

Guide d'étude : examen #2**Développement des nuages et stabilité**

<ul style="list-style-type: none"> - Particule ou parcelle d'air - Processus isobare - Processus adiabatique - Processus pseudoadiabatique - Taux de refroidissement adiabatique - Taux de refroidissement pseudo adiabatique - Taux de refroidissement de l'environnement - Atmosphère absolument stable - Atmosphère conditionnellement instable 	<ul style="list-style-type: none"> - Atmosphère absolument instable - Niveau de condensation - Soulèvement orographique - Niveau de condensation par soulèvement adiabatique (NCA) - Niveau de convection libre (NCL) - Niveau d'équilibre (NE) - Énergie potentiel disponible par convection - CAPE - Énergie d'inhibition de la convection - CIN - SkewT-log p
---	---

Précipitation

<ul style="list-style-type: none"> - Précipitation - Pression de vapeur d'équilibre - Effet de courbure - Effet de solution - Courbe de Köhler - Sursaturation - Sous-saturation - Vitesse terminale - Coalescence - Eau surfondue - Nucléation homogène - Noyaux de condensation - Noyaux glaçogènes - Agrégation - Accrétion - Givrage - Processus de Bergeron 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensemencement de nuages - Pluie - Bruine - Brume - Virga - Averses de pluie - Neige - Grésil - Pluie verglaçante - Bruine verglaçante - Pluviomètre - Radar - Satellite - Équivalence en eau - Neige roulée - Grêle
---	--

Pression et vents

<ul style="list-style-type: none"> - Pression à la station - Pression au niveau de la mer - Isobares - Isohypses - Gradient de pression - Force de gradient de pression - Force de Coriolis - Force de frottement - Équilibre géostrophique 	<ul style="list-style-type: none"> - Vent géostrophique - Vent gradient - Accélération centripète - Force centrifuge - Vent zonal - Vent méridional - Loi de Buys-Ballot - Équilibre hydrostatique
--	--

Vents locaux

<ul style="list-style-type: none"> - Échelles météorologiques - Microéchelle - Mésoéchelle - Échelle synoptique - Échelle planétaire - Cisaillement du vent - Circulation thermique - Brise de mer - Brise de terre 	<ul style="list-style-type: none"> - Brise de vallée - Brise de montagne - Vent catabatique - Vent anabatique - Chinook - Mousson - Anémomètre - Girouette
--	--

Circulation générale

<ul style="list-style-type: none"> - Modèle à une cellule - Modèle à trois cellules - Cellule d'Hadley - Cellule de Ferrel - Cellule polaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Zone de convergence intertropicale - Courants jets - Courant jet polaire - Courant jet sous-tropical - Front polaire
---	--

Masses d'air et fronts

<ul style="list-style-type: none"> - Front polaire - Courant jet polaire - Courant jet sous-tropical - Masses d'air - Sources des masses d'air - Masse d'air continentale polaire - Masse d'air continentale tropical - Masse d'air maritime polaire - Masse d'air maritime tropical 	<ul style="list-style-type: none"> - Ligne sèche - Front - Front froid - Front chaud - Front occlus froid - Front occlus chaud - Front stationnaire - Frontolyse (dissipation) - Frontogenèse (naissance)
---	--

Cyclones extratropicaux

<ul style="list-style-type: none"> - Théorie du front polaire (norvégienne) - Perturbation frontale - Cyclogenèse - Cyclolyse - Le modèle des convoyeurs - Convergence - Divergence - Ondes de Rossby - Ondes longues - Ondes courtes - Atmosphère barotrope - Atmosphère barocline 	<ul style="list-style-type: none"> - Advection d'air froid - Advection d'air chaud - Instabilité barocline - Langue sèche - Nuage virgule - Tourbillon absolu - Tourbillon planétaire - Tourbillon relatif - Tourbillon de courbure - Tourbillon de cisaillement - Cœur du jet - Advection de tourbillon et divergence/convergence
---	--

