

Devoir 4**À remettre le 18 avril****Question 4.1**

Quand un front froid passe au-dessus d'une station situé dans l'hémisphère nord, le vent tourne dans le sens horaire. Comment tourne le vent pendant le passage d'un front au-dessus d'une station située dans l'hémisphère sud ? Justifiez votre réponse avec un schéma représentant les isobares et les vents associés au front froid dans l'hémisphère sud.

Question 4.2

De quel côté d'une montagne les brises de vallée sont les plus fortes (toute autre condition étant égale), du côté sud ou du côté nord? Et les brises de montagne? Justifiez.

Question 4.3

Pourquoi les terrains montagneux ne sont pas des sources de masses d'air ?

Question 4.4

Sur une carte isobare de 700 mb, hPa, on note une hauteur beaucoup plus basse à Cape Dorset, territoires du Nord-ouest, qu'à Bradon, Manitoba, pendant que dans la carte de surface, la pression dans les deux localités est similaire. Que doit-on déduire des températures qui règnent en ces endroits? Justifiez votre réponse.

Exercice 4.5

Quelle est la caractéristique principale partagée par les circulations à l'origine des cellules de Hadley, des moussons et des brises de mer (et de terre)?

Exercice 4.6

En volant à un niveau de pression constant (dans l'hémisphère nord), un pilote de brousse constate une forte dérive vers la gauche. Pour continuer à voler au même niveau de pression, l'avion doit-il prendre de l'altitude ou descendre? Expliquez pourquoi.

Exercice 4.1

La figure 4.1 montre le météogramme à Pittsburg, PA, pour une période de 24 h, commençant à 000Z le 24 novembre 2003.

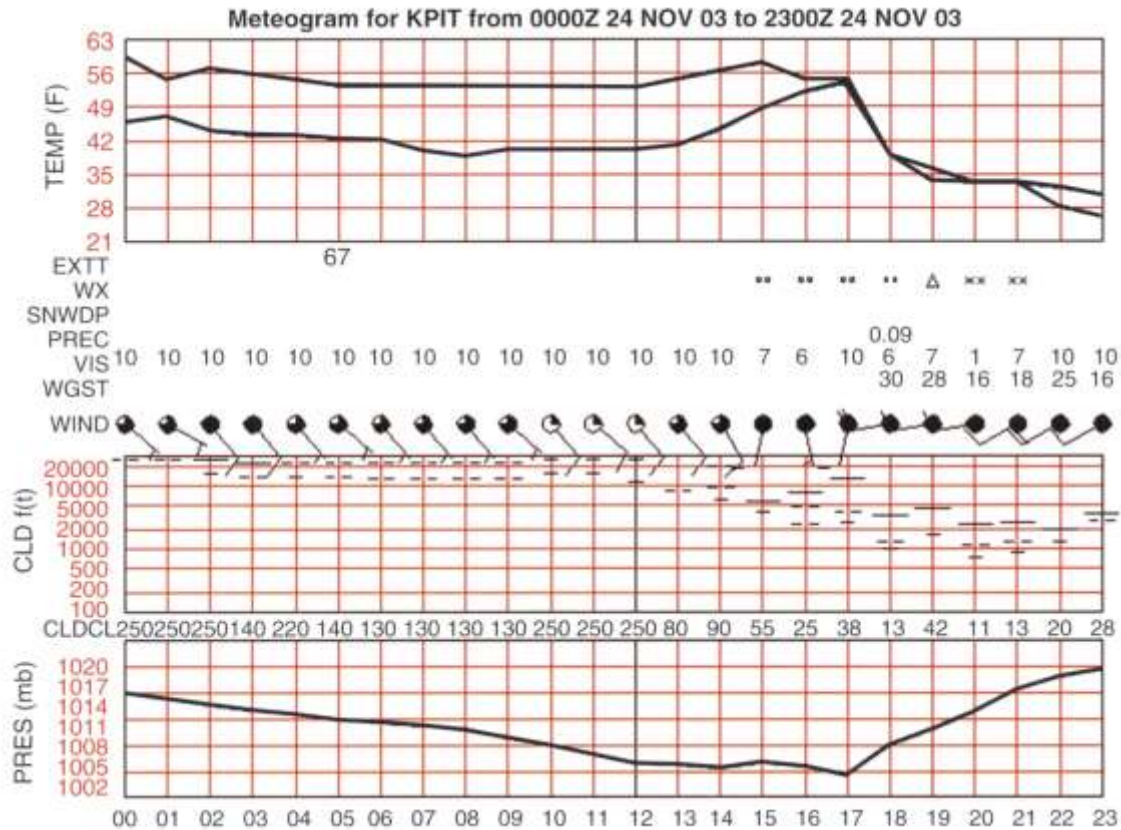


Figure 4.1 – Météogramme pour Pittsburg, PA, le 24 novembre 2003. Courtoisie de Plymouth State Weather Center.

