SCA 7043 - Météorologie synoptique

Equation thermodynamique

Le lundi 24 octobre 2016

UQÀM

Objectifs

- Les trois lois de conservation :
  1. Quantité de mouvement : $m\vec{a} = \Sigma \vec{F_a} \rightarrow$ Eqautions de $\vec{V}$
  2. Masse : $dm \,/\, dt = 0 \rightarrow$ Eqaution de la continuité
  3. <u>Energie : $dq = c_p dT - \alpha . dp$</u>
- Utiliser l'équation d'évolution locale de la température pour :
  1. Comprendre la physique responsable du changement local de la température
  2. Comprendre la stabilité verticale de l'atmosphère
  3. Analyser l'évolution locale de la stabilité verticale

Rappel

En utilisant l'équation de l'énergie, on démontre facilement :

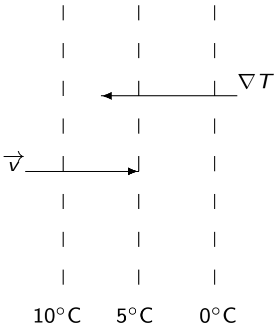
$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\underbrace{\vec{v} \cdot \nabla_h T}_{1} + \underbrace{\left(\frac{\alpha}{c_p} - \frac{\partial T}{\partial p}\right)\omega}_{2} + \underbrace{\frac{\dot{q}}{c_p}}_{3}$$

où

1. Terme d'advection de température
2. Terme adiabatique
3. Terme diabatique

Comment relier ces équations aux outils météorologiques ?

Rappel : Advection chaude de T



$$-\vec{V}\cdot\nabla_h T = -|\vec{V}||\nabla_h T|\cos\alpha$$

$$= -|\vec{V}||\nabla_h T|\cos(180^\circ)$$

$$> 0$$

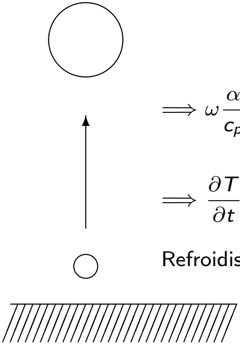
$$\Rightarrow \frac{\partial T}{\partial t} > 0$$

Remarque : L'advection de température $\Longrightarrow$ vent horizontal.

Rappel : Mouvement ascendant $\rightarrow \omega < 0$

$$\sigma_p = \left(\frac{\alpha}{c_p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) > 0$$

A. Expansion adiabatique

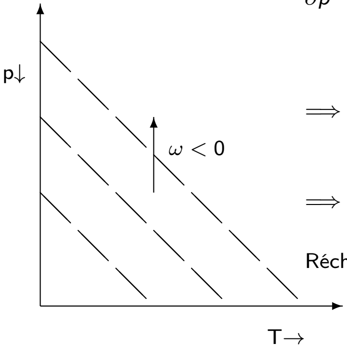


$$\Longrightarrow \omega \frac{\alpha}{c_p} < 0$$

$$\Longrightarrow \frac{\partial T}{\partial t} < 0$$

Refroidissement

B. Advection verticale de T $\rightarrow \dfrac{\partial T}{\partial p} > 0$



$$\Longrightarrow -\frac{\partial T}{\partial p}\omega > 0$$

$$\Longrightarrow \frac{\partial T}{\partial t} > 0$$

Réchauffement

Dépression sur le Nord Est de l'Amérique du Nord

Analyse du changement de température causé par le terme 1 et 2 dans la région du Québec

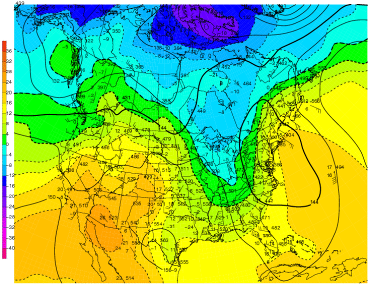
- 00 UTC 22 Oct 2016
- 00 UTC 23 Oct 2016

