

# COMMENT CARACTÉRISER LES ÉCHANGES THERMIQUES DANS UN ENROBÉ ?

## 1. Mesure d'une température

### ACTIVITE 1 « Comment capter et redistribuer l'énergie solaire sous l'enrobé ? »

Document extrait du « Monde » daté du 25 Octobre 2017

**1 CAPTER L'ÉNERGIE SOLAIRE SOUS LA CHAUSSÉE**

énergie solaire  
route (7°C à 60°C pour un air à 30°C)  
échangeur thermique  
écran thermique  
10 cm

**2 STOCKAGE DE L'ÉNERGIE SOUS LA ROUTE**

tubes  
fluide caloporteur (qui transporte la chaleur)  
réservoir

**3 REDISTRIBUER L'ÉNERGIE EN FONCTION DES BESOINS SAISONNIERS**

pompe à chaleur

**PÉRIODE ESTIVALE**

- chauffage des piscines
- besoins d'électricité pour les grosses infrastructures
- diminution de la température de la chaussée
- besoins d'électricité pour les foyers

**PÉRIODE HIVERNALE**

- déneigement des pistes d'aéroport et des chaussées
- chauffage des foyers et des infrastructures
- besoins d'électricité pour les foyers
- besoins d'électricité pour les grosses infrastructures

SOURCE : EUROVIA  
INFOGRAPHIE : AUDREY LAGADEC

La route du futur sera connectée, mais produira aussi de l'énergie. En 2016, Colas, la filiale route de Bouygues, avait dévoilé sa route solaire, qui permet de produire de l'électricité. Cette année, c'est au tour d'Eurovia, la filiale de Vinci, de dévoiler la route à énergie positive. Il s'agit non pas d'électricité photovoltaïque, mais de chaleur.

Dix centimètres sous la couche d'enrobé bitumineux, un serpentin de plastique dans lequel circule un fluide caloporteur capte la chaleur : en été, quand la température ambiante atteint 30 °C, une route noire atteint aisément 60 °C. Le fluide se charge donc de calories qui peuvent être renvoyées vers des sondes géothermiques en profondeur pour restituer la chaleur pendant les périodes froides, pour divers usages : dégivrage des routes, chauffage des bâtiments ...

**Philippe Jacqué**

- AP  1.a. Entourer sur l'infographie toutes les informations de température.  
b. Citer deux unités de température

- VA  2.a. Quelle grandeur est transportée par ce système ?

la température     la chaleur     la vitesse

b. Quel élément permet de faire ce transport ?  le fluide caloporteur     l'enrobé     l'eau

- AP  3. Qu'est-ce que la géothermie ?

l'utilisation de la chaleur de la route     l'utilisation de la chaleur de la Terre  
 l'utilisation de la chaleur de l'air     L'étude géographique de la chaleur



## TP 1 « Comment fonctionne le capteur Pt100 ou Pt1000 ? »

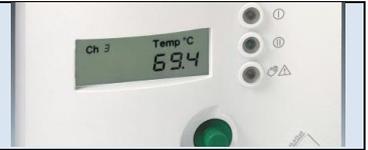
<b>AP</b> S'Approprier	1 2 3 4 5	<b>AN</b> Analyser/Raisonner	1 2 3 4 5	<b>RE</b> Réaliser	1 2 3 4 5	<b>VA</b> Valider	1 2 3 4 5	<b>CM</b> Communiquer	1 2 3 4 5
------------------------	-----------	------------------------------	-----------	--------------------	-----------	-------------------	-----------	-----------------------	-----------

**Document 1 :** Données techniques d'un régulateur différentiel de température universel pour l'utilisation dans des systèmes solaires et de chauffage

**Entrées de sonde :** 3 entrées de sonde Pt1000

**Sorties de sonde :** 2 sorties-relais, courant d'enclenchement max. 4 A

**Tension de service :** 230 Volt AC,  $\pm 10\%$



**Document 2 :** Sonde Pt100

Une sonde Pt100 est un type de capteurs aussi appelé RTD (détecteur de température à résistance) qui est fabriqué à partir de platine. L'élément Pt100 a une résistance de 100 ohms à 0 °C, et il est de loin le capteur le plus utilisé. Le capteur Pt500 a une résistance de 500 ohms à 0 °C, et le capteur Pt1000 a une résistance de 1000 ohms à 0 °C. Normalement, ces capteurs sont équipés d'une gaine de protection ou de montage pour former une sonde de température. Ils présentent les avantages suivants : Grande plage de températures de -200 °C à 850 °C, Courbe caractéristique quasi linéaire, Précision élevée.



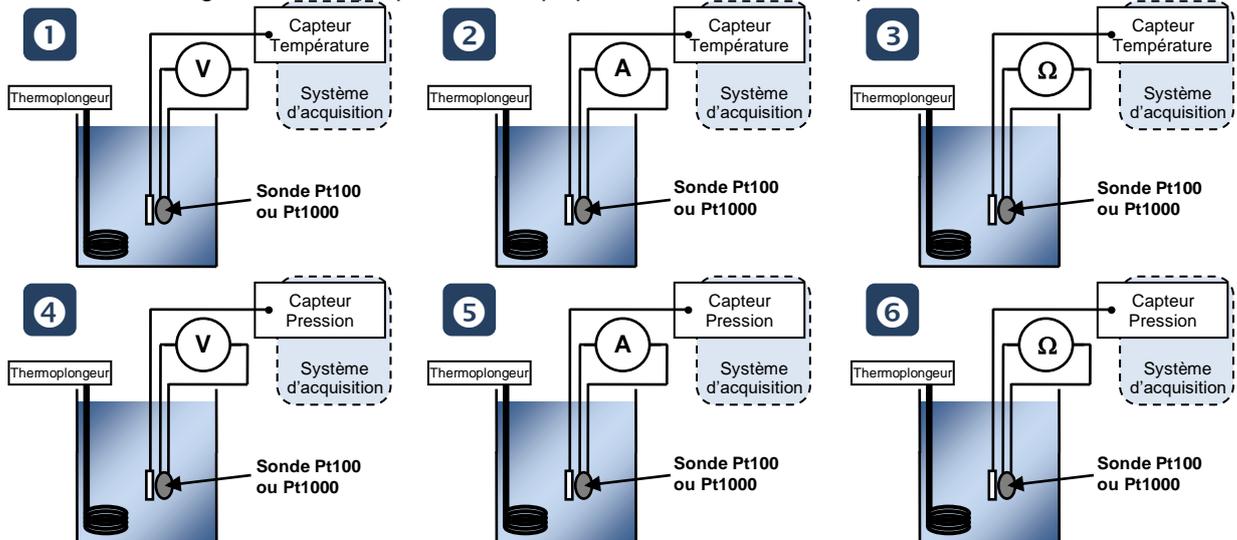
- 1.a.** Quelle indication donne la sonde Pt1000 dans le dispositif présenté dans le document 1 ?  
 une tension    une résistance    une température    une pression
- b.** Quel est l'élément sensible utilisé dans la sonde Pt100 ou Pt1000 ?  
 Plomb    Phosphore    Protactinium    Platine    Polonium    Prométhium
- c.** Quelle transformation effectue le capteur Pt100 ou Pt1000 ?



- d.** À 0°C, quelle est l'indication électrique donnée par la sonde Pt1000 ?  
 100 V    100  $\Omega$     100 A    1 000 V    1 000  $\Omega$     1 000 A

- 2.** « Comment évolue la résistance d'une sonde Pt 100 ou Pt1000 quand la température augmente ? »  
 Émettre une hypothèse répondant à la question, en l'explicitant. ....

- 3.** Parmi les montages suivants proposer celui qui permet d'étudier le comportement de la sonde.



**Appel n°1 :** Faire vérifier la proposition de montage et la justifier oralement

- 4.a.** Réaliser le montage confirmé par le professeur. On fera bien attention à placer l'extrémité des deux sondes côte à côte. Le capteur ExAO sur le « Capteur N°1 » de la console d'acquisition ExAO.  
**b.** Ouvrir à l'aide du logiciel LATIS PLP le fichier à disposition « Pret pour acquisition.plp ».

**Appel n°2 :** Faire vérifier le dispositif expérimental

**RE**  5.a. Allumer le thermoplongeur et lancer les acquisitions.

On fera des acquisitions tous les 5 Ω. Pour cela saisir au clavier la valeur du multiple de 5 de la résistance de la sonde Pt100 ou Pt1000 à venir. Dès que celle-ci est atteinte à l'ohmmètre, acquérir la température automatiquement avec le logiciel.