- À quelle heure le front froid passe à Pittsburg? Justifiez votre réponse en utilisant seulement les données de pression atmosphérique.
- Comment varient les vents à l'approche, à l'arrivée et au passage du front froid? Faites un schéma du champ de pression associé au front qui explique le comportement du vent.
- Citez deux autres caractéristiques des données fournies par le météogramme qui corroborent fortement le passage du front à l'heure que vous avez donné en a. Justifiez brièvement vos réponses.

Exercice 4.2

La figure 4.2 montre les températures à 700 hPa, le 23 mars 2008 à 1200Z (à gauche), ainsi que les températures moyennes climatologiques à 700 hPa le même jour. Les figures 4.3 (a et b) sont des images satellitaires prises le même jour à 1531Z et 2031Z respectivement. On peut supposer que la température à 700 hPa ne varie pas de façon significative pendant la journée.

- Comparez les températures mesurées le 23 mars à 700 hPa dans la région des Grands Lacs avec les températures climatologiques dans la même région.
- Étudiez l'image satellitaire visible à 1531Z. Identifiez la bande blanche qui s'étend d'ouest en est. Explicitez votre raisonnement en utilisant les caractéristiques radiatives de la surface et le principe de mesure du radiomètre qui nous donne l'image.
- À 2031Z, on note la présence de nuages de type cumulus dans une grande partie de la région couverte par l'image, ainsi que son absence dans la région de la bande blanche. Expliquez la présence et l'absence de cumulus dans les diverses régions montrées dans l'image en utilisant vos connaissances sur la formation de ce type de nuage, et en intégrant dans votre réponse les conclusions tirées en a. et b

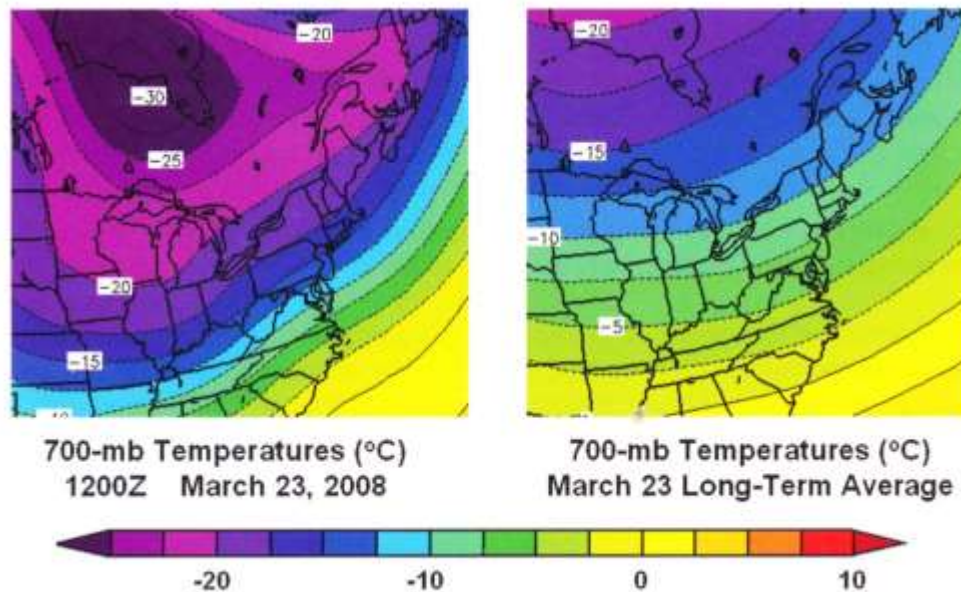


Figure 4.2 – À gauche : le champ de température à 700 mb à 1200Z le 23 mars 2008 ; à droite : le champ de température climatologique pour le 23 mars 2008.