Le temps violent : orages et tornades

- Orage de masse d'air	- Micro rafale
- Niveau de convection libre	- Tornade
- Stade de cumulus	- Nuage entonnoir ou tuba
- Stade mature	- Échelle Fujita
- Stade de dissipation	- L'éclair
- Orage multicellulaire	- Le tonnerre
- Dépassement «overshoot»	- Complexes convectifs de méso-échelle
- Nuage mur	- Lignes de grain
- Supercellule	- Les vortex convectifs de méso-échelle
- Front de rafale	

Questions :

1. Quelle est la différence entre un nuage et la précipitation?
2. Expliquez pourquoi, à la même pression et température, l'air humide est moins dense que l'air sec.
3. Quelle est la différence entre la température du point de rosée et la température du thermomètre mouillé?
4. Pourquoi la température du thermomètre mouillé de l'air nous donne une bonne estimation de la température minimale à laquelle la peau humaine peut refroidir?
5. Est-il possible de sécher du linge en hiver quand la température est inférieure à 0°C? Justifiez votre réponse.
6. Une particule d'air monte adiabatiquement dans l'atmosphère. Comment changent les propriétés suivantes de la particule :
 1. Sa température?
 2. Sa température potentielle?
 3. Son humidité relative?
 4. Sa pression?
 5. La pression partielle de la vapeur d'eau?
 6. Le rapport de mélange?
 7. Son humidité spécifique?
7. Pendant une nuit d'hiver, il se forme un épais brouillard. Avant que la température soit égale à la température du point de rosée, celle-ci est restée constante. Après la formation du brouillard, la température du point de rosée a commencé à diminuer. Expliquez le comportement de la température du point de rosée.
8. Par un après-midi ensoleillé, vous profitez du Soleil (recharge de vitamine D). Une série de nuages de type cumulus vient perturber votre bain de Soleil. Le Soleil disparaît complètement pendant 10 s. La disparition-réapparition du Soleil se poursuit pendant une demi-heure. Quel type de nuages vous cache le Soleil : des cirrocumulus, des stratocumulus ou des cumulus?
9. Pourquoi les taux de refroidissement adiabatique et pseudoadiabatique sont différents?
10. En quelles conditions les taux de refroidissement adiabatique et pseudoadiabatique sont semblables?
11. Comment connaissons-nous le taux de refroidissement de l'environnement?

12. Comment peut se former une couche atmosphérique stable?
13. Comment peut se former une couche atmosphérique instable?
14. Pourquoi la base des cumulonimbus est en général plate?
15. Pourquoi pleut-il peu en aval des chaînes de montagne (comme, par exemple, en Alberta)?
16. Quel type de nuage se forme dans une atmosphère stable? Et dans une atmosphère instable?
17. Quelle est la différence entre une gouttelette de nuage et une goutte de pluie?
18. Pourquoi une gouttelette de nuage typique atteint rarement la surface?
19. Quelle est la différence entre un nuage chaud et un nuage froid? Comment se forme la précipitation en chacun de ces nuages?
20. Donnez trois mécanismes différents de formation de particules de glace dans un nuage. Décrivez-les.
21. Décrivez brièvement le processus de formation de la précipitation par collision-coalescence.
22. Que signifie chacun des termes suivants: «sous saturé», «saturé» et «sursaturé»?
23. De quels facteurs dépend la vitesse terminale d'un hydrométéore?
24. Pourquoi, dans un nuage mixte, le taux de croissance d'un cristal de glace est supérieur à celui d'une goutte surfondue?
25. L'ensemencement des nuages est utilisé pour provoquer de la précipitation mais, aussi, pour diminuer la précipitation. Expliquez.
26. La brume peut se former à des humidités relatives inférieures à 100 %. Est-ce que ces particules de brume sont formées d'eau pure? Justifiez votre réponse.
27. Pourquoi la précipitation est-elle plus probable dans un cumulus tropical que dans un stratus froid formé aux latitudes moyennes?
28. Expliquez pourquoi il est possible que des petites gouttelettes d'eau s'évaporent à des humidités relatives de 100 %.
29. Décrivez en mots et avec un schéma le processus de Bergeron de formation de précipitation.
30. Pourquoi les grands flocons de neige sont observés quand les températures près de la surface sont proches de 0°C?
31. Quelles sont les conditions atmosphériques (profil de température) propices à la formation du grésil?
32. Pourquoi la pression mesurée à Dorval n'est pas égale à la pression qui figure dans le pointage de la station dans la carte météorologique de surface?
33. Quelle est la force à l'origine des vents?
34. Pourquoi le gradient vertical de la pression atmosphérique a un rôle négligeable dans la formation de «nos vents» ?
35. Quelle est la définition de la pression météorologique ?
36. Qu'est-ce une carte isobarique en météorologie ?
37. Quelle est la différence entre les cartes à hauteur constante et à pression constante ? Que signifient les isolignes tracées en chacune d'elles ?
38. Pourquoi, dans une carte d'altitude, la hauteur diminue en s'approchant des pôles ?
39. Pourquoi la pression en altitude diminue en s'approchant des pôles ?
40. Pourquoi les hautes pressions à la surface sont associées au beau temps ?
41. Que représentent les crêtes et les creux en altitude ?
42. Quelles sont les forces réelles et inertielles qui gouvernent les vents en surface ?
43. Quelles sont les forces réelles et inertielles qui gouvernent les vents en altitude ?

