SCA 7043 - Météorologie synoptique

Équation du tourbillon à l'échelle synoptique

Le Mardi 01 novembre 2016

UQÀM

Équation du tourbillon sur l'échelle synoptique

Ainsi, à l'échelle synoptique, l'équation du tourbillon :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + u\frac{\partial \zeta}{\partial x} + v\frac{\partial \zeta}{\partial y} + v\frac{\partial f}{\partial y} = -(\zeta + f)\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right)$$

En terme du tourbillon absolu, $\eta = \zeta + f$, :

$$\frac{d\eta}{dt} = -\eta\delta$$

Interprétation :

- Point de vue Lagrangien : amplification des systèmes météo
- Point de vue Eulérien : propagation des systèmes météo

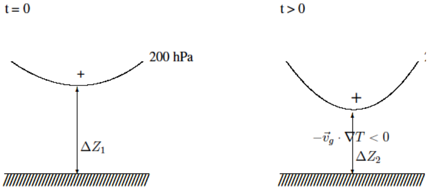
Quel est le mécanisme responsable de l'amplification d'un creux en altitude ?

L'amplification d'un creux en altitude implique que $\frac{d\zeta}{dt} > 0$ Rappel : $\frac{d(\zeta + f)}{dt} = -\delta\zeta$

Dans l'axe d'un creux : $\frac{df}{dt} = 0$ car v = 0 $\frac{d\zeta}{dt} = -\delta\zeta > 0 \equiv \delta < 0$ car $\zeta > 0$

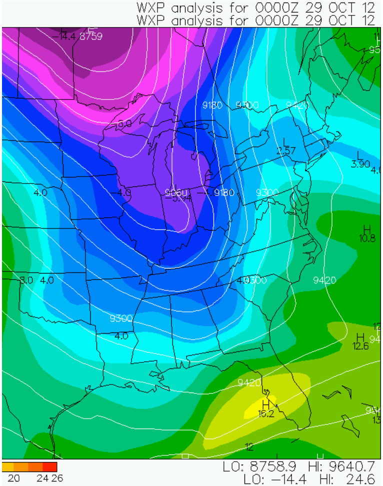
D'après l'équation de continuité : $\frac{\partial\omega}{\partial p} = -\delta$

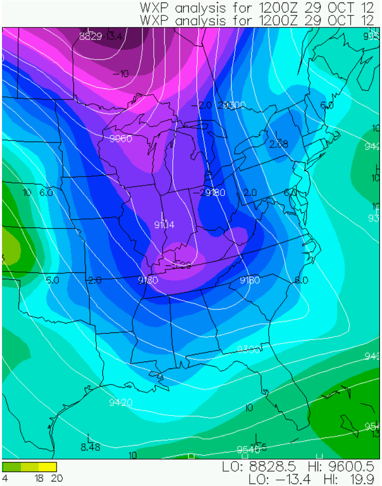
$\omega_{top} = 0$ et $\delta < 0 \rightarrow \omega > 0$ [réchauffement adiabatique]
D'après l'équation thermodynamique : $\omega > 0 \rightarrow -\vec{v} \cdot \nabla$ T < 0



Quel est le mécanisme responsable de l'amplification d'un creux en altitude ?