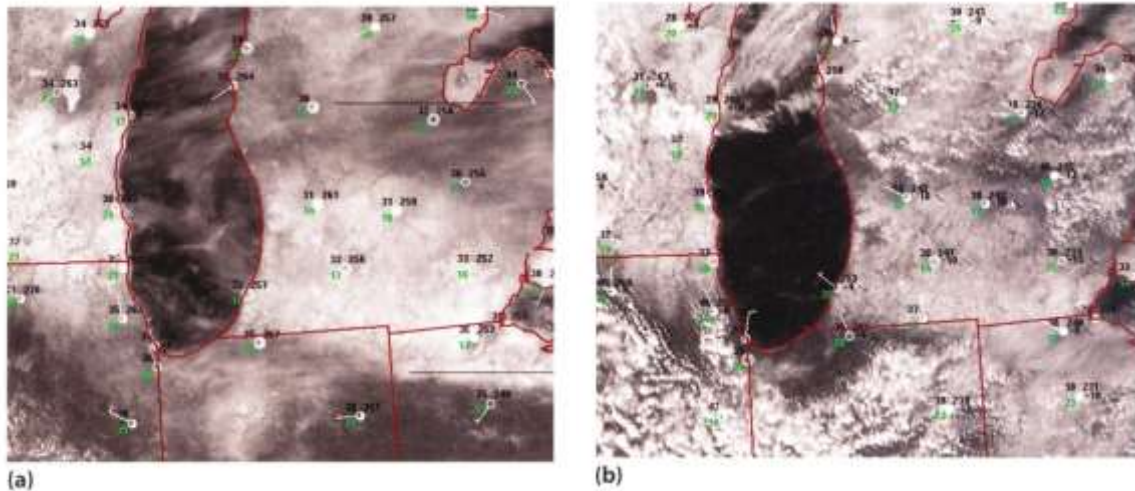


Figure 4.3 – Images satellitaires VIS, le 23 mars 2008 : (a) à 1531Z ; (b) à 2031Z.

Exercice 4.3

Le 9 octobre 2007 à 12Z, une dépression extratropicale mature était localisée sur l'océan Pacifique à l'ouest de l'état de Washington. La figure 4.4a) montre les isohypses à 500 mb (en mètres) à ce moment et la figure 4.4b) les isobares au niveau moyen de la mer (en mb). La figure 4.4c) montre l'image satellite infrarouge correspondante.

- À quelle étape de son développement est le cyclone (onde ouverte, maturité ou occlusion)? Justifiez votre réponse en utilisant la localisation du creux à 500 mb par rapport au centre de la dépression à la surface.
- À la lumière de votre réponse en a. pensez-vous qu'à cette étape de développement, les trois convoyeurs de la dépression ont eu le temps de se former?
- Utilisez des crayons de couleur différente pour tracer dans l'image satellitaire les axes des convoyeurs existants (rouge pour le chaud, bleu pour le froid et jaune pour le sec).
- Tracer une ligne verte indiquant la limite ouest du convoyeur chaud.