Outils :

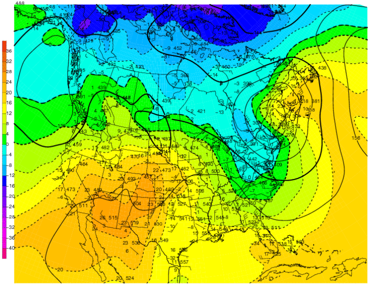
- Terme 1 : Carte à 850 hPa
- Terme 2 : Skew-T
- Terme 3 : Négligé

Carte à 850 hPa

Analyse du changement de température causé par le terme 1 dans la région du Québec - Carte à 850 hPa



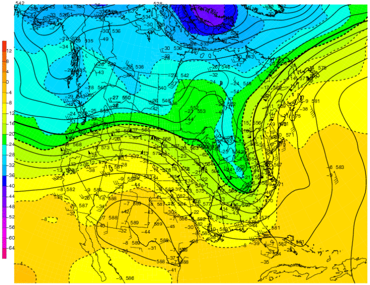
850 hPa temp./geop.h plot/161022/0000 http://meteocentre.com/



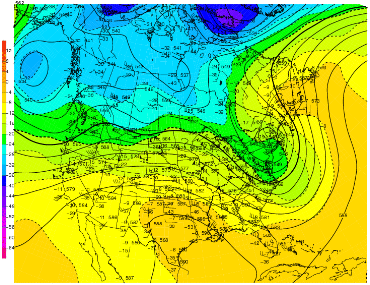
850 hPa temp./geop.h plot/161023/0000 http://meteocentre.com/

Carte à 500 hPa

Analyse du changement de température causé par le terme 1 dans la région du Québec - Carte à 500 hPa



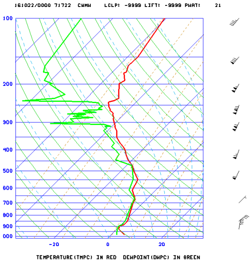
500 hPa temp./geop.h plot/161022/0000 http://meteocentre.com/

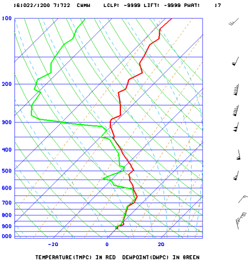


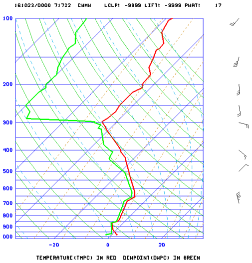
500 hPa temp./geop.h plot/161023/0000 http://meteocentre.com/

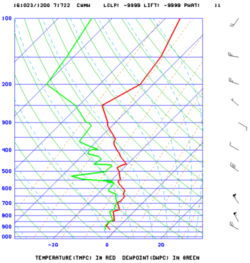
SKEW-T a MANIWAKI, QC

Analyse du changement de température causé par le terme 2









Dépression sur la côte est américaine

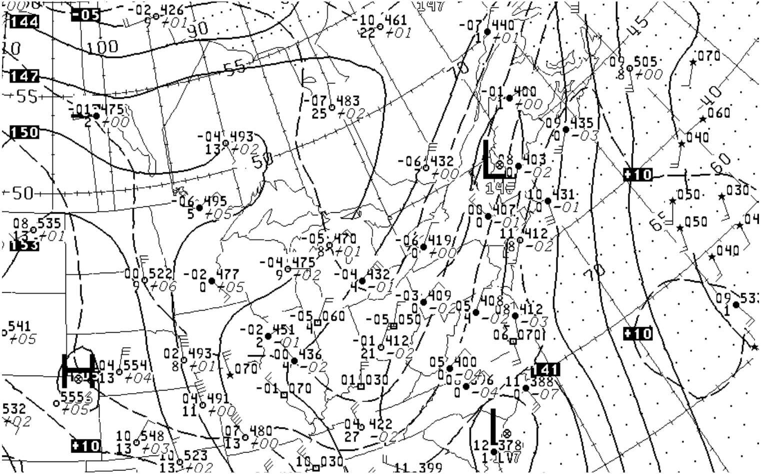
Analyse du changement de température causé par le terme 1 et 2 dans la région de New York City à

