

Concours externe spécial pour l'accès au corps d'ingénieur des travaux de la météorologie.

La nature des épreuves, leur durée et les coefficients applicables sont ainsi définis :

Nature des épreuves		Coefficients	Durée
Épreuves écrites obligatoires d'admissibilité	Physique de l'atmosphère — sous forme d'exercices et/ou de QCM	8	4 heures
	Note de problématique se rapportant à un sujet de portée générale	3	4 heures
	Anglais : rédaction d'un texte à partir d'une question ouverte ou d'un court énoncé sur un thème général.	2	2 heures
Épreuves orales obligatoires d'admission	Statistiques — exercices suivis de questions sur le programme	3	Préparation : 30 minutes Entretien : 30 minutes
	Informatique — série de questions sur le programme	3	Préparation : 30 minutes Entretien : 30 minutes
	Entretien avec le jury destiné à apprécier l'aptitude et les motivations du candidat à occuper les fonctions d'ingénieur. Pour conduire cet entretien qui a pour point de départ un exposé du candidat portant sur sa formation et éventuellement son parcours professionnel, d'une durée de dix minutes au plus, le jury dispose du <i>curriculum vitae</i> , le cas échéant, d'une fiche synthétique des mémoires universitaires (études et projets) et la liste des publications du candidat. Au cours de cet entretien, le candidat est interrogé sur des questions relatives à l'ensemble du programme de météorologie. Les candidats titulaires d'un doctorat peuvent, conformément à l'article L. 421-1 du code de la recherche, présenter sous forme d'un dossier leur parcours en vue de la reconnaissance des acquis de l'expérience professionnelle résultant de la formation à la recherche et par la recherche qui a conduit à la délivrance du doctorat. Le candidat remet l'ensemble des dossiers et documents au service organisateur à une date fixée dans l'arrêté d'ouverture du concours. Seul l'entretien avec le jury donne lieu à notation.	8	Entretien : 30 minutes

	Anglais : résumé suivi d'une discussion à partir d'un texte portant sur un thème général, extrait de magazines de vulgarisation ou de journaux.	2	Préparation : 30 minutes Entretien : 30 minutes
--	---	---	--

Le programme de l'épreuve d'informatique est celui des classes préparatoires de la filière MPSI. Ce programme est défini par l'arrêté du 4 avril 2013 relatif aux programmes de la classe préparatoire scientifique mathématiques, physique et sciences de l'ingénieur (MPSI) publié au *Bulletin Officiel spécial* n° 5 du 30 mai 2013.

Pour la conduite de l'entretien, le jury dispose d'un *curriculum vitae*, transmis par le candidat en annexe de son dossier lors de la phase d'inscription. Ce document, support à l'entretien, ne fait pas l'objet d'une notation. Seule la prestation du candidat lors de l'épreuve est évaluée par le jury.

ANNEXE

PROGRAMME DES EPREUVES DE PHYSIQUE DE L'ATMOSPHERE ET DE STATISTIQUES DU CONCOURS SPÉCIAL POUR LE RECRUTEMENT D'INGÉNIEURS DES TRAVAUX DE LA MÉTÉOROLOGIE

I. – Physique et dynamique de l'atmosphère

A. – Connaissances générales sur l'atmosphère :

- 1) Généralités : chimie atmosphérique, couches d'atmosphère, énergie solaire ;
- 2) Notion d'échelle en météorologie, échelles caractéristiques des phénomènes atmosphériques ;
- 3) Observation de l'atmosphère : paramètres, moyens de mesure in situ et par télédétection ;
- 4) L'atmosphère en moyenne : moyennes (zonales, temporelles) du bilan radiatif, des champs de température, de vent et de masse (pression, géopotential) ; tropopause (définitions thermique et dynamique) ;
- 5) Notions sur les circulations des zones tropicales : cellules de Hadley, zone de convergence intertropicale, mousson, cyclones ;
- 6) Notions sur les circulations de grande échelle des moyennes latitudes : zone barocline moyenne, perturbations baroclines, rail des dépressions.