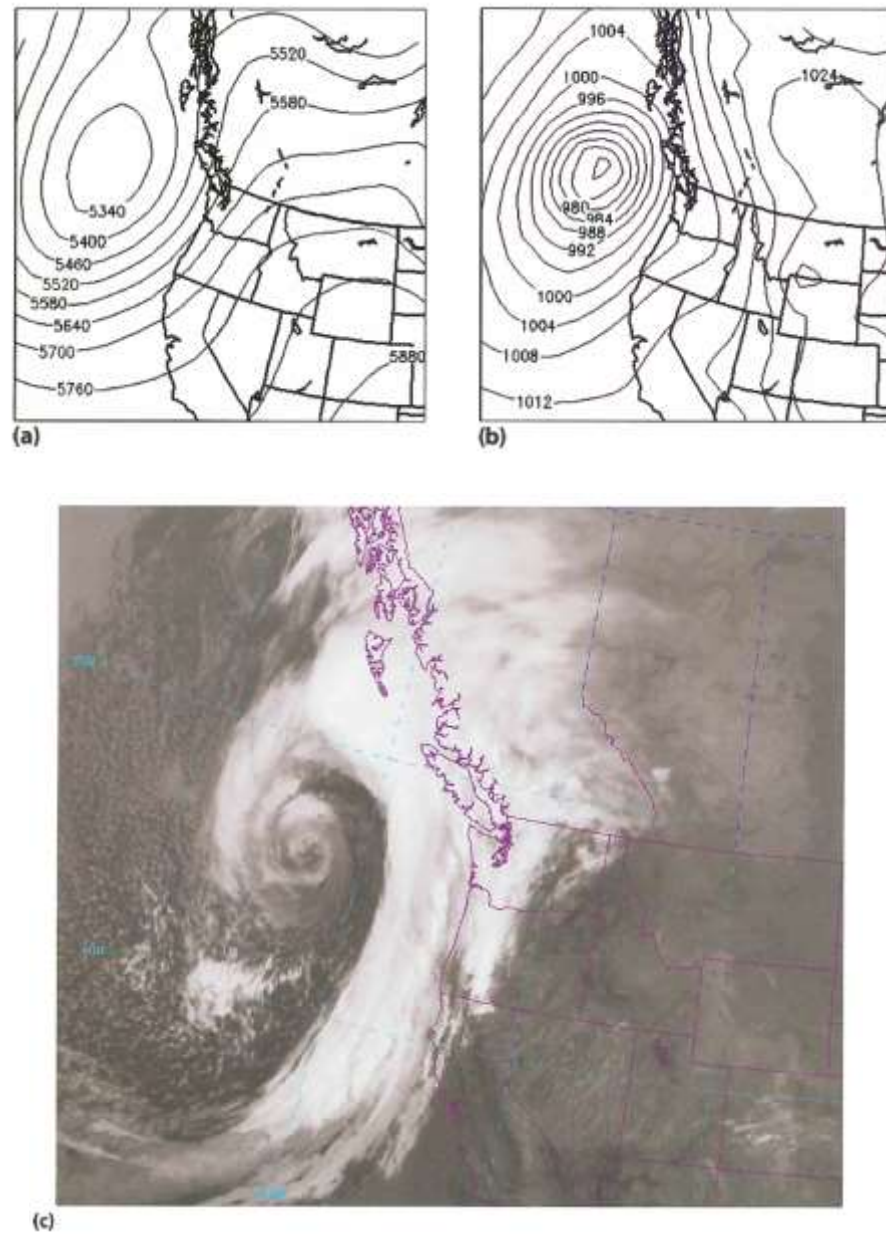


Figure 4.4: Imagerie et analyse d'un cyclone extratropical sur l'océan pacifique le 9 octobre 2007 à 12Z : a) isohypses à 500 mb (étiquetées en m); b) isobares au niveau moyen de la mer (étiquetées en mb); image IR (gracieuseté de la NOAA)

Exercice 4.3

Dans cet exercice, on étudie la naissance et la mort d'un cyclone appelée la tempête du siècle (XX^{ème} siècle) qui a eu lieu entre le 12 et le 13 mars 1993. Le but de cet exercice est de comprendre mieux le comportement du cyclone et les difficultés de prévoir, entre autres, la quantité et le type de précipitation.

Les cyclones extratropicaux se forment et se développent le long du front polaire. Le contraste de température en Amérique du Nord, en hiver, est créé essentiellement par la rencontre d'une masse d'air arctique ou polaire continentale, froide et sèche, avec une masse d'air maritime tropicale, chaude et humide, provenant du courant du Golfe du Mexique.

L'évènement que nous allons étudier a eu lieu à la mi-mars, 1993. Il a été appelé la «La Tempête du siècle».

Le 12 mars, une pression récemment formée se déplace vers une région barocline sur le Golfe du Mexique et commence à s'intensifier rapidement.

Le cyclone en développement se dirige initialement vers l'est, et après vers le NO, où il atteint le continent au niveau de la côte de Floride. À ce moment, la Floride a été frappée par du temps violent. On estime le nombre de tornades à 15 et le nombre de morts à 44. Une marée de tempête de 12 pieds a été observée à Taylor County, Floride, provoquant la mort de 7 personnes. Plus de 30 cm de neige (12 pouces) sont tombés dans le «panhandle» de Floride, le long de la trajectoire de la tempête.

Le 13 mars, au début de la journée, des chutes de neige, de modérées à fortes, sont observées de l'Alabama à New York. Des records de basse pression ont été enregistrés le long de la Côte Est. À cause du grand gradient de pression, on observe des vents violents, entre autres des pics de vents à 144 mph au Mont Washington, New Hampshire. La combinaison de forts vents et de la neige a forcé la fermeture des aéroports de la Côte Est.