44. Qu'est-ce un écoulement géostrophique ? Qu'est-ce qui détermine la grandeur de la vitesse dans ce type d'écoulement ?
45. Donnez un exemple de phénomène météorologique qui est bien décrit par :
 1. un écoulement géostrophique
 2. un écoulement gradient
46. Dans quelle couche atmosphérique la force de frottement est importante?
47. Quelles sont les origines de la turbulence dans l'atmosphère?
48. De quoi dépend l'intensité de la turbulence?
49. Comment se forment les petits tourbillons dans l'atmosphère?
50. Donnez deux exemples de circulation thermique dans l'atmosphère.
51. Comment se forment les vents de vallée et les vents de montagne?
52. Pourquoi il ne se forme pas de vents de type Chinook à l'est des Appalaches?
53. Les vents prédominants en Floride sont du nord-est. Les brises de mer les plus fortes sont-elles observées sur la côte est ou ouest de la péninsule? Et les brises de terre?
54. Si la convergence en surface est supérieure à la divergence en altitude, la dépression à la surface se creuse-t-elle ou se comble-t-elle?
55. Quelles doivent être les localisations relatives du creux à 500 hPa et du courant jet à 300 hPa par rapport à une perturbation de surface pour que les conditions soient favorables à son intensification? Expliquez à l'aide d'un diagramme.
56. Décrivez l'environnement favorable à la formation d'orages.
57. Du point de vue de la stabilité de l'air, quel est le rôle des orages dans l'atmosphère?
58. Pourquoi, dans un nuage mixte, le taux de croissance d'un cristal de glace est supérieur à celui d'une goutte surfondue?
59. Pourquoi les cyclones des latitudes moyennes (dépressions extratropicales) perdent de l'intensité une fois qu'ils deviennent occlus?
60. Expliquez le fait suivant : «sans support en altitude, une perturbation de pression à la surface disparaît en moins de 24 heures».
61. Quelles sont les sources d'énergie qui permettent le développement des cyclones des latitudes moyennes?
62. Les ondes baroclines se forment rarement dans les régions polaires. Pourquoi?
63. Identifiez le front associé aux prévisions suivantes :
 1. Pluie légère et froid aujourd'hui, avec des températures juste au-dessus du point de congélation. Vents du sud-est se changeant en vents d'ouest ce soir. Refroidissement prévu pour ce soir, pluie forte pouvant se changer en neige.
 2. Froid aujourd'hui, pluie, parfois forte, cet après-midi. Vents SE. Vents d'ouest demain matin. Plus chaud demain.
64. En ce moment, il est midi et les températures sont au-dessus de zéro et il pleut à Montréal, le vent souffle du SO. Un front froid s'approche et sera sur notre ville dans 3 heures. Faites une prévision de tendance pour l'heure du retour à la maison, vers 4 heures de l'après-midi, en précisant la variation de la température, le type de précipitation et la direction du vent.
65. Vous êtes à Calgary, Alberta, situé à 100 km à l'est des Rocheuses en janvier. Le vent souffle du nord. Les modèles numériques prévoient des vents d'ouest pour demain (prévision numérique de 24 heures). Demain, fera-t-il plus chaud ou plus froid qu'aujourd'hui?
66. Qu'est-ce un orage?
67. Comment se forment les courants d'air descendants dans les orages?