Z à 300 hPa et T à 850 hPa





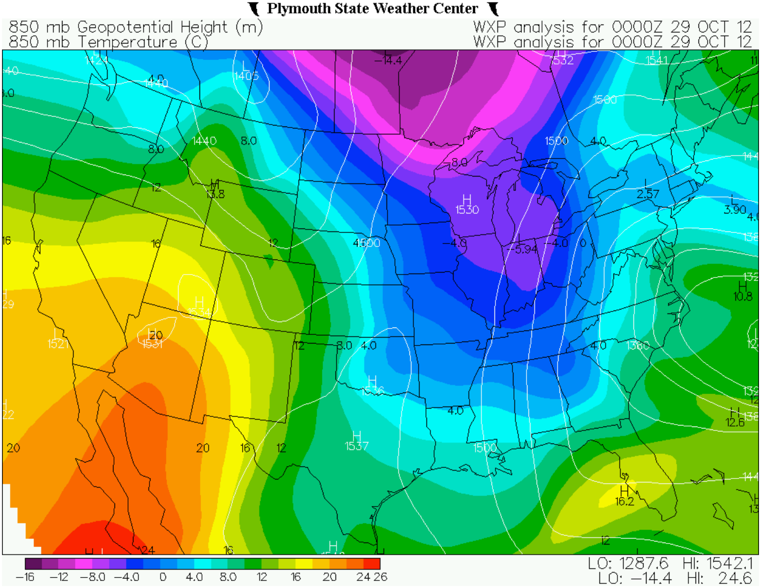
Hypothèse

Pour l'analyse, $\dfrac{d\zeta}{dt} = -\eta\delta$ car dans l'axe d'un creux v=0 donc, $\dfrac{df}{dt} = 0$:

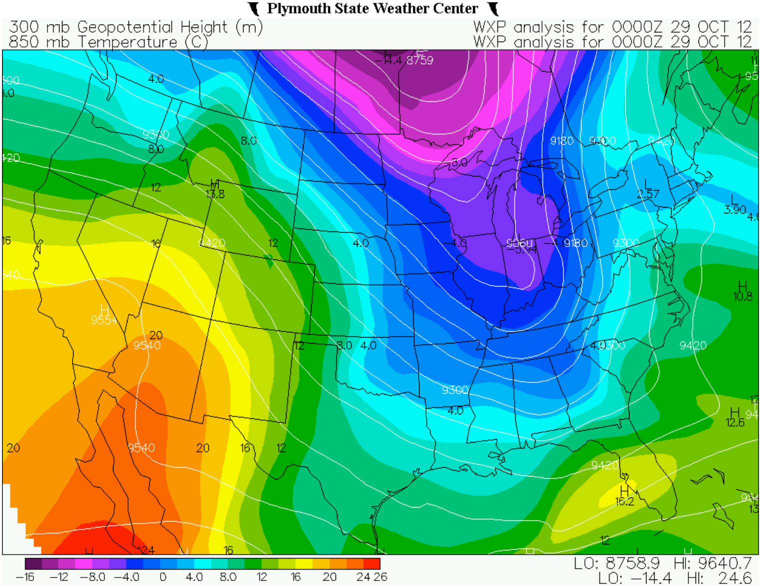
- L'amplification d'un creux est associée avec de la convergence en altitude : $\dfrac{d\zeta}{dt} > 0 \rightarrow \delta < 0$
- La convergence en altitude est reliée au mouvement vertical de l'air : $\delta < 0 \rightarrow \dfrac{\partial\omega}{\partial p} > 0 \rightarrow \omega > 0$
- Un mouvement vertical vers le bas associé avec l'advection de T froide : $\omega > 0 \rightarrow -\overrightarrow{v} \cdot \nabla T < 0$

Analyse :