Acquérir ainsi de suite les valeurs de résistance jusqu'à ce que la température atteigne environ la valeur de 70 °C.

**AN** b. Avec type de représentation mathématique peut modéliser les résultats obtenus ?  une courbe  une droite

 **Appel n°3 : Sortir les sondes de l'eau chaude et faire vérifier les mesures**

**RE**  6. Étude des résultats expérimentaux obtenus :

a. Choisir l'outil « Créer une droite » dans le menu contextuel (il apparaît si l'on fait un clic droit sur le graphique) et tracer sur le graphique la droite d'ajustement (on pourra modifier la position de la droite à l'aide des deux carrés noirs qui s'affichent sur la droite).

b. Un clic droit sur la droite permet de connaître l'équation de la droite ainsi tracée. Donner l'équation de la droite sous la forme  $R = a \times \theta + b$  (où  $R$  est la valeur de la résistance en Ohm et  $\theta$  la valeur de la température en degré Celsius) :

$$R(\theta) = \dots \times \theta + \dots$$

**VA** c. En déduire la valeur de la résistance de la sonde lorsque  $\theta = 0$  °C ?

$$R(0) = \dots$$

 **Appel n°4 : Faire vérifier le tracé de la droite et les résultats**

**RE**  7. Utilisation du modèle pour déterminer une température.

a. Mesurer à l'ohmmètre la valeur de la résistance de la sonde Pt100 ou Pt1000 positionnée à l'air libre.

$$R_{\text{air libre}} = \dots$$

b. À l'aide de l'outil « réticule », utiliser la droite tracée pour lire graphiquement la température de la pièce.

$$\theta_{\text{Sonde Pt}} = \dots$$

c. Utiliser la thermomètre à infra rouge à disposition pour mesurer la température de la pièce.

$$\theta_{\text{IR}} = \dots$$

d. Comparer les deux températures :

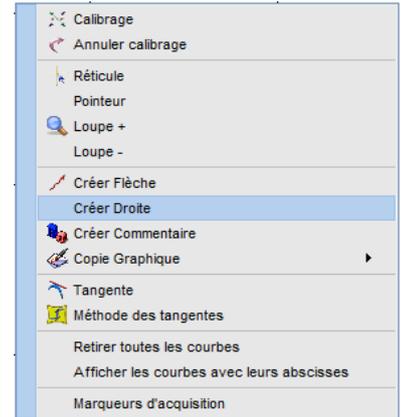
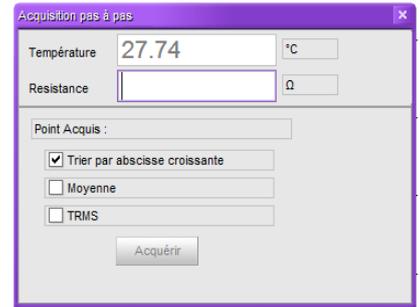
$\theta_{\text{Sonde Pt}} < \theta_{\text{IR}}$      $\theta_{\text{Sonde Pt}} \approx \theta_{\text{IR}}$      $\theta_{\text{Sonde Pt}} > \theta_{\text{IR}}$

**VA**  8. Confirmer ou infirmer l'hypothèse formulée à la question initiale, en l'explicitant.

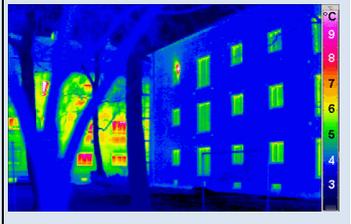
.....

.....

.....

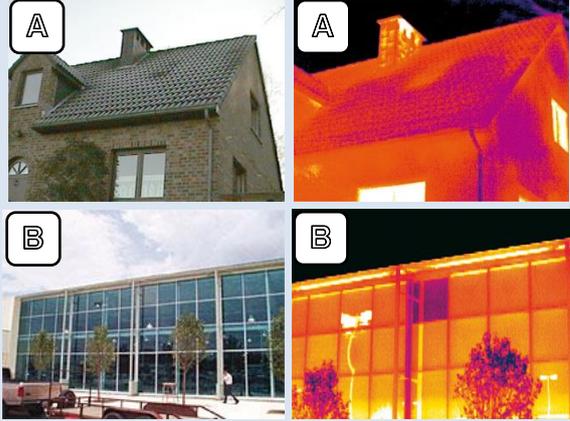


### ACTIVITE 2 « Qu'est-ce qu'une caméra thermographique ? »

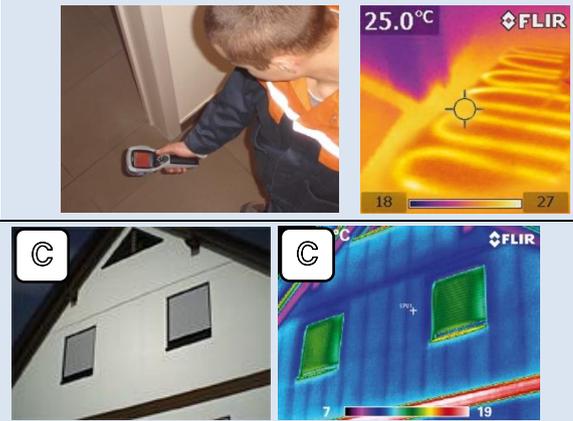
<b>AP</b> S'Approprier 1 2 3 4 5	<b>AN</b> Analyser/Raisonner 1 2 3 4 5	<b>VA</b> Valider 1 2 3 4 5	<b>CM</b> Communiquer 1 2 3 4 5	
<b>Document 1 :</b> Caméra thermographique  Gamme spectrale de 7,5 à 13 μm.	<b>Document 2 :</b> Vidéo d'un chat filmé avec la caméra du document 1 	<b>Document 3 :</b> Vidéo du constructeur de la caméra (en anglais !!) 	<b>Document 4 :</b> Serpent autour d'un bras 	<b>Document 5 :</b> Bâtiment passif 

## COMMENT CARACTÉRISER LES ÉCHANGES THERMIQUES DANS UN ENROBÉ ?

Document ⑥ : Thermographies de bâtiments



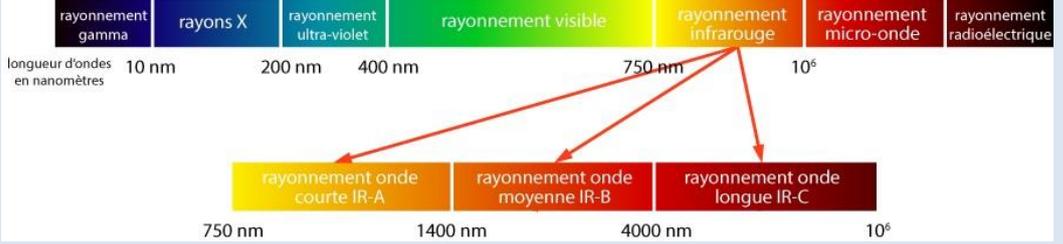
Document ⑦ : Étude thermique d'un sol



Document ⑧ : Vidéo « Utilisation de la thermographie dans les métiers du bâtiment » (6 min)



Document ⑨ : Spectre électromagnétique



- AP**  1.a. Regarder la vidéo du document ⑦ et noter les observations faites au sol. ....
- AN** **b.** Sachant que le chat a les pattes propres et sèches : « **Que film la caméra thermographique ?** »  
Émettre une hypothèse : .....
- CM**  2. Regarder la vidéo du document ⑥ et donner le nom des rayonnements filmés par la caméra (en français).  
.....
- VA**  3.a. L'homme est un mammifère dit « à sang chaud ». Est-ce le cas du serpent ?  OUI  NON
- VA** **b.** L'habitat passif est une notion désignant un bâtiment dont la consommation énergétique au m<sup>2</sup> est très basse. Dans le document ⑥, le bâtiment « passif » est-il celui du 1<sup>er</sup> plan ou du second plan ?  1<sup>er</sup>  2<sup>e</sup>
- CM** **c.** Quels sont les défauts des bâtiments A, B et C présentés dans le document ⑥ ?  
A : .....  
B : .....  
C : .....
- AN** **d.** Que film-t-on précisément sur le document ⑦ ? .....
- AP** **e.** Visualiser la vidéo du document ⑧.  
• Quelles zones d'un toit une caméra thermographique permet-elle d'identifier de façon à ne faire que la réfection de celui-ci sur ces zones (ce qui est moins coûteux que de tout refaire) ? .....
- Quel procédé utilise-t-on pour diagnostiquer les défauts d'étanchéité d'une maison ?  
.....
- AN** **f.** Demander au professeur de lancer le simulateur de caméra thermographique.  
• Que permet une prise de vue du compteur électrique ? (une bonne réponse)  
 Voir un court-circuit  Voir une surintensité  Vérifier la valeur de la tension
- Quel intérêt peut avoir la caméra pour les problèmes liés aux tuyauteries sanitaires ?  
.....
- AP**  4.a. Quelle est l'intervalle des longueurs d'onde  $\lambda$  capté par la caméra du document ① ? [ ..... ; .....]
- VA** **b.** À l'aide du document ⑨, en déduire la nature du rayonnement capté. ....
- VA** **c.** Confirmer ou infirmer l'hypothèse formulée à la question 1.b.  Je confirme  J'infirme