68. Expliquez pourquoi les orages de masse d'air se dissipent plus rapidement que les orages multicellulaires.
69. Quelles sont les conditions nécessaires au développement des orages de masse d'air?
70. Quelles sont les conditions nécessaires au développement des supercellules?
71. Expliquez pourquoi les lignes de grain se forment souvent en avant des fronts froids et très rarement en arrière.

Problèmes

Réviser les exercices des pratiques et des devoirs. N'oubliez pas les exercices qui concernent la détermination de la stabilité de l'atmosphère ainsi que la variation de la température et de l'humidité des particules d'air pendant une ascension adiabatique. Détermination de la base, du sommet et du type de nuage par analyse graphique. (SkewT)

Exercice 1

Un jour d'été très humide, la base des cumulus est à la hauteur de 610 m. La température à ce niveau est 23°C. Quelle est l'humidité relative à la surface?

Données : $z(\text{NCA}) = 610 \text{ m}$; $T(\text{NCA}) = 23^\circ\text{C}$; $dT_d/dz = 2^\circ\text{C}/\text{km}$

Exercice 2

La température de l'air à la surface est égale à 20°C et son rapport de mélange est 5 g kg⁻¹. La pression est 1013 hPa.

- a. De combien faut-il refroidir l'air pour qu'il commence à se former du brouillard?
- b. Quelle quantité d'eau par kilogramme d'air il faut évaporer pour que le brouillard d'évaporation puisse commencer à se former?

Exercice 3

Vous lisez dans votre journal préféré que Montréal a reçu le jour de Noël 1,32 cm de neige. Quelle masse de neige moyenne, par unité de surface, la ville a ramassé ? Supposez que le rapport d'équivalence neige/eau est 10 :1 (c'est-à-dire, 1 cm d'épaisseur de neige est équivalent à 1 mm d'épaisseur d'eau liquide.)

Exercice 4

Vous faites présentement un relevé météorologique. Le ciel est plein de cirrus à une hauteur estimée à 6 km. Si un front chaud s'approche du sud,

- c. Estimez la distance entre la station (où vous êtes) et le front en supposant que la pente du front est 1:200;
- d. Si le front chaud se déplace vers la station à la vitesse de 18 km/h, en combien de temps la station sera sous l'action de ce front?

Exercice 5

Si vous entendez le tonnerre 10 secondes après avoir vu un éclair, à quelle distance de vous se situe l'orage? La vitesse du son dans l'air est de 360 m/s.

Exercice 6

Une tornade a une vitesse de rotation de 180 km/h et se déplace du sud-ouest vers le nord-est à la vitesse de 55 km/h.

- a. Quelle est la vitesse maximale de cette tornade?

- b. Si la tornade s'approche de vous, de quel côté de la tornade (selon les points cardinaux, N, Ne, S, etc.) les vents sont-ils les plus faibles?

Exercice 7

Examinez les figures suivantes (figure 1) qui montrent le développement d'une dépression durant trois jours.