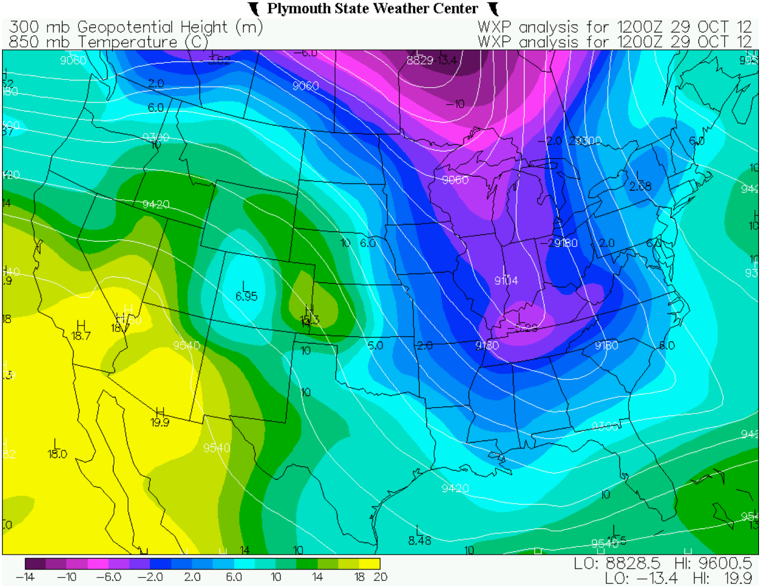
Advection de T



Comparer avec l'axe du creux



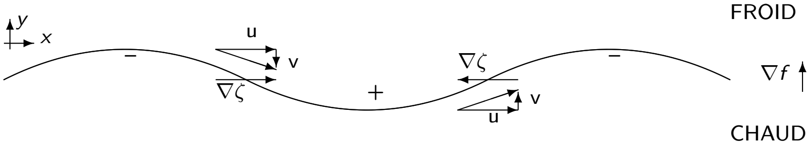
Creux 12 h plus tard



Conclusions

Propagation des creux/crêtes à 500 hPa

à p=500 hPa, $\delta \sim 0 \Longrightarrow \dfrac{d\eta}{dt} = 0 \Longrightarrow \dfrac{\partial \zeta}{\partial t} = -\overrightarrow{v} \cdot \nabla(\zeta + f)$:



1. Adv du tourbillon relatif : -$\vec{v} \cdot \nabla\zeta \rightarrow$ généralement selon x

$$
\begin{array}{c|c}
\text{u} > 0 \text{ and } \dfrac{\partial \zeta}{\partial x} > 0 & \text{u} > 0 \text{ and } \dfrac{\partial \zeta}{\partial x} < 0 \\
-u\dfrac{\partial \zeta}{\partial x} < 0 \rightarrow \dfrac{\partial \zeta}{\partial t} < 0 & -u\dfrac{\partial \zeta}{\partial x} > 0 \rightarrow \dfrac{\partial \zeta}{\partial t} > 0
\end{array}
$$

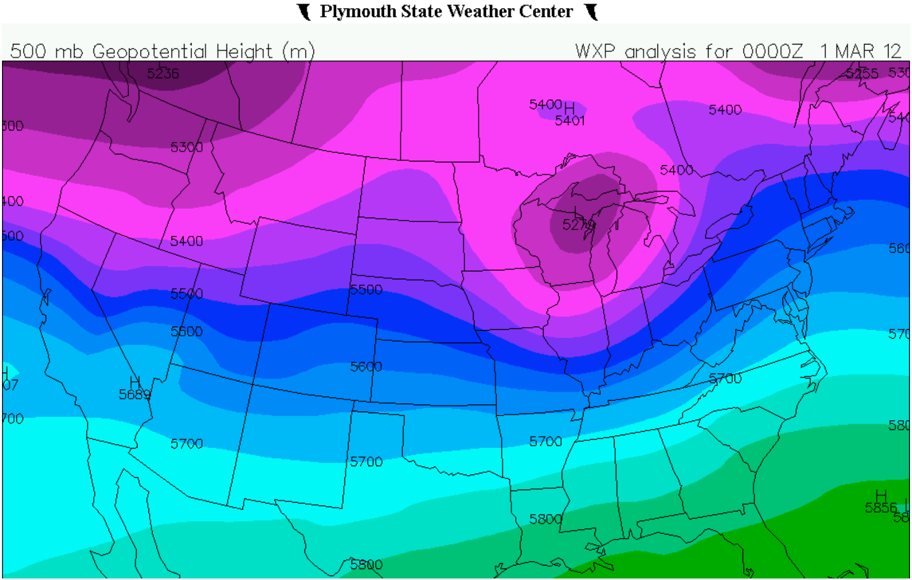
2. Adv du tourbillon planétaire : -$\vec{v} \cdot \nabla f \rightarrow$ toujours selon y

