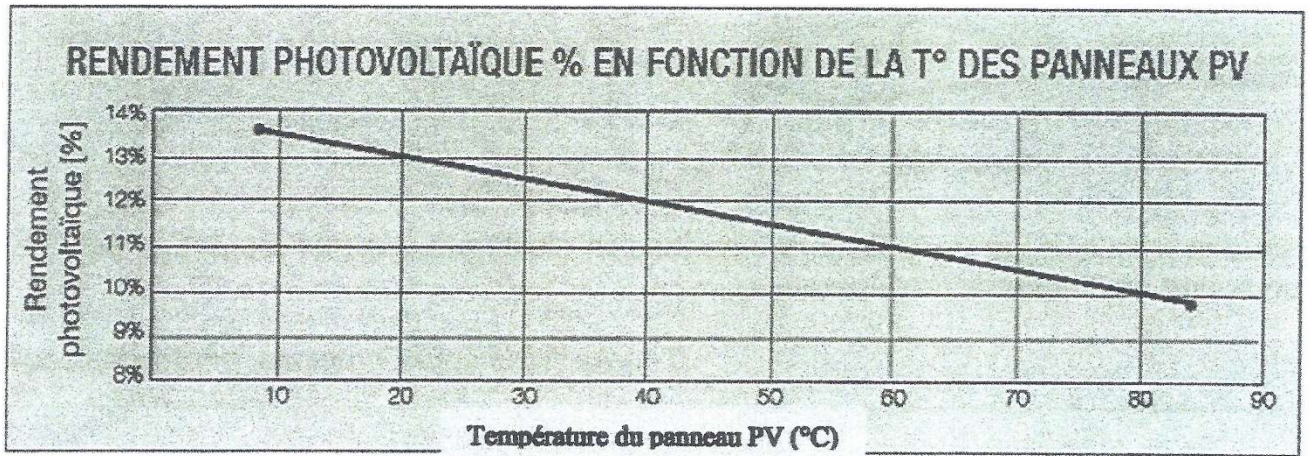
2- <u>Détermination de la puissance maximale fournie par la piste cyclable de Krommenie</u>.

À l'aide d'un calcul simple, évaluer l'ordre de grandeur de la puissance maximale fournie par le « champ » de cellules photovoltaïques qui constitue la piste cyclable de Krommenie au Pays-Bas.

(On admet pour cela que les cellules et l'éclairement sont les mêmes que dans l'expérience qui vient d'être faite)

3- <u>Effet de la température sur le rendement photovoltaïque</u>.

• *Rendement photovoltaïque (%) du champ de cellules photovoltaïques de cette piste cyclable en fonction de la température (°C) des cellules*



1) Quel est le rendement du champ de cellules photovoltaïques à 40°C ?
Comment évolue ce rendement lorsque la température augmente ?

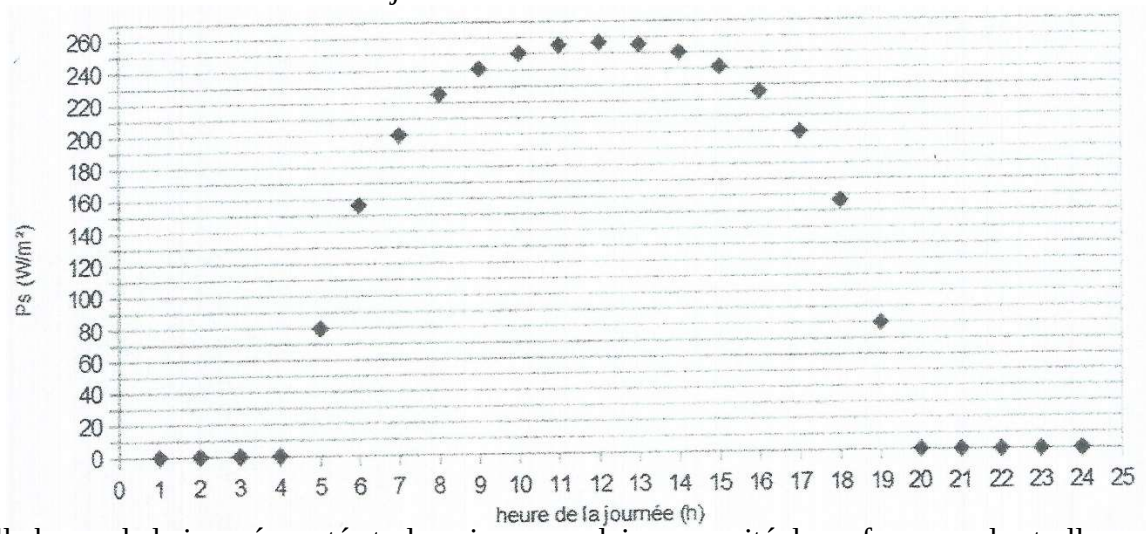
La cellule est chauffée par le soleil.

2) De quel type de transfert thermique s'agit-il ?

La terre tournant autour du soleil et sur elle-même autour de l'axe des pôles, la position du soleil dans le ciel va varier en fonction des heures et des saisons.

L'exposition de la cellule photovoltaïque au flux de rayonnement provenant du soleil sera alors modifiée et son rendement également.

• *Puissance solaire (P_S) reçue par unité de surface au sol en fonction des heures de la journée le 21 juin à Krommenie*



3) À quelle heure de la journée, notée t_1, la puissance solaire par unité de surface au sol est-elle maximale ?

Déterminer la puissance solaire reçue par ce champ de cellules photovoltaïques à cette même heure t_1.

4) Expliquer pourquoi la production d'énergie électrique de ce champ de cellules dépend de l'heure de la journée et du jour de l'année (sans tenir compte des effets météorologiques).