- 1200 UTC 22 avril 2012
- 0000 UTC 23 avril 2012

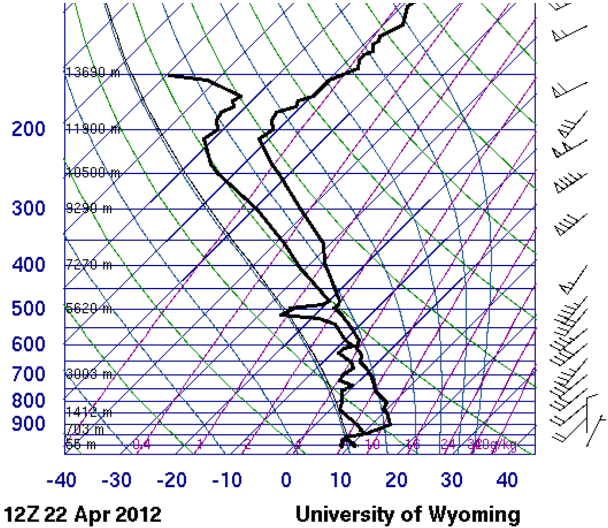
Outils :

- Terme 1 : Carte à 850 hPa
- Terme 2 : Skew-T
- Terme 3 : Négligé

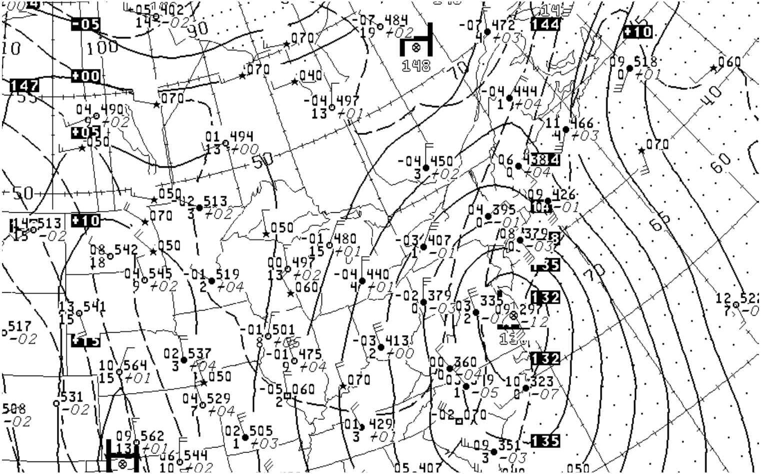
1200 UTC 22 Avril 2012 - Carte à 850 hPa



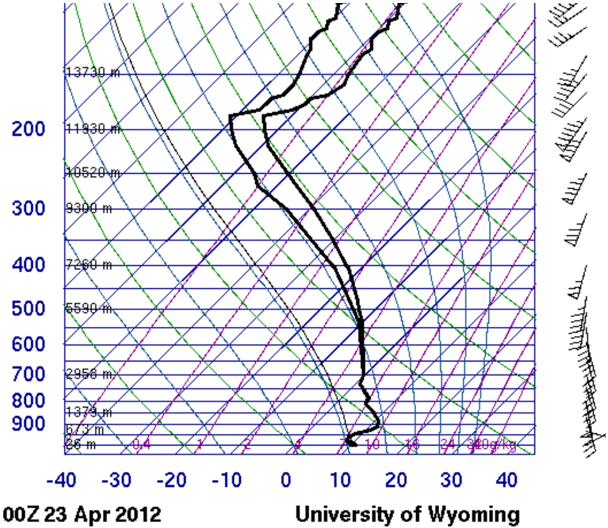
1200 UTC 22 Avril 2012 - 72501 OKX Upton - SkewT



1200 UTC 22 Avril 2012 - Carte à 850 hPa



1200 UTC 22 Avril 2012 - 72501 OKX Upton - SkewT



0000 UTC 1200 UTC

Terme 1

Terme 2

- Quelle est le signe de ω si la température serait restée constante ?
- On remarque que la couche d'air autour de 850 hPa est devenue moins stable. Pourquoi ?