Le 14 mars, on a enregistré 70 records de pression minimale, et 75 records le jour suivant.

Partie 1 – Cyclogenèse : une vue de surface

La figure A4.1, en annexe, montre des cartes de surface à plusieurs moments pendant l'événement. Le cyclone en étude naît sur le golfe du Mexique et se propage vers le nord-est, le long de la Côte Est des États-Unis, tout en s'intensifiant fortement.

1. Les zones baroclines sont caractérisées par des forts gradients de température. En examinant la carte 4.5 le 3/13 00Z, identifiez sur celle-ci une zone barocline.

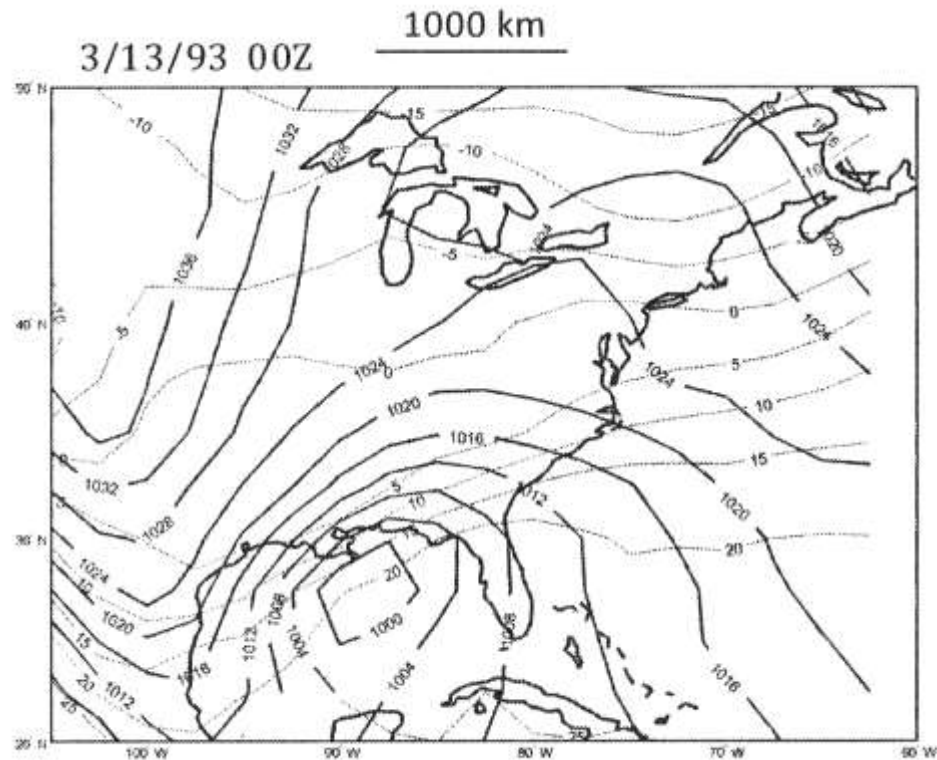


Figure 4.5 – Carte de surface. Les lignes continues sont les isobares et les lignes pointillées sont les isothermes.

2. Dans le chapitre 7, on a parlé de la force de gradient de pression. Le vent est le résultat direct de cette force.
 - a. En utilisant l'échelle spatiale en haut de la figure A4.1 (en annexe), déterminer le vent géostrophique le 13 mars à 18Z dans la station marquée par un cercle noir dans la carte respective.
 - b. Quelle est la direction de ce vent?
Le paramètre de Coriolis est $f_c = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, la densité de l'air $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$.
3. Une quantité importante qu'on aimerait connaître, c'est la vitesse verticale qui, ascendante, est à l'origine des nuages et de la précipitation. Dans les cyclones, une des raisons du mouvement ascendant, c'est l'advection d'air chaud. L'advection d'air chaud est proportionnelle au gradient de température, à la vitesse du vent et à l'angle entre la

direction du vent et les isothermes. Le maximum de vitesse ascendante se situe là où l'advection de l'air chaud est maximum.

- a. Localiser les zones d'advection d'air chaud et d'air froid les plus importantes dans la carte de surface du 14 mars à 00Z (figure 4.6).