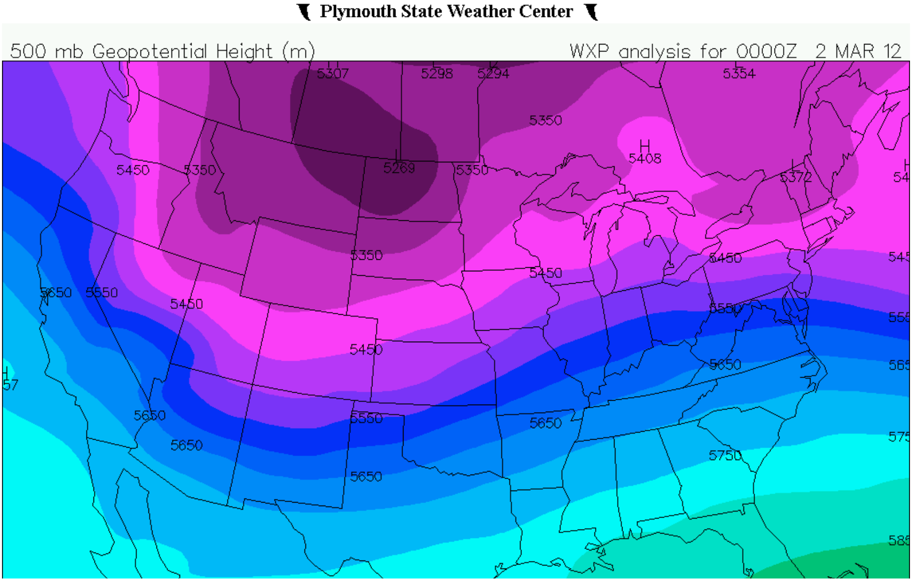
$$
\begin{array}{c|c}
\text{v} < 0 \text{ and } \dfrac{\partial f}{\partial y} > 0 & \text{v} > 0 \text{ and } \dfrac{\partial f}{\partial y} > 0 \\
-v\dfrac{\partial f}{\partial y} > 0 \rightarrow \dfrac{\partial \zeta}{\partial t} > 0 & -v\dfrac{\partial f}{\partial y} < 0 \rightarrow \dfrac{\partial \zeta}{\partial t} < 0
\end{array}
$$

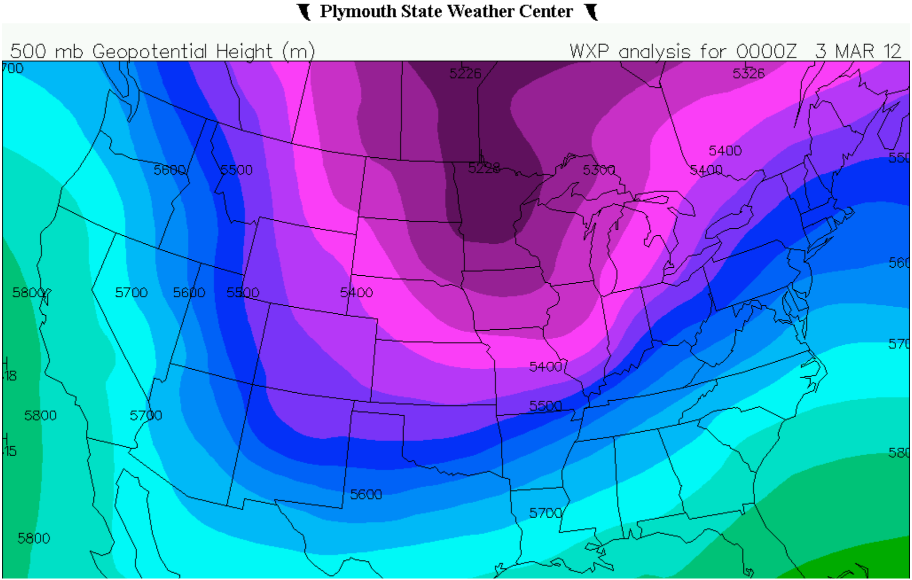
En combien de temps un creux traverse le continent Nord-Américain ?