## ACTIVITE 3 « Qu'est-ce que la température ? »

AP S'Approprier 1 2 3 4 5
AN Analyser/Raisonner 1 2 3 4 5
RE Réaliser 1 2 3 4 5
VA Valider 1 2 3 4 5
CM Communiquer 1 2 3 4 5

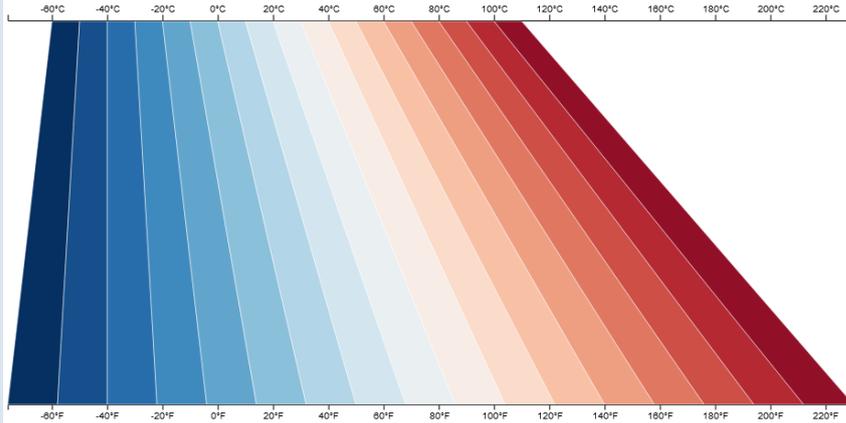
### Document 1 : Échelle Fahrenheit et Celsius

En 1724, l'Allemand Gabriel Fahrenheit développe un thermomètre à mercure, le premier à mesurer de manière efficace la température. Dans la foulée, il met au point sa propre échelle de températures, la plus ancienne encore utilisée. Le physicien définit le point froid et le point chaud en fonction de ce qu'il a sous la main :

- son zéro sera la température la plus basse mesurée à Dantzig, sa ville natale lors de l'hiver 1708-1709, soit  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , qui est aussi la température de solidification d'un mélange égal d'eau et de sel ;
- son point haut sera au départ la température du sang d'un cheval, soit  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Dans cette échelle de mesure, l'eau bout donc à  $212\text{ }^{\circ}\text{F}$  et se transforme en glace à  $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ .

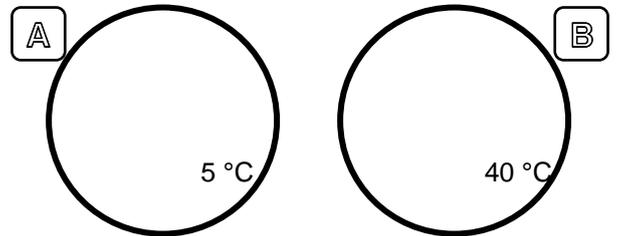
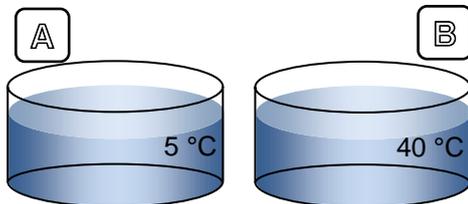
A l'exception des Etats-Unis et de quelques autres pays, le monde entier utilise des degrés centigrades.



Pour cette échelle de mesure, Celsius choisit en 1742 comme repères la température à laquelle l'eau se transforme en glace et celle à laquelle l'eau douce bout au niveau de la mer : voilà nos  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . L'intérêt de ce choix réside dans le fait que ces mesures sont faciles à réaliser pour étalonner un thermomètre. Près de trois siècles plus tard, c'est toujours l'état de l'eau qui permet de définir l'échelle des températures.

Source : [Le Monde](#), 4 Août 2019

- AP  1.a. Une température de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  est-elle :  négative en Fahrenheit  positive en Fahrenheit
- b. À quelle température l'eau bout-elle ?   $0\text{ }^{\circ}\text{C}$    $32\text{ }^{\circ}\text{F}$    $38\text{ }^{\circ}\text{C}$    $100\text{ }^{\circ}\text{C}$    $212\text{ }^{\circ}\text{F}$
- CM  2. On remplit un cristallisoir 1 avec l'eau à environ  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , puis un cristallisoir 2 avec l'eau à environ  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . On verse ensuite 2 gouttes de mercure au chrome à la surface de chaque cristallisoir.
- a. Observer et schématiser les observations :



- VA b. À partir des observations, choisir la bonne affirmation :
- Plus la température de l'eau est basse, plus les molécules de l'eau sont agitées ;
  - Plus la température de l'eau est élevée, plus les molécules de l'eau sont agitées ;
  - Il n'y a pas de lien entre la température et l'agitation des molécules d'eau.
- AP  2. Une petite baguette de bois jeune casse-t-elle plus facilement, moins facilement, ou de la même façon, lorsqu'il fait  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  que lorsqu'il fait  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ?  plus facilement  moins facilement  de la même façon

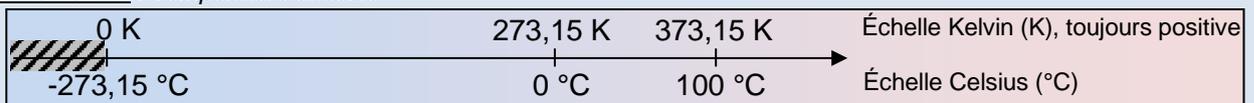
### Document 2 : KELVIN

Lord William Thomson (1824-1907) plus connu sous le nom de Kelvin est né en Irlande.

Il met au point une nouvelle échelle reposant sur le principe suivant : plus la température est élevée, plus l'agitation des entités chimiques (atome, ion, molécule) est importante.



### Document 3 : Température absolue



Le zéro Kelvin  $0\text{ K}$  correspond à la mesure de **température théorique la plus basse que l'on peut obtenir**. Cette température est couramment appelée « **zéro absolu** ». En pratique, on ne peut que l'approcher sans l'atteindre. Elle correspond à une température de  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

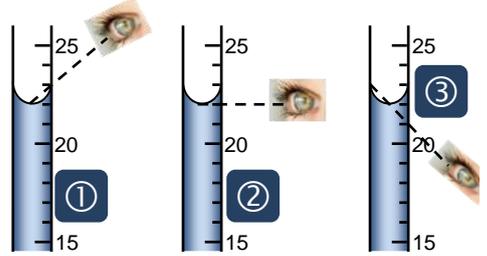
- VA  3. À partir du schéma, déterminer la relation qui exprime la température en Kelvin  $T(\text{K})$  en fonction de la température en degré Celsius  $\theta(^{\circ}\text{C})$  :
- $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) - 273,15$    $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$    $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) - 373,15$    $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 373,15$



Appel n°1 : Faire vérifier la relation

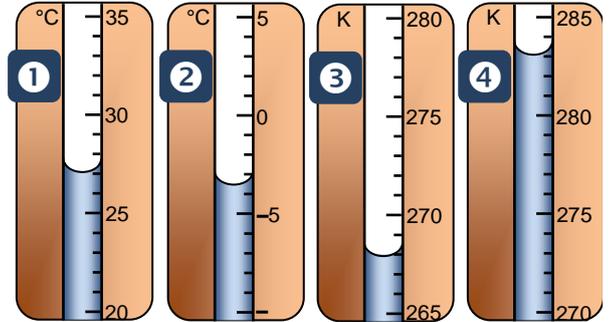
4. Les trois thermomètres ci-dessous sont des thermomètres à alcool indiquant la même température, en degré Celsius.