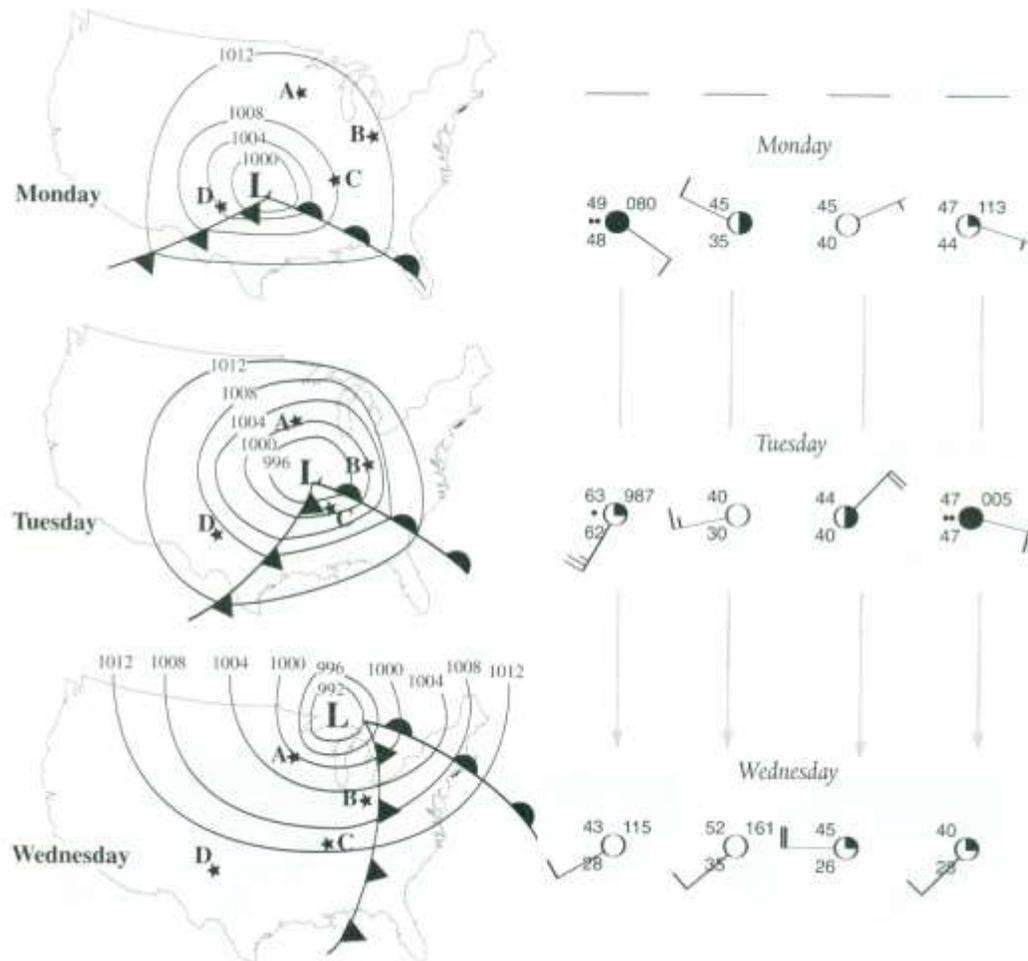


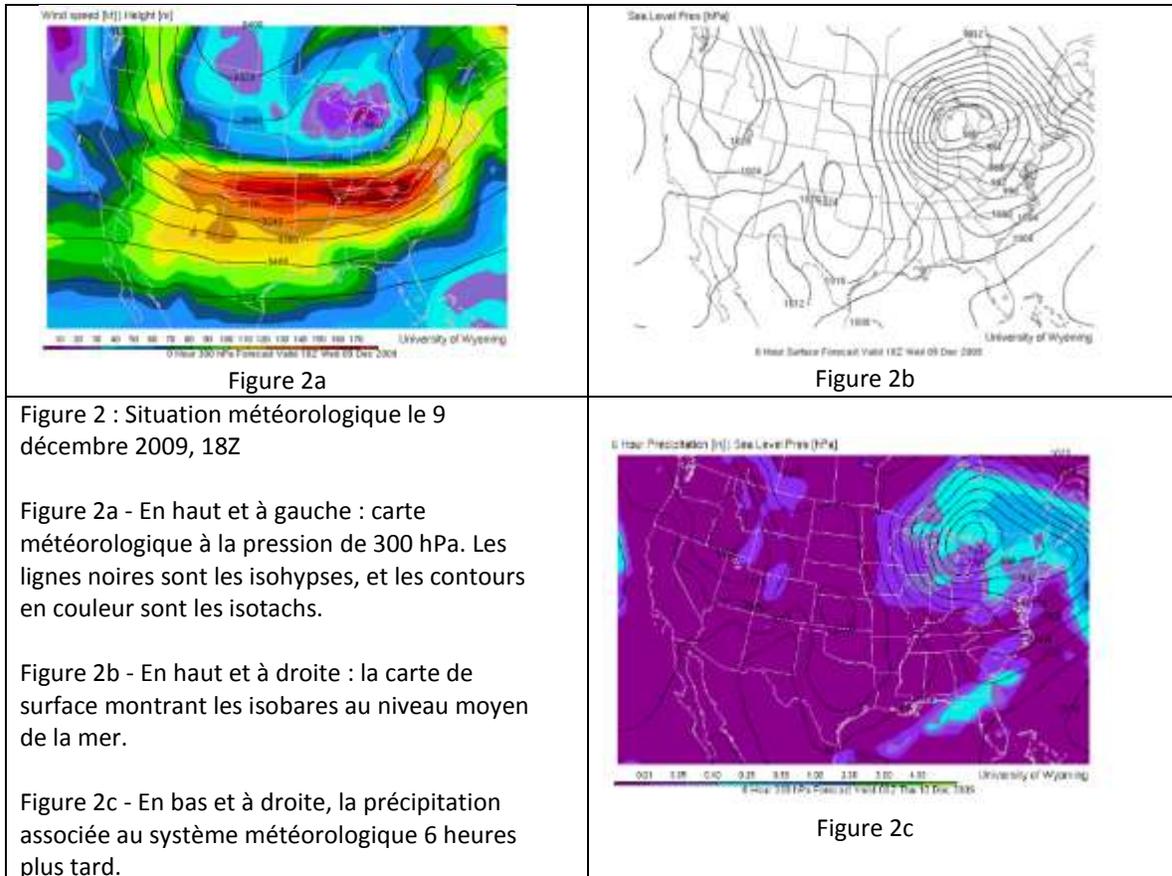
Figure 1 : évolution d'un cyclone extratropical durant 3 jours.

1. Identifiez les masses d'air dans les trois cartes de surface.
2. Le modèle de la station à droite représente les conditions météorologiques dans les stations A, B, C et D. Chaque colonne montre l'évolution du temps dans une station. Faites correspondre chaque colonne à chaque station A, B, C et D.

Exercice 8

Comparez la localisation géographique du centre de la dépression à la surface avec les creux en altitude (figures 2).

2. Le système a-t-il du support en altitude? Justifiez votre réponse.
3. En quel stage de développement est le système météorologique (**choisissez la meilleure réponse**)? Justifiez votre choix dans l'espace réservé après la figure 6c.
 - a. Onde cyclonique ouverte
 - b. Onde cyclonique mature
 - c. Occlusion partielle

**Exercice 9. Advection de température**

- Dépend du vent, du gradient de température (variation spatiale de la température) et de l'angle entre le vecteur qui représente le vent et celui qui représente le gradient de température.

Rappel : le vecteur qui représente une quantité est perpendiculaire aux isolignes de cette quantité. Par exemple, dans le cas de l'advection de température, le vecteur gradient de température est perpendiculaire aux isothermes et dirigé des basses températures vers les hautes températures.