La Stabilité Statique de l'air

On étudie la stablité à partir de la température potentielle θ

$$\theta = T\left(\frac{P_0}{P}\right)^{R/C_p}$$

En combinant cette équation et celle des gaz parfaits, on démontre que :

$$\frac{\partial \theta}{\partial p} = \theta/T\left(\frac{\partial T}{\partial p} - \frac{\alpha}{c_p}\right)$$

Le stabilité se résume assez souvent à étudier le signe de $\left(\frac{\partial \theta}{\partial p}\right) \equiv -\left(\frac{\partial \theta}{\partial z}\right)$:

1. Stabilité absolue si $\left(\frac{\partial \theta}{\partial p}\right) < 0$
2. Instabilité absolue si $\left(\frac{\partial \theta}{\partial p}\right) > 0$
3. Stabilité conditionnelle si $\left(\frac{\partial \theta}{\partial p}\right) = 0$

La stabilité Statique

Quelle est la stabilité moyenne de l'atmosphère : Examiner le Signe de $\frac{\partial \theta}{\partial p} = \theta / T \left(\frac{\partial T}{\partial p} - \frac{\alpha}{c_p} \right)$

La stabilité Statique

Sur un Skew-T comment trouve t-on rapidement la stabilité des couches ?

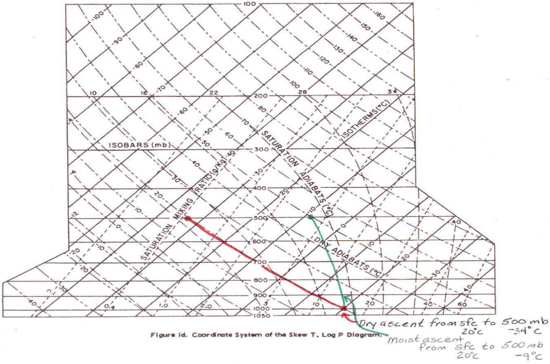
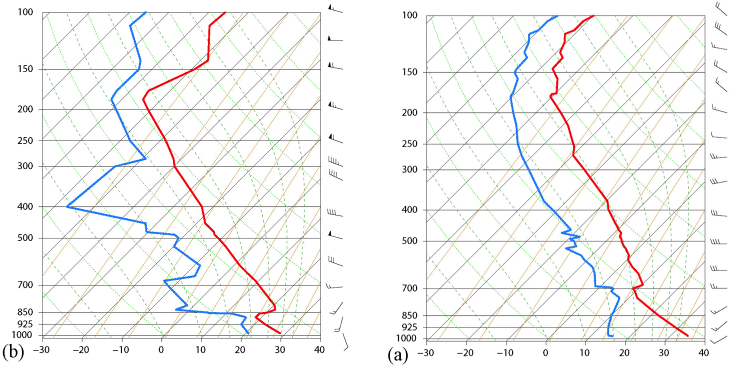


Figure Id. Coordinate System of the Skew T, Log P Diagram.