- a. Quelle est la bonne position de l'œil pour faire la bonne lecture ?  ①  ②  ③
- b. Quelle est la température donnée ? .....
- c. Convertir cette température en Kelvin.



d. Donner les températures des thermomètres ①, ②, ③ et ④ en degré Celsius et en Kelvin :

	Degré Celsius	Kelvin
①	Lecture	Conversion
②	Lecture	Conversion
③	Conversion	Lecture
④	Conversion	Lecture



**Appel n°2 : Faire vérifier les conversions**

e. Combien vaut en °C une augmentation de 1 K ? .....

5. Pour mesurer la température dans son salon, Orell utilise deux thermomètres électroniques différents. Il lit sur les écrans les valeurs indiquées ci-contre

- a. Quelles sont les unités correspondant ces valeurs ?  
 1<sup>er</sup> :  degré Celsius  degré Fahrenheit  
 2<sup>e</sup> :  degré Celsius  degré Fahrenheit
- b. Quelle est la valeur de la température en Kelvin ? .....



### Synthèse et petit cours (1.) ...

#### Exercice 1 : Capteurs de température

Il existe trois types de capteurs : la thermistance, le thermocouple et la thermosonde à résistance de platine (Pt 100 ou Pt 1000).

1. Pour ces trois capteurs, indiquer la grandeur d'entrée.  
 la résistance  l'intensité  la tension  la température  la chaleur
2. Chaque capteur produit un signal électrique. Deux capteurs ont une résistance électrique qui varie lorsque la température change, lesquels ?  
 la thermistance  le thermocouple  la thermosonde Pt 100 ou Pt 1000

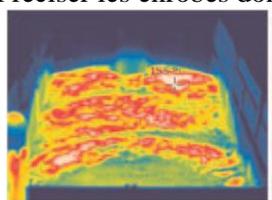


#### Exercice 2 : Pose d'enrobé

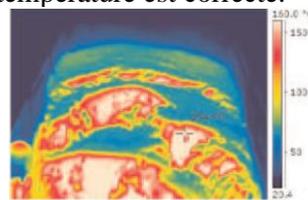
Lors de la pose d'un enrobé on utilise une caméra thermographique pour déterminer si sa température est uniforme dans le finisseur. Préciser les enrobés dont la température est correcte.



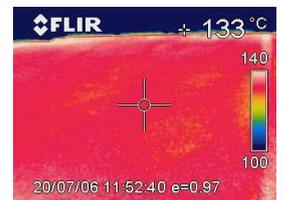
Enrobé n°1



Enrobé n°2



Enrobé n°3



Enrobé n°4

#### Exercice 3 : Température la plus froide sur Terre

Le 21 juillet 1983, dans la station russe Vostok (Antarctique), des scientifiques ont relevé  $-89,2^{\circ}\text{C}$ . C'est la température la plus basse relevée par mesure directe sur Terre.

1. Un journaliste affirmait qu'avec cette mesure on était proche du zéro absolu. A-t-il raison ou tort ?
2. Quelle est la valeur de cette température en kelvin ?
3. Cependant un nouveau record de basse température a été mesuré par satellite en juin 2018 : 175,15 K. Convertir cette valeur en Celsius.



### Exercice 4 : Thermomètres à enrobé

- AP** 1. Légendez les deux thermomètres à enrobé ci-contre.
- VA** 2. Un thermomètre à infrarouge et une caméra thermographique sont-ils la même chose ?  
 OUI  NON  
 Justifier la réponse.

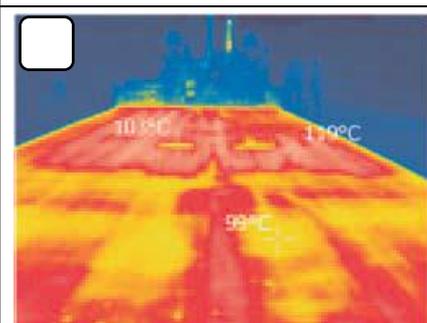
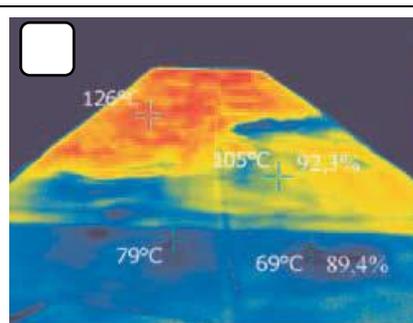
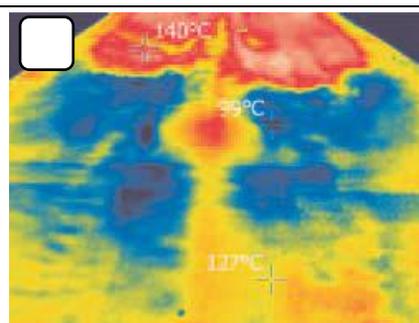
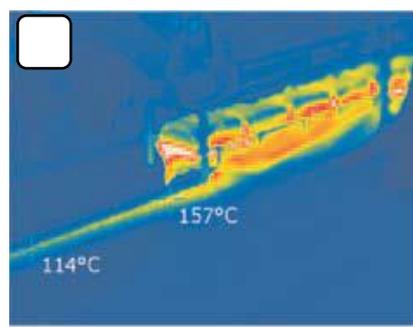
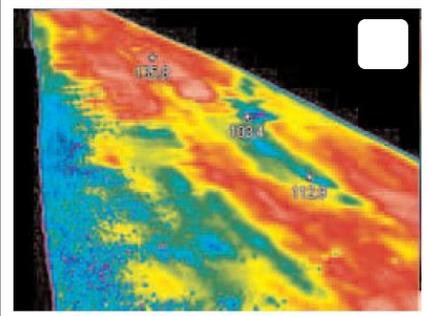
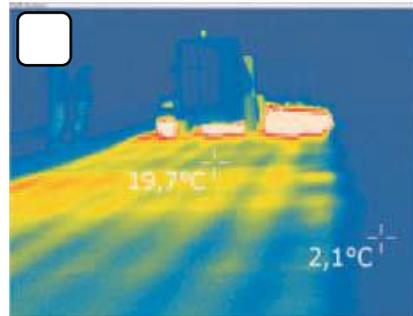
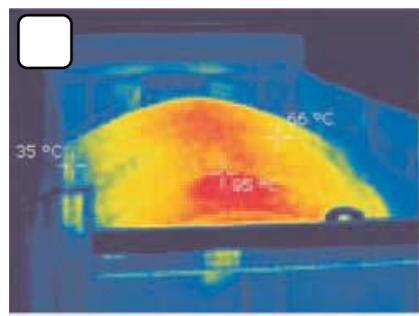


- Thermomètre à tige  
 Thermomètre à infrarouge

- Thermomètre à tige  
 Thermomètre à infrarouge

### Exercice 5 : Thermographies d'enrobés

- VA** Associer les images ci-contre aux légendes suivantes.
- 1 Chargement d'enrobé bitumeux dans un camion
  - 2 Exemple illustrant l'effet d'un changement de camion lors de la pose de l'enrobé
  - 3 Non uniformité de la température lors de la pose de l'enrobé
  - 4 Effet de l'arrêt prolongé du finisseur
  - 5 Température variable au moment du compactage conduisant à de l'arrachement
  - 6 Chauffe joint et élévation de la température du joint
  - 7 Chauffe surface pour mettre en place l'enrobé sur une surface gelée



## Exercice 6 : Joint de dilatation

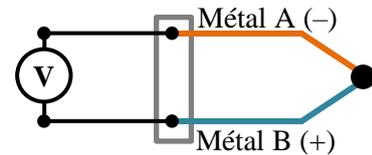
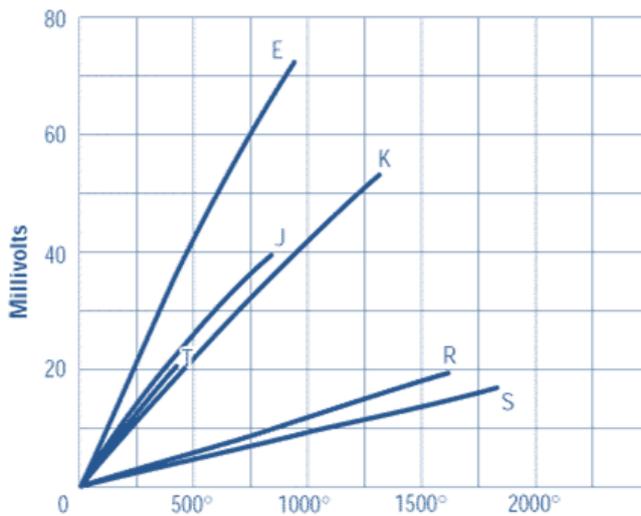
La dilatation thermique d'un solide est l'augmentation de son volume quand il est chauffé.