- L'advection est maximale quand les deux vecteurs ont la même direction, c'est-à-dire le vent est perpendiculaire aux isolignes.
 - Si les deux vecteurs ont le même sens l'advection est négative
 - Si les deux vecteurs ont des sens contraires l'advection est positive.
- Si les deux vecteurs sont perpendiculaires (c'est-à-dire, le vent est parallèle aux isolignes) l'advection est nulle.

Étudiez les situations météorologiques représentées dans la figure 3 avant de répondre aux questions suivantes.

1. Identifiez les situations où l'advection est négative
2. Identifiez les situations où l'advection est positive
3. En quel des cas l'advection négative est maximale en grandeur
4. En quel des cas l'advection négative est minimale en grandeur

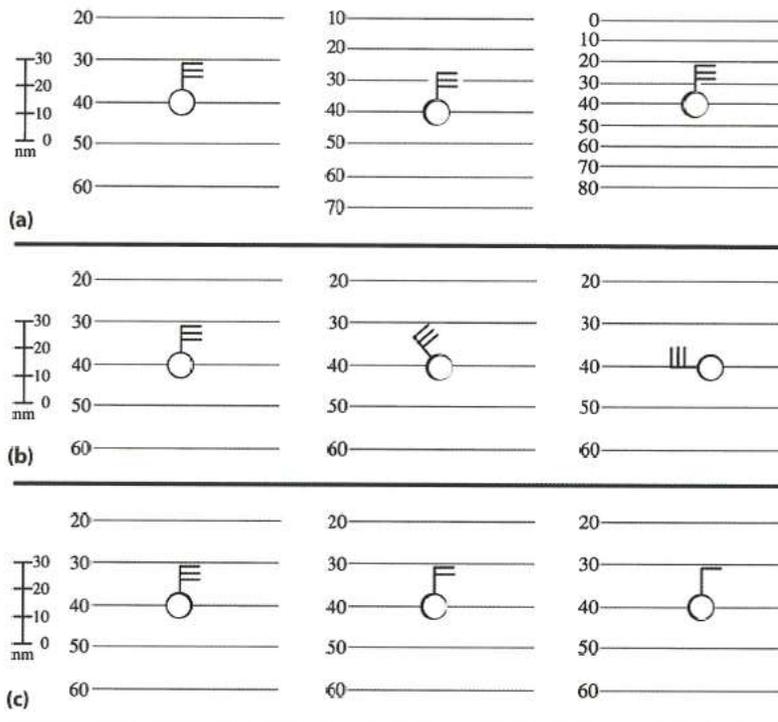
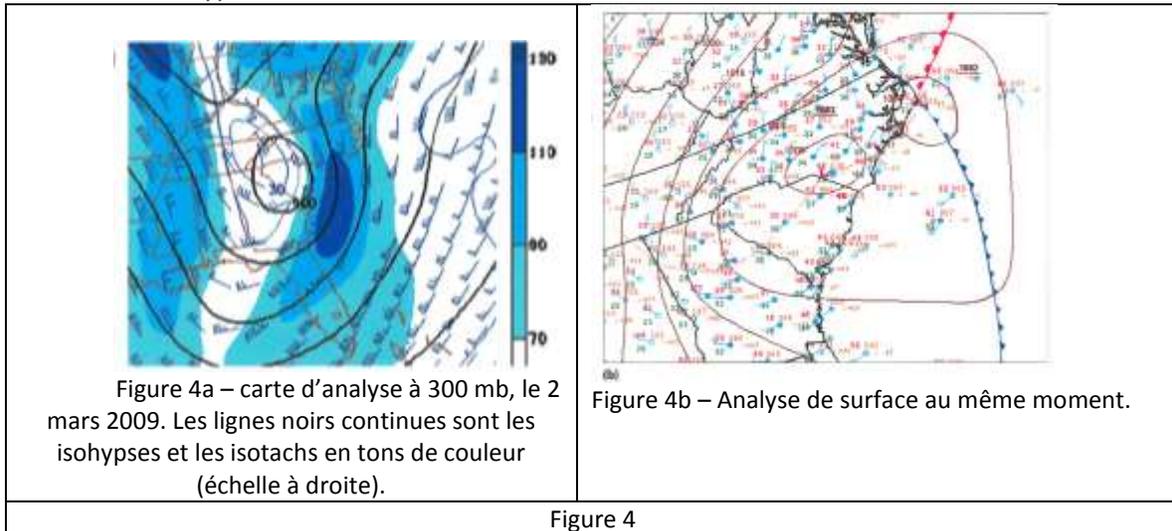