B.- Lois générales d'évolution de l'atmosphère :

- 1) Particule fluide. Dérivées lagrangienne et eulérienne ;
- 2) Equation d'état, fluide barotrope, fluide barocline ;
- 3) Loi de conservation de la masse (équation de continuité). Formes eulérienne et lagrangienne ;

4) Loi de conservation de la quantité de mouvement : équations en repère terrestre et en repère local (de la particule) vectorielles et aux composantes ;

5) Equation d'évolution du moment cinétique ;

6) Vecteur tourbillon et équation d'évolution (termes de divergence, solénoïdal et de bascule) ;

7) Cas particulier : l'atmosphère au repos dans le référentiel terrestre (atmosphère standard) ;

8) Loi de conservation de l'énergie : équation de la thermodynamique (équation pour la température) ;

9) Approximations usuelles :

— principe de l'analyse en ordre de grandeur ;

— approximation de la pellicule mince ;

— approximation anélastique ;

— approximation hydrostatique, équations primitives, coordonnée verticale pression ;

— approximation du plan tangent et équations en coordonnées cartésiennes ;

— approximations β -plan, f-plan ;

— approximation de Boussinesq et système de Boussinesq.

C.– Echanges d'énergie :

1) Transfert d'énergie dans le système Terre-atmosphère : conduction, convection, rayonnement ;

2) Le rayonnement thermique : corps noir, corps naturels, loi de Kirchoff, rayonnement du corps noir, fonction de Planck, loi de Stefan Boltzmann, loi de Wien ;

3) Le bilan radiatif global du système Terre-Atmosphère ;

— constante solaire, puissance moyenne au sommet de l'atmosphère ;

— interaction rayonnement/gaz et rayonnement/surface, absorption diffusion, albédo planétaire ;

— bilan radiatif moyen, équilibre radiatif, équilibre radiatif-convectif ;

— rôle de la convection dans la régulation thermique de la surface terrestre ;

— chauffage différentiel.

D.– Thermodynamique atmosphérique :

1) Le premier principe de la thermodynamique :

— énergie interne, travail, chaleur. Conversion entre travail et chaleur. Cycle de Carnot en diagramme de Clapeyron ;

— introduction du second principe de la thermodynamique.

2) Les gaz parfaits :

— définition. Loi d'état des GP ; loi de Dalton ;

— premier principe de la thermodynamique ;

— équation d'évolution de la température ;

— l'atmosphère : mélange de gaz parfaits : air sec + vapeur d'eau ;

— équation d'évolution de la température, la température potentielle (air sec, air humide non saturé).

3) L'eau et ses changements d'état :

— diagramme des phases de l'eau, relation de Clausius-Clapeyron. Tension de vapeur saturante, eau liquide surfondue ;

— pseudo-adiabatisme : introduction de θ_w , et de la température potentielle équivalente.

4) Diagrammes thermodynamiques : émagramme, téphigramme ;

5) Les processus de saturation dans l'atmosphère :

— refroidissement isobare ;

— détente adiabatique ;

— évaporation ;

— mélange ;

— brassage turbulent.

6) L'équilibre vertical dans l'atmosphère :

— hydrostatisme ;

— stabilité/instabilité à l'échelle aérologique : modèle de la particule.

E.- Dynamique de grande échelle :

1) Grands équilibres synoptiques de l'atmosphère libre :

— quasi-équilibre vertical : équilibre hydrostatique, loi de Laplace et applications, hydrostatisme, approximation de Boussinesq ;

— quasi-équilibre horizontal : équilibre géostrophique et vent géostrophique (surface horizontale et isobare) ;

— nombre de Rossby ;

— équilibre du vent thermique : vent thermique, relation du vent thermique Boussinesq , applications.

2) Ecart au géostrophisme, vent agéostrophique :

— vent dans la couche limite atmosphérique (impact des frottements) ;

— vent agéostrophique dans l'atmosphère libre (définition et importance, composantes isallobarique et de structure).

3) Lois sur les mouvements de rotation :

— circulation ;

— tourbillon, tourbillon géostrophique, balance géostrophique ;

— évolution de la circulation : théorème cinématique de Kelvin, théorème de circulation de Bjerknes, terme barocline, terme de Coriolis et applications ;

— tourbillon vertical et équation d'évolution, analyse en ordre de grandeur à l'échelle synoptique (terme de divergence) ;

— modèle barotrope non divergent et application aux ondes de Rossby ;

— décomposition d'un champ de vent horizontal en parties divergente et rotationnelle (potentiel de vitesse, fonction de courant).