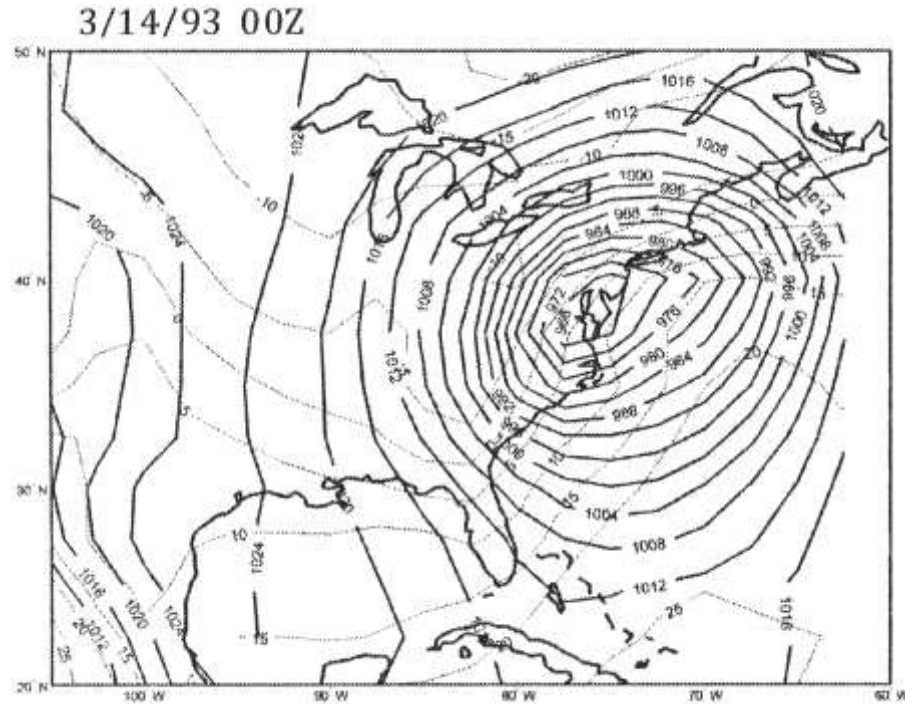


Figure 4.6 – carte de surface. Les isobares et les isothermes sont respectivement les lignes continues et les lignes pointillées.

- b. Où se situent les vents verticaux ascendants les plus intenses (faites une croix sur la carte)?

4. Faites un graphique de l'évolution temporelle de la pression au centre du système dans la figure 4.7.

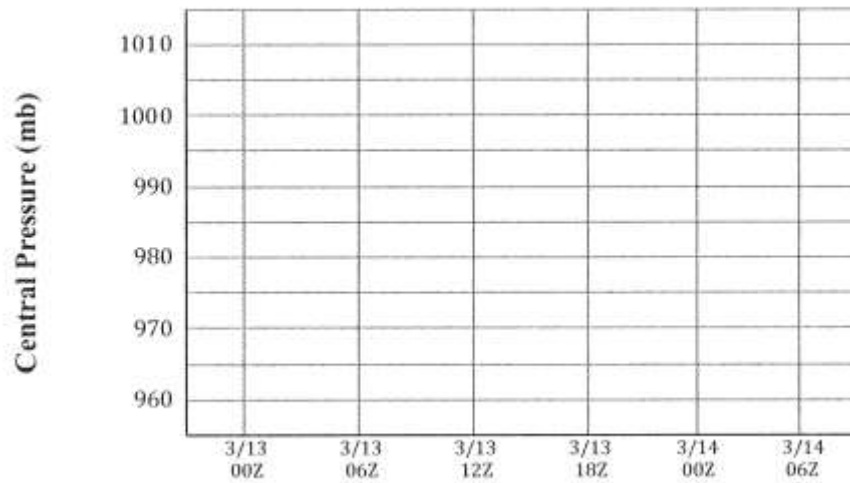


Figure 4.7 – Évolution temporelle de la pression au centre de la dépression.

5. Estimez la vitesse du cyclone en m/s

Partie 2 – Perspective de l'atmosphère supérieure

Les cyclones ne sont pas de purs phénomènes de surface. Il existe une interaction constante entre l'atmosphère proche de la surface et la troposphère (spécialement à la tropopause). Les figures A4.2 (en annexe) montrent les champs des isohypses à 500 hPa et son évolution pour la même période. Le phénomène le plus important est la formation et l'intensification d'un creux à ce niveau de pression.