Figure 3 : La figure représente 9 situations météorologiques : (a) 3 cas - L'intensité et la direction du vent sont les mêmes, le gradient de température est variable. (b) 3 cas - Le gradient de température et l'intensité du vent sont les mêmes, la direction du vent est variable. (c) 3 cas - La direction du vent et le gradient de température sont les mêmes, l'intensité du vent est variable.

Exercice 10

La figure 4 montre les cartes de surface et de 300 mb, le 2 mars 2009. L'analyse de 300 mb montre les isohypses, les isotachs et les vents.



4. Concentrez votre attention à l'est du centre de basse hauteur à 300 mb (au-dessus de la Caroline du sud). Que représente la forme ovale en bleu foncé?
5. Est-ce que dans cette région la courbure est cyclonique ou anticyclonique?
6. Laquelle des deux dépressions (étiquetées par L) est dans une position favorable à son développement? Expliquez.

Exercice 11

La figure 5 montre une crête et un creux à 500 mb dans l'hémisphère nord. Les hauteurs sont étiquetées en mètres. À noter que les isohypses ne sont pas également espacées. Les lettres représentent la localisation d'éléments d'air se déplaçant dans le courant. Supposez que l'écoulement est parallèle aux isohypses partout. Utiliser le diagramme pour répondre aux questions qui suivent. Analyser le tourbillon associé au même patron et répondre aux questions suivantes en justifiant votre réponse. En quel des 8 points :

- a. Le tourbillon planétaire est le plus élevé?
- b. Le tourbillon de courbure et le tourbillon de cisaillement sont tous les deux positifs?
- c. Le tourbillon de courbure est négatif et le tourbillon de cisaillement est positif?
- d. Le tourbillon de courbure est nul et le tourbillon de cisaillement est négatif?
- e. Les tourbillons de courbure, de cisaillement et planétaire ont le même signe?
- f. Donnez le signe de l'advection de tourbillon relatif (courbure + cisaillement) aux points B, C, D, E, F, et G.

- g. Donnez le signe de l'advection de tourbillon planétaire ($f_c = 2\Omega \cdot \sin\varphi$) en chaque point A, B, C, D, E, F, G, H.

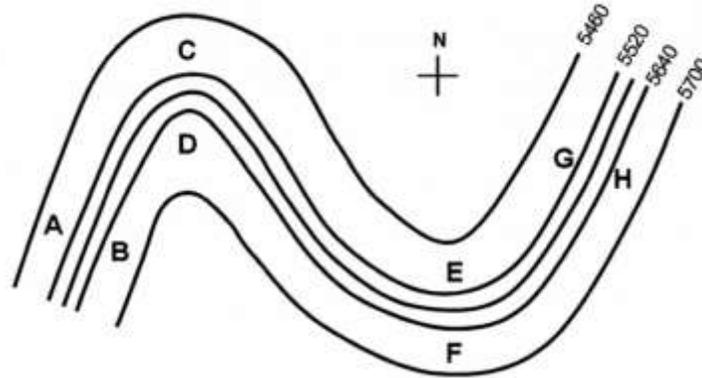


Figure 5 : représentation schématique d'une crête et d'un creux à 500 mb dans l'hémisphère nord. Les isohypses sont étiquetées en mètres. Les lettres indiquent divers points dans l'écoulement.