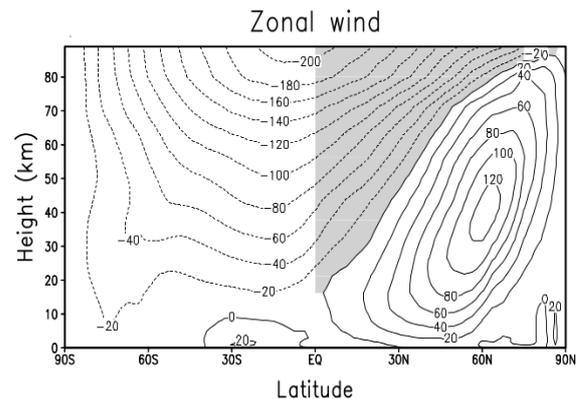
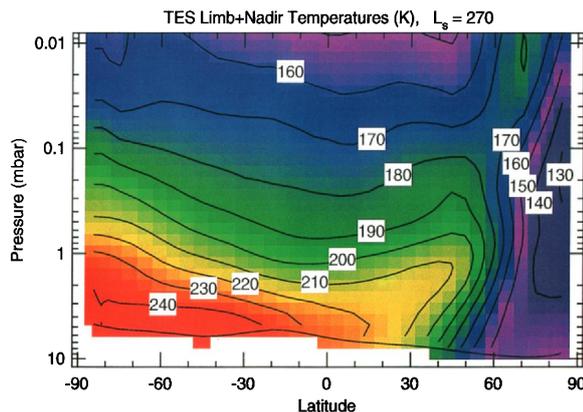


Les questions sont relativement indépendantes. Les réponses doivent être formulées avec concision et rigueur. P représente la pression atmosphérique, T la température, ρ la masse volumique, z l'altitude, ϕ la latitude, u v w les composantes zonale/méridienne/verticale du vent. La constante de Stefan-Boltzman vaut $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

	Terre	Mars	description
a (km)	6378	3394	rayon planétaire moyen
g (m s ⁻²)	9.81	3.72	accélération de la gravité
T_s (K)	288	220	température de surface (moyenne)
Ω (10 ⁻⁵ s ⁻¹)	7.3	7.1	taux de rotation planétaire
\mathcal{F}_s (W m ⁻²)	1367	589	constante solaire
A_b	0.31	0.25	albedo bolométrique (intégré)
p_0 (bar)	1	0.006	pression de référence
c_p (J K ⁻¹ g ⁻¹)	1.00	0.84	capacité calorifique à p constante
R (J K ⁻¹ kg ⁻¹)	287	192	constante des gaz massique



Considérons Mars à l'été de l'hémisphère sud. On donne les variations verticales et latitudinales de la moyenne zonale de la température mesurée par spectrométrie IR [figure de gauche] et du vent zonal u prédit par modélisation des équations complètes du mouvement [figure de droite, pointillés $u < 0$, traits pleins $u > 0$]. L'équation du mouvement sur l'axe méridien [MAM] et l'équilibre du vent thermique sur les coordonnées x, y, P [VT] sont :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u^2 \tan \phi}{a} + \frac{wu}{a} = -2\Omega u \sin \phi - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad [\text{MAM}] \quad 2\Omega \sin \phi \frac{\partial u}{\partial P} + 2u \frac{\partial u}{\partial P} \frac{\tan \phi}{a} = -\frac{R}{aP} \frac{\partial T}{\partial \phi} \quad [\text{VT}]$$

- Exprimer la température équivalente T_e en fonction de A_b , \mathcal{F}_s et σ et calculer sa valeur sur Mars.
- Expliquer brièvement la méthode pour obtenir la formule du modèle à deux faisceaux indiquant $OLR = \sigma T_s^4 / (1 + \tau_\infty / 2)$. Calculer et commenter la valeur de τ_∞ correspondant à T_s constatée sur Mars.
- Rappeler en vertu de quelle loi la pression peut être utilisée comme coordonnée verticale. Exprimer l'échelle de hauteur $H(z)$ telle que $dp/p = -dz/H(z)$ et en estimer une valeur approximative.
- Dans l'après-midi, la température atmosphérique diminuerait d'environ 10 K entre les pieds et la tête d'un astronaute debout sur Mars. Discuter de la stabilité de l'atmosphère martienne dans ces conditions.
- Expliquer pourquoi le contraste thermique entre l'hémisphère d'été et l'hémisphère d'hiver donne naissance dans la haute troposphère à une circulation méridienne de l'hémisphère d'été vers l'hémisphère d'hiver.
- Des tempêtes injectent de la poussière dans la troposphère de Mars causant, par absorption de rayonnement, un réchauffement dans l'hémisphère sud. Discuter des conséquences sur la circulation méridienne.
- Dans MAM et VT, indiquer quels termes définissent les équilibres géostrophique et cyclostrophique.
- Expliquer pourquoi l'équilibre géostrophique est approximativement vérifié sur Mars. Relier dans ces conditions le vent zonal u au gradient méridien de température $dT/d\phi$.
- A partir des mesures de température de la figure de gauche au niveau 1 mbar, et en supposant un vent nul à la surface à 10 mbar, calculer le vent zonal u à 0.1 mbar (altitude 40 km) au voisinage de la latitude 55°N. Commenter la valeur obtenue en comparant aux résultats du modèle reportés sur la figure de droite.
- Dans la zone en grisé sur la figure de droite, en utilisant l'équation MAM, discuter de l'effet de la force de Coriolis sur une parcelle d'air transportée dans la branche haute de la circulation méridienne de l'hémisphère d'été vers l'hiver. Quelle est la conséquence sur l'extension en latitude de cette circulation méridienne ?

Sources utilisées : Smith et al. JGR 2001; Forget et al. JGR 1999.