6. En utilisant l'échelle de la figure A4.2, calculer la grandeur et la direction du vent géostrophique dans le point indiqué par le cercle noir (Floride).
7. Utiliser les cartes de surface et d'altitude du 14 mars pour déterminer la position relative de la dépression de surface et du creux en altitude (distance et direction).
8. La hauteur de 5400 mètres nous donne une indication sur le type de précipitation. Les régions où les hauteurs de la pression de 500 hPa sont inférieures à 5400 m auront des températures $< 0^{\circ}\text{C}$, et celles où les hauteurs sont > 5400 m ont probablement des températures $> 0^{\circ}\text{C}$.
 - a. Colorier l'isohypse 5400 m dans la carte du 14 mars 00Z
 - b. Colorier la région où l'advection d'air chaud est maximale
 - c. Encercler la région où la précipitation est probablement sous forme de neige.

Annexes

Les cartes

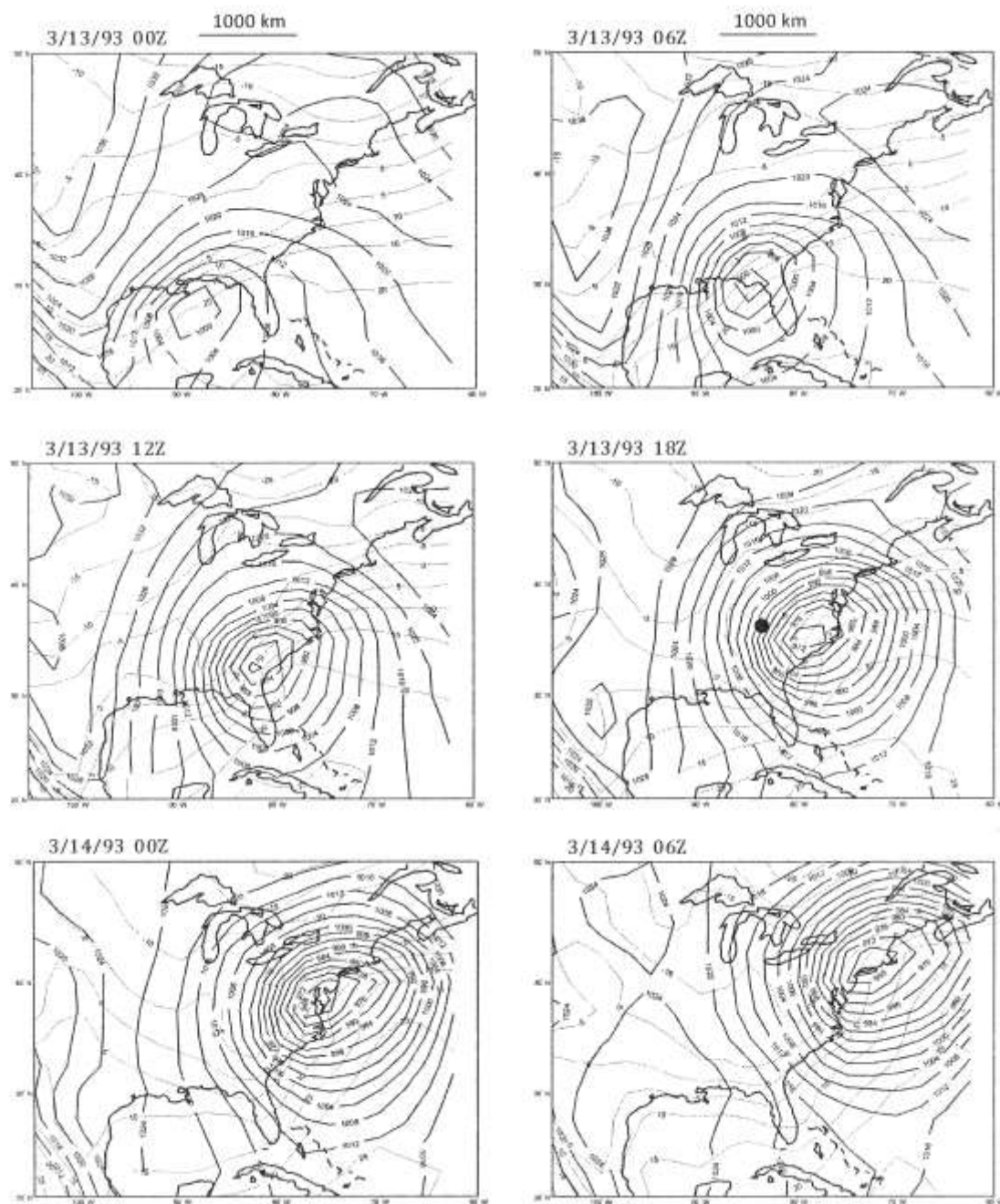


Figure A4.1 – cartes de surface au niveau moyen de la mer.