Méthode simple : Pour chaque couche, Analyser la pente de la courbe d'état par rapport à celle de l'adiabatique sèche et celle de la pseudo-adiabatique

La stabilité Statique

Analyser/comparer la stabilité des deux atmosphères ci-dessous :



Reconnaitre entre autre :

1. Les inversions thermique
2. La hauteur de la PBL
3. Le cisaillement

Rappel : Changement de stabilité d'une couche d'air

En considérant un écoulement adiabatique $\left(\frac{d\theta}{dt} = 0\right)$ à l'échelle synoptique, c-a-d : $\frac{\partial\theta}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla\theta = 0$, on montre que le changement de stabilité dans une couche d'air s'écrit :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\theta}{\partial p}\right) = \underbrace{-\frac{\partial\overrightarrow{V_h}}{\partial p} \cdot \nabla\theta}_{1} + \underbrace{\nabla \cdot \overrightarrow{V_h}\left(\frac{\partial\theta}{\partial p}\right)}_{2}$$

Étant donné que généralement sur l'échelle synoptique $\frac{\partial\theta}{\partial p} < 0$:

- $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\theta}{\partial p}\right) > 0$: indique que la couche d'air se déstabilise (la variation de température verticale se rapproche de Γ_d)
- $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\theta}{\partial p}\right) < 0$: indique que la couche d'air se stabilise (la variation de température verticale s'éloigne de Γ_d)

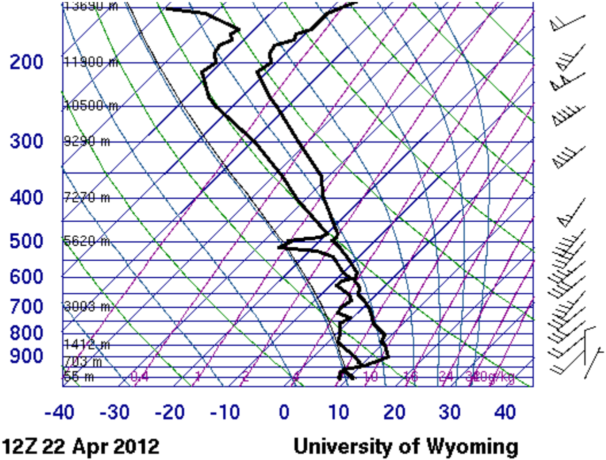
Rappel : Changement de stabilité d'une couche d'air

En considérant un écoulement adiabatique $\left(\frac{d\theta}{dt} = 0\right)$ à l'échelle synoptique, c-a-d : $\frac{\partial\theta}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla\theta = 0$, on montre que le changement de stabilité dans une couche d'air s'écrit :

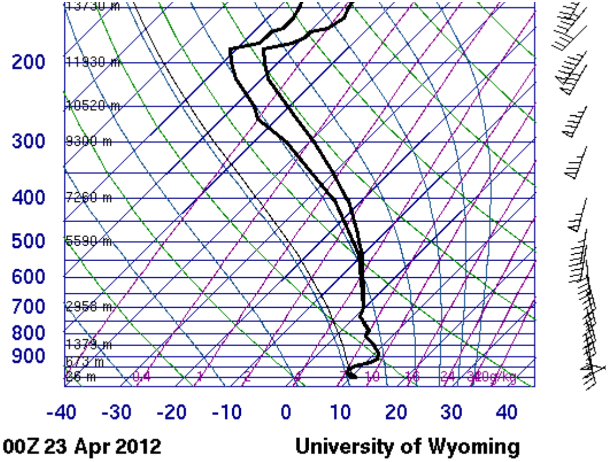
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\theta}{\partial p}\right) = \underbrace{-\frac{\partial\overrightarrow{V_h}}{\partial p} \cdot \nabla\theta}_{1} + \underbrace{\nabla \cdot \overrightarrow{V_h}\left(\frac{\partial\theta}{\partial p}\right)}_{2}$$

1. Advection de la température potentielle par le vent thermique
2. Divergence du vent horizontal

SkewT - 1200 UTC 22 Avril 2012 - 72501 OKX Upton



SkewT - 0000 UTC 23 Avril 2012 - 72501 OKX Upton



Lien entre les équations

- Convergence horizontale :

- Mouvement vertical vers le haut :