- CM** 1. Expliquer quelle est la fonction des joints de dilatation aux extrémités des ponts autoroutiers en utilisant les mots : *thermique*, *température* et *agitation*.
- VA** 2. Quelle propriété physique doit avoir le joint posé sur la photo ci-dessus entre deux plaques de béton ?
- Il doit être chaud
  - Il doit être froid
  - Il doit être élastique
  - Il doit être très dur

## Exercice 7 : Sonde thermocouple à enrobé

Les sondes de température à thermocouple sont constituées de deux métaux différents qui génèrent une tension variable en fonction de la température.



Type	Métal A (-)	Métal B (+)
E	Chromel alliage nickel + chrome (10%)	Constantan alliage nickel/cuivre (45 %)
J	Fer	Constantan alliage nickel/cuivre (45 %)
K	Chromel alliage nickel + chrome (10 %)	Allumel alliage nickel + aluminium (5 %) + silicium
R	Platine	Platine + Rhodium (13 %)
S	Platine	Platine + Rhodium (10 %)
T	Cuivre	Constantan alliage nickel/cuivre (45 %)

La sonde à thermocouple utilisée pour les enrobés à chaud est de type K et a une gamme d'utilisation comprise entre  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- AP** 1. Quelle transformation effectue la sonde spéciale enrobé ?

**Grandeur Physique**

- pression
- température
- intensité lumineuse
- niveau sonore

Sonde Type K  
spéciale BTP/enrobé

**Grandeur Électrique**

- tension
- intensité
- résistance

- AP** 2. Quels sont les deux métaux composant la sonde à enrobé ?
- VA** 3. Un enrobé à chaud est fabriqué à  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Quelle est alors la tension indiquée du thermocouple ?
- 7,34 V
  - 0,734 V
  - 0,0734 V
  - 0,00734 V
- RE** 4. Quelle tension maximale peut délivrer la sonde à enrobé ?
- CM** 5. L'ouvrier ci-contre utilise-t-il une sonde à thermocouple sur l'enrobé ? Préciser la réponse.



## 2. Échanges thermiques

### TP 2 « Comment évoluent les températures lors d'un échange thermique ? »

Une partie de tablier en acier que l'on souhaite assembler sur un pont a été laissée en plein Soleil et est à une température de 60 °C. On pose cette partie de tablier sur la poutre d'un pont aussi en acier mais qui était à l'ombre à 25°C.



Pose d'un tablier en acier

- 1.a. Quel est le corps froid ?  Le tablier  La poutre  
 b. Quel est le corps chaud ?  Le tablier  La poutre

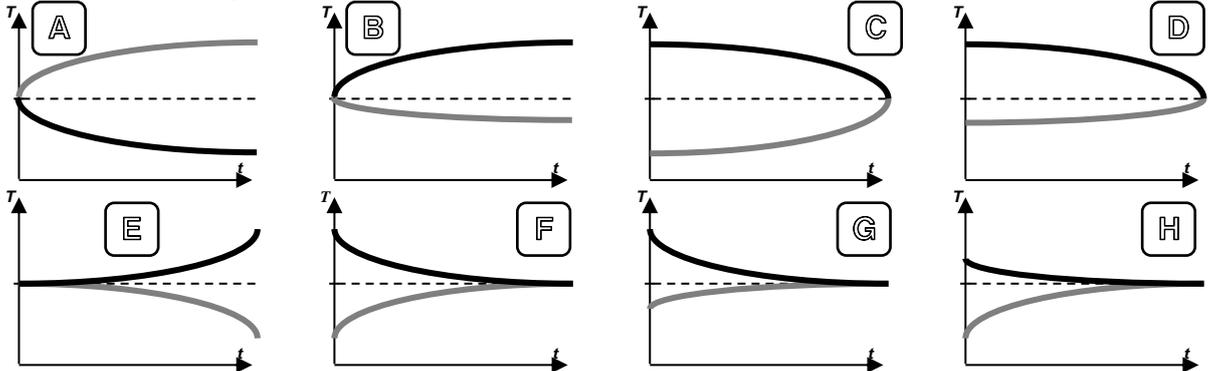
2. « Comment évoluent les températures du tablier posé et de la poutre ? » (on négligera l'interaction du milieu extérieur)

a. Émettre une hypothèse répondant à la question posée, en l'explicitant.

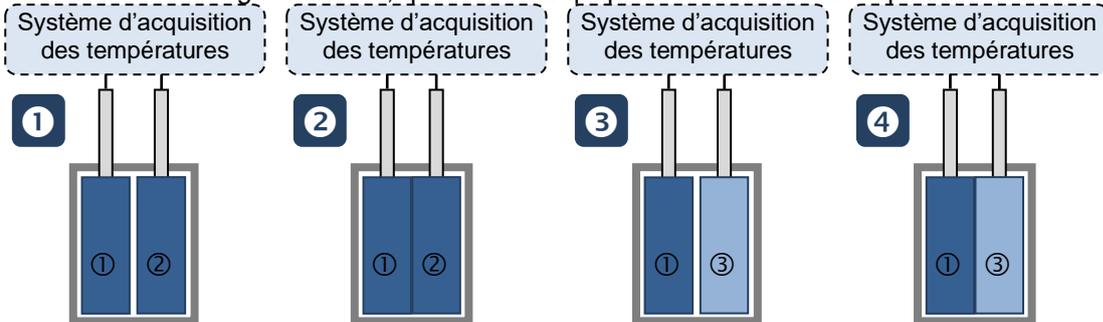
.....

.....

- b. Prédire, parmi les graphiques suivants, celui qui correspond à l'évolution des températures des corps :



3. Parmi les montages suivants, quel est celui qui permet de modéliser expérimentalement le phénomène ?



- ① : Acier à température ambiante  
 ② : Acier à 60 °C  
 ③ : Aluminium à 60 °C

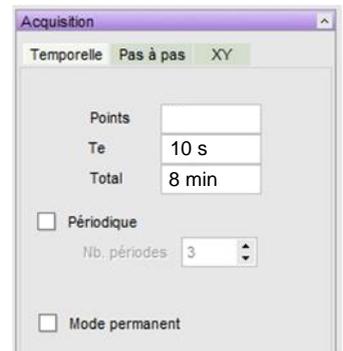


Appel n°1 : Faire vérifier le choix du montage et le justifier oralement.

- 4.a. Faire chauffer de l'eau dans un bécher jusqu'à 60°C.  
 b. Mettre en place le système ExAO (capteurs températures connectés à la console d'acquisition).  
 c. Paramétrer le logiciel LATIS PLP, en mode temporel, pour que celui-ci prenne les mesures de température pendant 8 min, toutes les 10 s.  
 d. Mettre en place le 1<sup>er</sup> bloc, à température ambiante, avec sa sonde, dans l'enceinte isolante.  
 e. Plonger le 2<sup>e</sup> bloc, avec la 2<sup>e</sup> sonde de température fixée sur le bloc, dans l'eau à 60°C, pendant quelques minutes, pour que la température de l'ensemble soit uniforme.



Appel n°2 : Faire vérifier les préparatifs de l'expérimentation



- RE**  **5.a. TRES RAPIDEMENT** : placer le bloc et la sonde à 60°C dans l'enceinte isolante (en fermant celle-ci).  
**b.** Lancer **IMMEDIATEMENT**, l'acquisition sur le système informatique.



**Appel n°3 : Faire vérifier les résultats expérimentaux**

- VA**  **6.a.** Confirmer ou infirmer la prédiction faite à la question **2.b.** en précisant le schéma correct :  
 Je Confirme  J'infirme Le schéma correct est  A  B  C  D  E  F  G  H

**b.** Compléter les phrases suivantes avec les étiquettes données :

**froid** **chaud** **chaleur** **températures différentes** **température finale** **état d'équilibre** **d'énergie**

- Lorsqu'il y a contact entre deux corps de ....., ceux-ci évoluent vers un ..... pour lequel leur ..... est la même.
- La ..... est un mode de transfert ..... Elle est transférée spontanément du corps le plus ..... vers le corps le plus .....



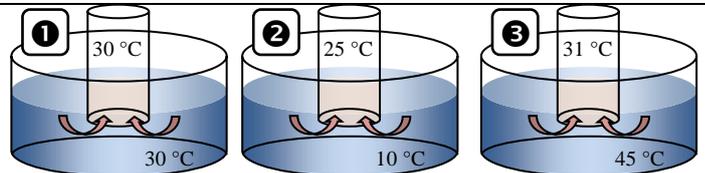
**Synthèse et petit cours (2.1.) ...**

### Exercice 8 : Échanges de chaleur

Sur les schémas ci-contre, les flèches représentent les sens des transferts de chaleur.