4) Tourbillon potentiel et applications :

— tourbillon potentiel barotrope (Rossby) : définition et équation d'évolution, application au franchissement d'un relief par un flux zonal ;

— tourbillon potentiel barocline (Ertel) : définition et équation d'évolution, analyse en ordre de grandeur à l'échelle synoptique ;

— tourbillon potentiel d'Ertel et tropopause dynamique (diagnostic de la tropopause en tourbillon potentiel, structure d'une anomalie basse de tropopause dynamique).

F.- Dynamique des perturbations des moyennes latitudes :

1) Instabilités dynamiques de grande échelle : instabilité barotrope, instabilité barocline, notions d'énergétique via le cycle de Lorenz ;

2) Système quasi-géostrophique (QG) « Boussinesq » : équations QG continuité, du mouvement horizontal, de balance géostrophique, d'évolution du tourbillon, de la thermodynamique, de la vitesse verticale (équation en oméga), tourbillon potentiel QG ;

3) Tourbillon potentiel et dynamique :

— notion d'inversion du tourbillon potentiel ;

— modèle de troposphère à tourbillon potentiel uniforme (localisation des anomalies de champs, anomalie cyclonique au sol, anomalie de bas géopotential à la tropopause) ;

— anomalies de tourbillon potentiel (impact d'un chauffage diabatique, anomalie basse de tropopause, anomalie chaude de basses couches, anomalies de tourbillon potentiel associées à un jet).

4) Mécanismes des cyclogénèses baroclines :

— cyclogenèse et étirement (via l'équation d'évolution du tourbillon) ;

— forçage géostrophique (via l'équilibre du vent thermique, la conservation du tourbillon potentiel et le diagnostic QG de Hoskins de la vitesse verticale) ;

— modèle conceptuel de l'interaction barocline ;

— impact des effets diabatiques.

5) Frontogénèse :

— déformation et frontogénèse ;

— convergence agéostrophique et frontogénèse ;

— système d'équations semi-géostrophique ;

— caractéristiques des fronts.

G.- Dynamique de la convection atmosphérique :

1) Contexte et éléments descriptifs de la convection :

- convection tropicale ;
- convection aux moyennes latitudes ;
- cycle diurne de la convection.

2) Dynamique et thermodynamique des écoulements de petite échelle :

- équations de bases : système de Boussinesq (équation du mouvement horizontal, mouvement vertical, de la thermodynamique, équations scalaires du tourbillon) ;
- la flottabilité et la théorie de la particule (CAPE, CIN, DCAPE, LFC, LNB, stabilité/instabilité verticale) ;
- les limites de la théorie de la particule (frein de pression, charge en eau, entraînement).

3) Organisation de la convection :

- le cisaillement de vent ;
- orage isolé (unicellulaire) ;
- orage multicellulaire ;
- orage supercellulaire.

H.- Ecoulements près de la surface, turbulence :

1) Définition et équations de la couche limite atmosphérique ; couche limite de surface ;

2) Stratification thermique ;

3) Coefficients d'échange turbulent et longueur de mélange de Prandtl ;

4) Mise en équations de l'énergie cinétique turbulente ;

5) Définitions du nombre de Richardson de flux et de gradients ;

6) Couche de surface neutre : profil logarithmique de vent ;

7) Couche de surface non neutre : formulation de similitude de Monin-Obukhov des profils de vent et de température ;

8) Spirale et pompage d'Ekman dans la couche planétaire ;

9) Jet de basses couches.

II. – Statistiques

1) Probabilités :

Variables aléatoires réelles, lois de probabilités usuelles discrètes, lois de probabilités usuelles continues, variables aléatoires vectorielles ;

2) Représentation graphique des échantillons ;

3) Description numérique des échantillons ;

4) Étude des échantillons, estimation. Maximisation de la vraisemblance ;

5) Test sur un paramètre (moyenne, variance) ;

6) Comparaison de deux échantillons du point de vue moyenne et variance ;

7) Test du khi-deux ;

8) Contingence ;

9) Corrélation ;

10) Régression linéaire simple ;

11) Théorie des valeurs extrêmes.