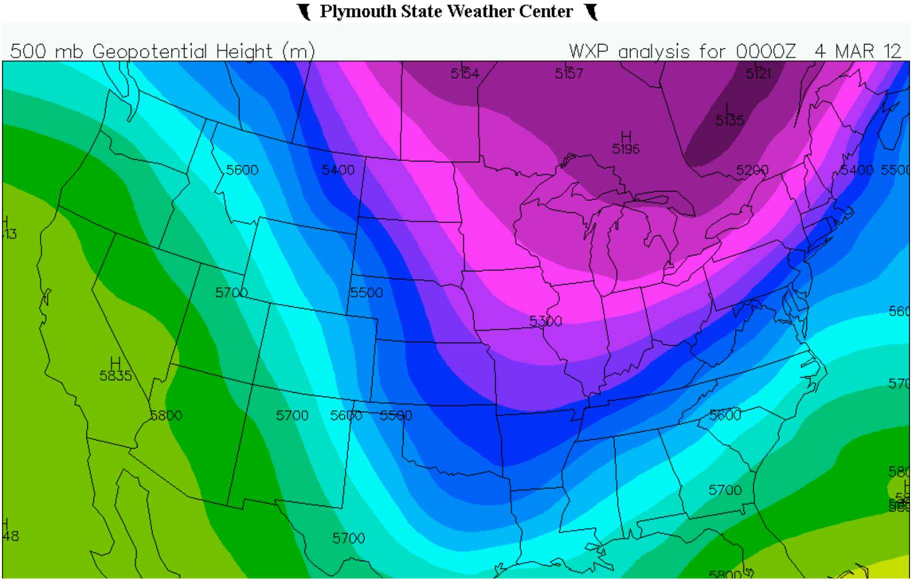
Hypothèse :

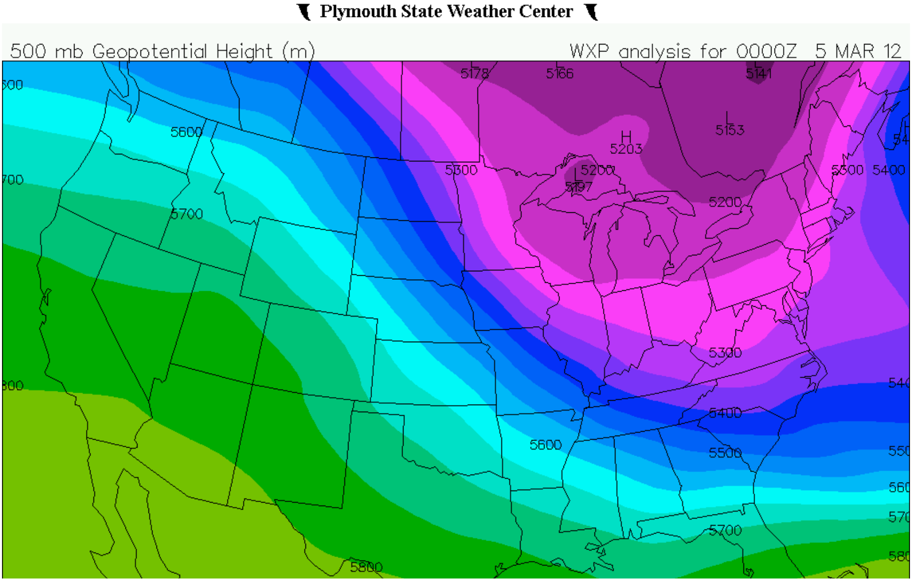
Analyse :


