



**CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT  
D'ÉLÈVES INGÉNIEURS DES TRAVAUX DE LA MÉTÉOROLOGIE**

**SESSION 2017**

\*\*\*\*\*

**ÉPREUVE FACULTATIVE A OPTION :  
INSTRUMENTS MÉTÉOROLOGIQUES**

Durée : 3 heures

Coefficient : 2 (pour les points au-dessus de 10)

La rigueur, le soin et la clarté apportés à la rédaction des réponses seront pris en compte dans la notation. L'utilisation de toute documentation (dictionnaire, support papier, traducteur, téléphone portable, assistant électronique, etc) est strictement interdite.

Cette épreuve comporte 3 parties indépendantes. Les parties peuvent être abordées dans l'ordre du choix des candidats.

**Joint à ce sujet, 2 feuilles de papier millimétré.**

*Cette épreuve comporte 4 pages.*

## 1 Mesure du vent (4 points)

1.1 Dans le cadre de ses missions Météo France doit assurer la mesure du vent sur les aéroports. Quels instruments sont utiles pour caractériser le vent ? Pour quelle raison calcule t-on deux vents moyens ?

1.2 Pour qu'une mesure soit de bonne qualité, on porte une attention particulière à l'implantation des capteurs anémométriques. Rappelez brièvement ce qui dans l'environnement des capteurs peut perturber la mesure. Lors de l'évaluation de la qualité du point d'implantation, on qualifie aussi la classe de rugosité. Pour quelle raison est-il important d'en connaître la valeur ?

1.3 L'anémomètre à coupelles d'un ensemble de mesure du vent est soumis à une brusque accélération allant de  $0 \text{ m.s}^{-1}$  à  $20 \text{ m.s}^{-1}$ . On note les valeurs suivantes pendant la phase transitoire :

vitesse	temps de réponse	vitesse	temps de réponse
$6,3 \text{ m.s}^{-1}$	0,06 seconde	$15,9 \text{ m.s}^{-1}$	0,24 seconde
$9,4 \text{ m.s}^{-1}$	0,08 seconde	$19,1 \text{ m.s}^{-1}$	0,46 seconde
$12,6 \text{ m.s}^{-1}$	0,15 seconde	$20,0 \text{ m.s}^{-1}$	0,95 seconde

Calculer la constante de distance de cet anémomètre.

## 2 Pluviométrie (3 points)

Rappel : Les précipitations sont mesurées en  $\text{mm/m}^2$  et leurs intensités en  $\text{mm/h}$ .

2.1 Rappelez le principe de fonctionnement d'un pluviomètre à augets.

2.2 Pour un pluviomètre dont la surface de collection mesure  $25,2 \text{ cm}$  de diamètre donnez la masse pour laquelle un auget bascule afin que le pluviomètre ait une résolution de  $0,1 \text{ mm/m}^2$ . (Masse volumique de l'eau  $1000 \text{ kg/m}^3$ ).

2.3 Quels sont les principaux défauts de ces pluviomètres ?

## 3 Radiosondage (4 points)

Météo France utilise pour les radiosondages les sondes MODEM M10 équipées de récepteurs GPS

3.1 Rappelez les paramètres mesurés au cours d'un radiosondage.

3.2 Décrivez le principe de mesure du vent en altitude .  
Quel est le défaut de cette mesure ?

3.3 La sonde Modem M10 ne comporte pas de capteur de pression, comment est déterminé ce paramètre ?

3.4 Quels autres moyens de mesure de profils verticaux de vent connaissez vous?

#### 4 Hauteur de la base des nuages (4 points)

4.1 Rappelez le principe de fonctionnement du Télémètre Nuage Laser.

4.2 Donnez l'expression de la hauteur de la base des nuages en fonction du temps. Rappel : vitesse de la lumière  $C=3.10^8$  m/s

4.3 La période de récurrence des impulsions est de 50 micro-seconde , quelle est la hauteur maximum que peut mesurer ce TNL

4.4 On déclenche un compteur au départ de l'impulsion, on l'arrête à réception de l'impulsion retour. Quelle doit être la fréquence de l'horloge qui incrémente le compteur pour avoir une résolution de 1 mètre sur la hauteur de la base des nuages ?

#### 5 Hygrométrie (5 points)

Un fabricant de capteur d'humidité donne les caractéristiques suivantes pour un de ses capteurs d'humidité :

Plage de mesure		0 ... 100 %HR
Précision (dont non-linéarité, hystérésis et répétabilité) à	+15 ... +25 °C	±1 %HR (0 ... 90 %HR) ±1.7 %HR (90 ... 100 %HR)
	-20 ... +40 °C	±(1.0 + 0.008 x valeur lue) %HR
	-40 ... -20 °C	±(1.2 + 0.012 x valeur lue) %HR
	-60 ... -40 °C	±(1.4 + 0.032 x valeur lue) %HR
Incertitude de l'étalonnage usine	+20 °C	±0.6 %HR (0 ... 40 %HR)*
		±1.0 %HR (40 ... 97 %HR)*
Temps de réponse à +20 °C dans l'air immobile avec un filtre PTFE fritté	63 %	20 s
	90 %	60 s
Classification du boîtier		IP66
Tension d'exploitation		7 ... 28 VCC
Sorties (sortie tension)		0 ... 1 V, 0 ... 5 V, 0 ... 10 V
Temps de stabilisation lors de la mise sous tension (sortie tension)		2 s

\* Définie comme ±2 fois les limites de l'écart type. Des variations mineures sont possibles, voir aussi le certificat d'étalonnage

5.1.1 Comment interprétez vous les différentes précisions données par le constructeur, à quoi les attribuez vous ?

5.1.2 Quelle est la valeur de la constante de temps de ce capteur ?

5.1.3 Que veut dire IP66 pour la classification du boîtier ?

5.2 La sortie du capteur est configurée en 0 ...1 Volt.

Au cours de la vérification de ce capteur en chambre de mesure contrôlée en température et humidité on relève : dans un premier temps :

$$U_1 = 0,658 \text{ V}, \quad T_1 = 23,0^\circ\text{C} \text{ et } Td_1 = 18,3^\circ\text{C}.$$

Après changement des conditions de la chambre de mesure :

$$U_2 = 0,55 \text{ V}, \quad T_2 = 23,0^\circ\text{C} \text{ et } Td_2 = 14,2^\circ\text{C}.$$

Pour les deux mesures , calculer l'humidité de référence et l'erreur de mesure ( $E_{\text{sonde}} = U_{\text{sonde}} - U_{\text{ref}}$ ) pour ces points de contrôle. Qu'en déduire pour chacune d'elles ?

On donne les valeurs de tension saturante de vapeur d'eau pour les températures suivantes :

$23^\circ\text{C} : 28,1 \text{ hPa}$

$18,3^\circ\text{C} : 21,0 \text{ hPa}$

$14,2^\circ\text{C} : 16,2 \text{ hPa}$