- VA** Parmi les 3 situations, laquelle est correcte ?

1  2  3



### Exercice 9 : Évolution de la température lors d'un transfert de chaleur

Soit un système en 2 parties constituées d'eau de même masse mais de températures différentes.

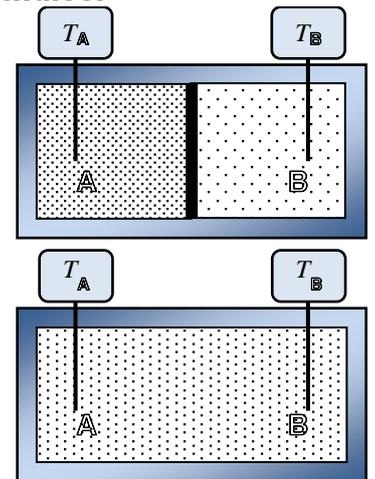
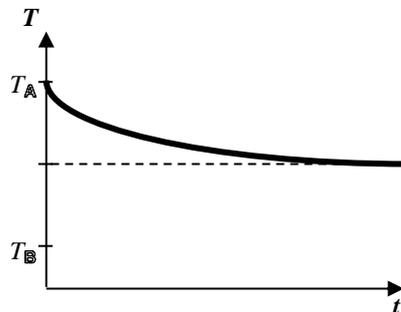
La température au point A est  $T_A$  ; la température au point B est  $T_B$ .

Une paroi de séparation isolante permet de maintenir  $T_A$  et  $T_B$ . L'eau en A est plus chaude que l'eau en B.

Lorsque l'on retire la paroi isolante, on étudie les variations de température aux points A et B.

Le graphique donné donne l'évolution de la courbe de température au point A.

Compléter la courbe d'évolution de température au point B.



### Exercice 10 : Échanges de chaleur

Dans une caisse à outil isolée, un ouvrier range dans le même compartiment une clef à molette 1 et une scie 2 à des températures différentes qui sont en contact l'une avec l'autre.

- AN** 1.a. Quel est le corps chaud ?  1  2

**b.** Préciser sur le schéma le sens de l'échange thermique, à l'aide de flèches sur les traits en pointillés.

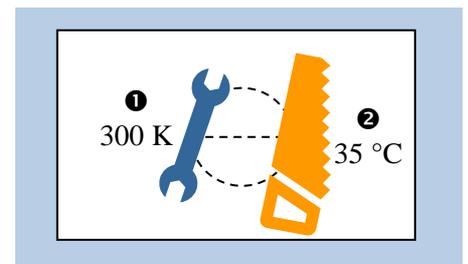
- VA** 2. Indiquer les bonnes réponses :

a. Le corps 1 a  cédé  reçu de l'énergie.

La quantité de chaleur échangée par le corps 1 est  négative  positive.

b. Le corps 2 a  cédé  reçu de l'énergie.

La quantité de chaleur échangée par le corps 2 est  négative  positive.



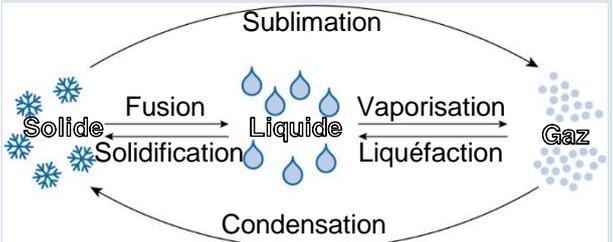
## TP 3 « Quel est l'intérêt de saler les routes ? »

<b>AP</b> S'Approprier 1 2 3 4 5	<b>AN</b> Analyser/Raisonner 1 2 3 4 5	<b>RE</b> Réaliser 1 2 3 4 5	<b>VA</b> Valider 1 2 3 4 5	<b>CM</b> Communiquer 1 2 3 4 5
----------------------------------	----------------------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------

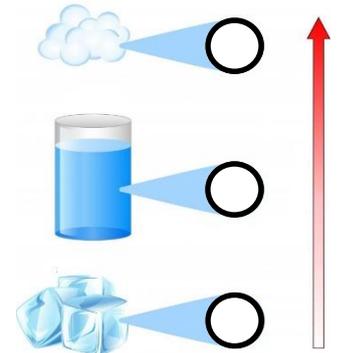
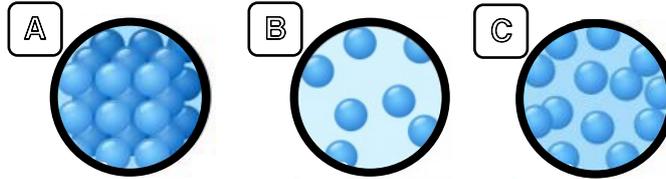
**Document 1 : Salage des routes**  
 Dans le domaine routier, le salage est l'action de répandre du sel sur la chaussée. Le sel peut être répandu avant la formation de la pellicule de glace (préventif) ou après l'apparition de la glace ou de la neige durcie (curatif). Le sel est répandu avec une épandeuse.



**Document 2 : Transformation de la matière**



**1.a.** Compléter le schéma ci-contre avec les modélisations ci-dessous des états microscopiques de l'eau dans chacun de ses trois états.

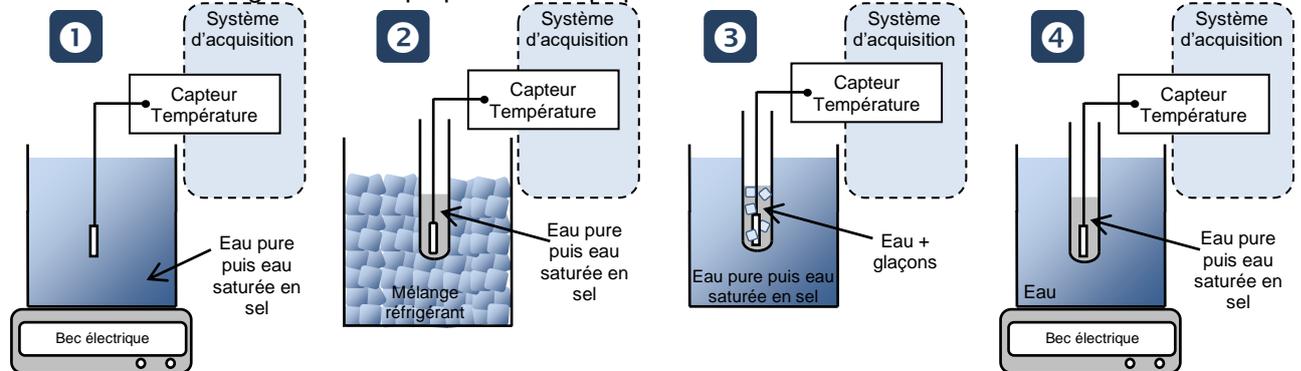


- b.** Quelle grandeur représente la flèche du schéma ci-contre ?  
 La pression  La résistance  La température  La concentration
- c.** Quels sont les deux états de l'eau qui interviennent lors du salage des routes ?  Solide  Liquide  Gaz

**2.** « Quel est l'intérêt scientifique de saler les routes ? »

Émettre une hypothèse répondant à la question, en l'explicitant. ....

**3.** Parmi les montages suivants proposer celui qui permet d'étudier le rôle du sel.



**4.a.** Mettre en place le système d'acquisition ExAO LATIS PLP avec un capteur de température en connexion sur la console. On paramètrera le logiciel pour une durée d'acquisition de 20 min. On partagera le travail de la classe entre le montage avec l'eau pure et celui avec l'eau saturée en sel.

**Appel n°1 : Faire vérifier le montage expérimental**

- b.** Lancer l'acquisition.  
**c.** Créer un commentaire sur le graphique (par un clic droit) pour préciser « Eau pure » ou « Eau Salée ».

**Appel n°2 : Faire vérifier les résultats**

- 5.a.** Quelle transformation de la matière est ici expérimentée ?  
 fusion  solidification  sublimation  condensation  vaporisation  liquéfaction
- b.** À quelle température l'eau pure devient-elle glaçon ? .....
- c.** Que dire de celle de l'eau salée par rapport à l'eau pure ?  
 c'est la même  elle est inférieure à celle de l'eau pure  elle est supérieure à celle de l'eau pure
- d.** Comment varie la température de l'eau pure au moment où l'eau pure se transforme en glaçon ?  
 elle diminue  elle reste quasiment constante  elle augmente

**6.** Confirmer ou infirmer l'hypothèse formulée à la question initiale, en l'explicitant **précisément**.

Document ③ : Pourquoi le bitume fond-il au soleil ?