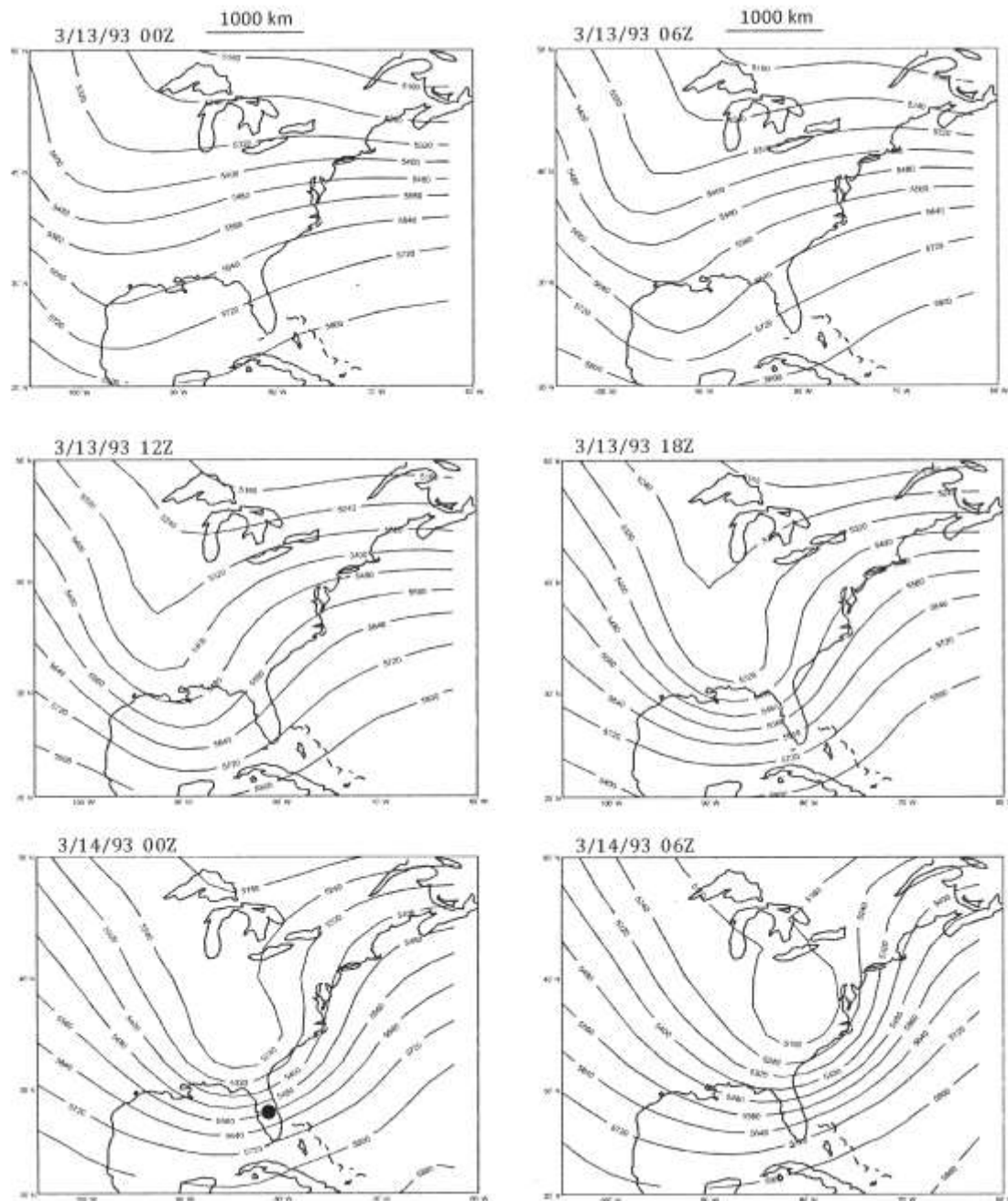


Figure A4.2 – cartes en altitude au niveau de pression de 500 hPa