Une fois le bitume coulé sur nos routes, il ne fond jamais au sens propre ; il perd "seulement" de sa consistance et donc ramollit lorsque sa température augmente. En effet, il ne devient liquide qu'à 150 °C.

De plus, il existe une multitude de types d'enrobés bitumeux, chacun acquérant une dureté qui lui est propre en se solidifiant.

La dureté de chaque sorte d'enrobé est chiffrée.

Elle est indiquée par un grade, déterminé en fonction de la profondeur (en 1/10 de millimètre) à laquelle une aiguille pénètre dans les enrobés à 25 °C en l'espace de cinq secondes, sous l'effet d'un poids de 100 g. Dans ces conditions, les différents enrobés affichent chacun une température de ramollissement différente.

« Le plus mou utilisé en France, le 160/220, sert surtout pour l'entretien de routes à trafic plutôt faible. Il perd de sa consistance dès qu'il est exposé quelques heures à 35 °C. L'enrobé le plus largement coulé est le 35/50, employé essentiellement dans la construction de chaussées neuves ou l'entretien de routes à plus grand trafic, telles les autoroutes. Il commence à 'fondre' après plusieurs heures à 50 °C environ », détaille Olivier Moglia, ingénieur chez total Bitumes France.

Surtout que la chaussée peut atteindre des températures bien supérieures à celle de l'air, car le sol s'échauffe plus vite. « On considère en général que lorsqu'il fait vraiment chaud en France, poursuit Olivier Moglia, c'est-à-dire quand l'air atteint 30 °C à 40 °C au soleil, la surface de la route s'échauffe jusque environ 60 °C à 70 °C. »



Source : Science&Vie questions Réponses - Septembre 2016

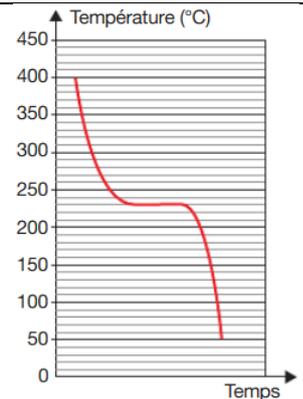
- AP  7.a. Quelle est la température de fusion du bitume ? .....
- b. Quelles types de routes sont les plus à risques face à de fortes chaleurs ? .....
- c. Lorsqu'il fait chaud, de combien de degrés la température d'une route a-t-elle augmenté environ par rapport à la température de l'air ? .....



## Synthèse et petit cours (2.2.) ...

### Exercice 11 : Soudure de tuyaux de cuivre

Le cuivre est un métal très utilisé en plomberie pour réaliser les circuits d'eau des logements. Pour souder les tuyaux entre eux et rendre l'installation étanche, le plombier utilise un autre métal. Un chalumeau permet de chauffer ce métal afin de le faire fondre et de réaliser la connexion entre les deux tuyaux en cuivre à assembler. On donne ci-contre la courbe de solidification du métal ou de l'alliage utilisé pour la soudure.



1. Le métal utilisé est-il pur ?  OUI  NON

- AN 2. À l'aide des températures de fusion des métaux donné dans le document de  
VA ressources, déterminer le nom du métal ou de l'alliage utilisé pour la soudure.

### Exercice 12 : Recyclage d'une gouttière en zinc

Sur un chantier de destruction, on récupère pour recyclage une gouttière en zinc. Une gouttière en zinc de longueur  $l = 4$  m a une masse  $m = 6,23$  kg. La chaleur latente fusion du zinc, à sa température de fusion  $\theta = 420$  °C est  $L = 1,08 \times 10^5$  J/kg.



- VA 1. Ce changement d'état va-t-il :  
 dégager de la chaleur  nécessiter un apport de chaleur
- RE 2. Calculer l'énergie  $Q$  utile à ce changement d'état de la gouttière.

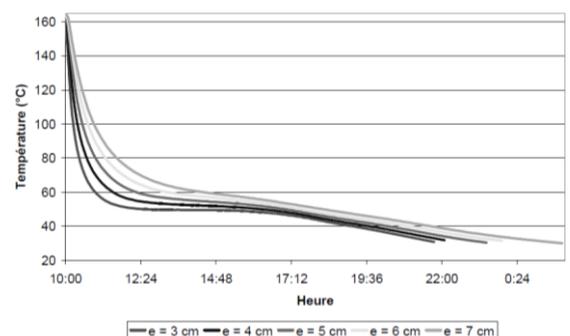
### Exercice 13 : Refroidissement d'enrobé

On réalise une étude sur le refroidissement d'un enrobé en fonction de son épaisseur.

- AN 1. De quoi la mesure est-elle préservée avec la caisse ?  
 du bruit  du vent  de l'odeur
- CM 2. Comment évolue le refroidissement de l'enrobé en fonction de son épaisseur ?

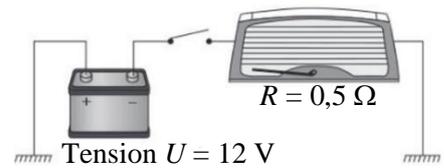


Température maximale dans la couche d'enrobé pour différentes épaisseurs (e) d'enrobé.

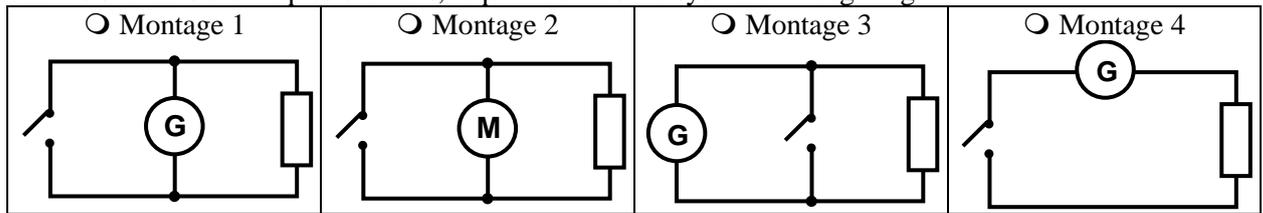


### Exercice 14 : Dégivrage de voiture

Les matins d'hiver, il faut parfois dégivrer la lunette arrière des voitures pour faire fondre la glace qui s'est formée en surface. Lorsque le conducteur appuie sur le bouton de dégivrage, il ferme un circuit électrique ci-contre.



- AP** 1. Quel est le dipôle électrique sur la vitre qui permet de dégivrer ?
- AP** 2. Indiquez l'état physique de l'eau avant et après le dégivrage :  
 AVANT :  Solide  Liquide  Gaz    APRES :  Solide  Liquide  Gaz
- AP** 3. Quelle est la source d'énergie électrique ?
- RE** 4. Calculez l'intensité du courant électrique, sachant que  $U=R \times I$ .
- VA** 5. Quel fusible du circuit de dégivrage faut-il ?   $I_{\max} = 10 \text{ A}$    $I_{\max} = 20 \text{ A}$    $I_{\max} = 30 \text{ A}$
- AN** 6. Parmi les schémas électriques suivants, lequel modélise le système de dégivrage ?



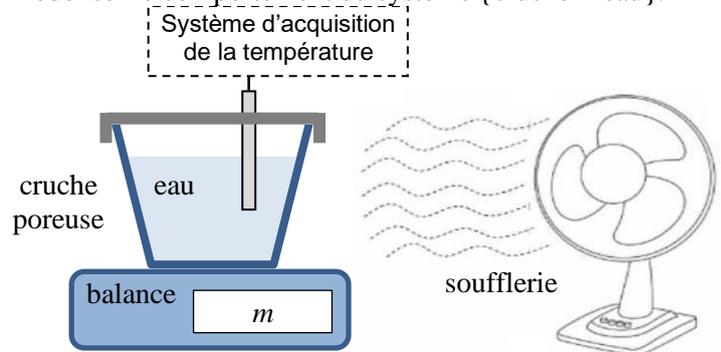
### Exercice 15 : Le BOJITO, un réfrigérateur sans électricité

Le « bojito » est une cruche en terre cuite, jadis utilisée dans les régions méditerranéennes pour refroidir les liquides (eau et vin). Son principe de refroidissement est fondé sur l'évaporation de l'eau à travers un matériau poreux. Ces réfrigérateurs rudimentaires sont composés le plus souvent d'un pot de terre cuite poreux imprégné d'eau. En pratique, selon les dispositifs et dans de bonnes conditions, on peut observer des chutes de température de l'ordre de 5 °C à 20 °C et ainsi conserver les liquides alimentaires dans de meilleures conditions !

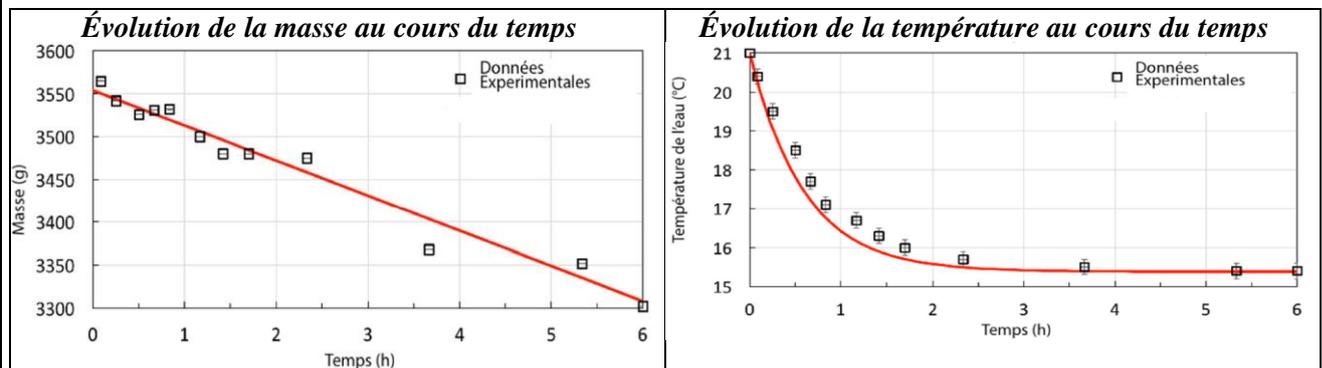


Une expérience est réalisée au laboratoire afin de modéliser le comportement du système { cruche + eau }.

Le récipient contient un volume  $V$  d'eau liquide initialement à la température ambiante de 21 °C. La terre cuite de la cruche poreuse est imbibée d'eau liquide. L'expérience est réalisée dans des conditions stables d'humidité, dans un milieu de température ambiante constante à 21 °C. Pendant six heures, on procède aux relevés simultanés des valeurs de la température de l'eau et de la masse totale du système { cruche + eau }.



On obtient les résultats suivants :



- CM** 1.a. Décrire l'évolution de la masse au cours du temps.  
 b. Décrire l'évolution de la température au cours du temps.
- AN** 2. Le bojito fonctionne comme lorsque l'on ressent le froid quand on sort d'un bain. Quel est ce principe ?  
 « L'eau qui imprègne la terre cuite se  condense  liquéfie  vaporise et provoque un refroidissement. »
- VA** 3. La quantité de chaleur  $Q$  nécessaire au changement d'état de l'eau qui imprègne la terre cuite est :  
 Prise au contenu alimentaire du bojito       Donnée au le contenu alimentaire du bojito  
 Prise à l'eau qui imprègne la terre cuite du bojito       Donnée à l'eau qui imprègne la terre cuite du bojito

## Exercice 16 : Incertitudes de mesures sur des sondes de température

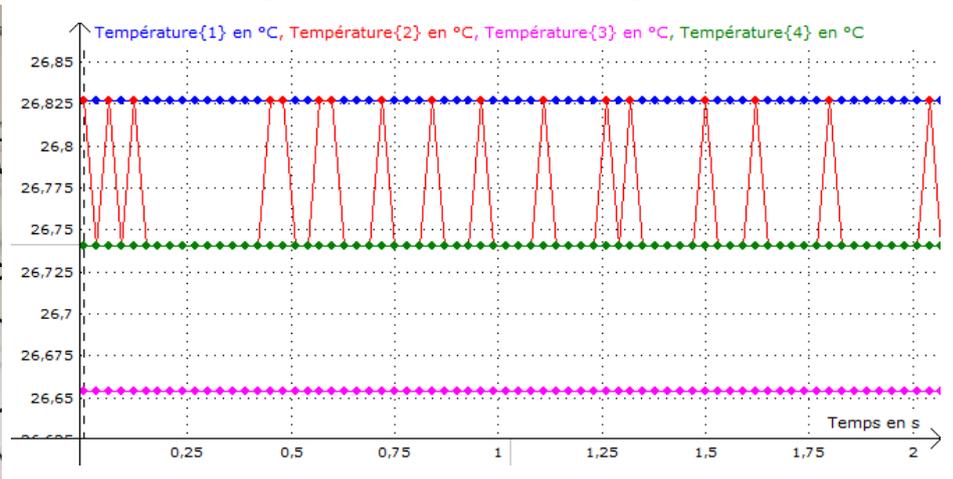
On donne ci-dessous les caractéristiques techniques de deux sondes de température servant à faire des mesures dans le cadre d'un dispositif ExAO (Expérimentation Assisté par Ordinateur).

 <p><b>Sonde de température n°1</b> Données constructeur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Étendue de mesure : de <math>-50</math> à <math>+150</math> °C</li> <li>Précision : <math>\pm 0,5</math> °C</li> <li>Dimensions de la sonde : <math>\varnothing 6</math> mm</li> </ul>	 <p><b>Sonde de température n°2</b> Données constructeur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Étendue de mesure : de <math>-50</math> à <math>+150</math> °C</li> <li>Précision : <math>\pm 1\%</math></li> <li>Matériau : Inox</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- AP** 1. Est-il possible avec ces sondes de mesurer la température d'une zone avoisinant les  $200$  °C ?  OUI  NON
- AP** 2. La sonde de température **n°1** affiche comme résultat d'une mesure la valeur de  $87$  °C.
- AP** a. La température réelle correspond-elle exactement à la température mesurée ?  OUI  NON
- VA** b. Dans quel encadrement peut-on estimer la valeur de la température réelle  $\theta_A$  ?  
  $86$  °C  $\leq \theta_A \leq 88$  °C      $86,9$  °C  $\leq \theta_A \leq 87,1$  °C      $86,5$  °C  $\leq \theta_A \leq 87,5$  °C
- RE** 3. La sonde de température **n°1** affiche comme résultat d'une mesure la valeur de  $24,5$  °C. Donner un encadrement dans lequel on peut estimer la valeur de la température réelle  $\theta_B$  : .....  $\leq \theta_B \leq$  .....
- RE** 4. La sonde de température **n°1** affiche comme résultat d'une mesure la valeur de  $-6,2$  °C. Donner un encadrement dans lequel on peut estimer la valeur de la température réelle  $\theta_C$  : .....  $\leq \theta_C \leq$  .....
- RE** 5. La sonde de température **n°2** affiche comme résultat d'une mesure la valeur de  $100$  °C. Donner un encadrement dans lequel on peut estimer la valeur de la température réelle  $\theta_D$  : .....  $\leq \theta_D \leq$  .....
- RE** 6. La sonde de température **n°2** affiche comme résultat d'une mesure la valeur de  $42$  °C.
- a. Calculer ce que représente  $1\%$  de  $42$  °C.
- b. En déduire un encadrement dans lequel on peut estimer la valeur de la température réelle  $\theta_E$  :  
.....  $\leq \theta_E \leq$  .....

## Exercice 17 : Variations de mesures

On réalise l'expérience photographiée ci-dessous dont on donne les résultats de mesures avec des capteurs de température. Les mesures sont effectuées avec l'ensemble des capteurs sur le même plan de travail. Ils n'ont pas été déplacés durant l'opération de mesure. Chaque capteur est associé à une couleur permettant de les identifier.



- AP** 1. Combien de capteurs de température sont utilisés pour réaliser cette expérience ?
- VA** 2. La température réelle du lieu de la mesure est-elle la même ?  OUI  NON
- AP** 3. Les sondes de température donnent-elles toutes le même résultat de la mesure ?  OUI  NON
- AN** 4. Que mesure un appareil de mesure ?  
 La valeur réelle de la grandeur mesurée  
 Une estimation de la valeur réelle de la grandeur mesurée
- AN** 5. Que montre les résultats de mesures de cette expérience ?  
 Que les mesures sont **variables** d'un capteur à l'autre pour la mesure d'une même grandeur  
 Que les mesures sont **constantes** d'un capteur à l'autre pour la mesure d'une même grandeur  
 Que les appareils de mesures utilisés sont **défectueux**  
 Que **l'opérateur** commet des erreurs de manipulations