Plymouth State Weather Center
500 mb Geopotential Height (m)
WXP analysis for 0000Z 1 MAR 12
5236
5400 H
5401
5400
5300
5400
5400
5279
5500
5500
5600
5600
5689
5700
5700
5700
5700
5800
5800
5856


Plymouth State Weather Center
500 mb Geopotential Height (m)
WXP analysis for 0000Z 2 MAR 12
5307
5298
5294
5354
5350
5408
5450
5350
5269
5350
5372
5350
5450
5450
5650
5550
5450
5550
5450
5650
5650
5550
5650
5650
5750
5650


Plymouth State Weather Center
500 mb Geopotential Height (m)
WXP analysis for 0000Z 3 MAR 12
5226
5326
5228
5300
5400
5400
5600
5500
5800
5700
5600
5500
5400
5400
5500
5800
5700
5600
5700
5800
550
560
570
580


Plymouth State Weather Center
500 mb Geopotential Height (m)
WXP analysis for 0000Z 4 MAR 12
5154
5157
5121
5135
H
5196
5600
5400
5200
5400
5700
5500
5300
H
5835
5800
5700
5600
5500
5600
5700
5700
5800


Plymouth State Weather Center
500 mb Geopotential Height (m)
WXP analysis for 0000Z 5 MAR 12
5178
5166
5141
5153
5203
5200
5197
5300
5200
5300 5400
5600
5700
5300
5400
5600
5500
5700
5800

Conclusions

Pour un système météo se déplaçant vers l'est, l'advection du tourbillon planétaire agit dans le sens opposé à l'advection du tourbillon relatif. C'est pour cette raison qu'un creux prend 4-5 jours pour traverser le continent au lieu de 2 jours.

Résumé

- L'amplification des systèmes météo est reliée à $\dfrac{d\zeta}{dt} = -\eta\delta$

- La propagation des systèmes météo est reliée à $\dfrac{\partial\zeta}{\partial t} = -\vec{v} \cdot \nabla(\zeta + f)$

Tourbillon potentiel

Suppositions :

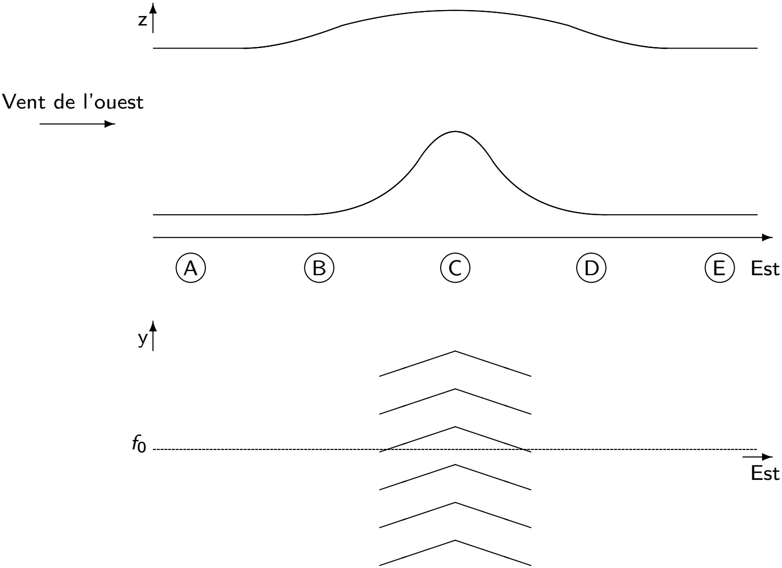
- Homogàne : $\rho =$ constante (incompressible). Donc, le terme de solénoïde est négligeable.
- Hydrostatique : u et v ne dépendent pas de z initialement et ne changent pas dans le temps. Donc, le terme de basculement de l'équation du tourbillon est négligable.
- Frottement négligeable.

L'équation du tourbillon est ainsi réduite à :

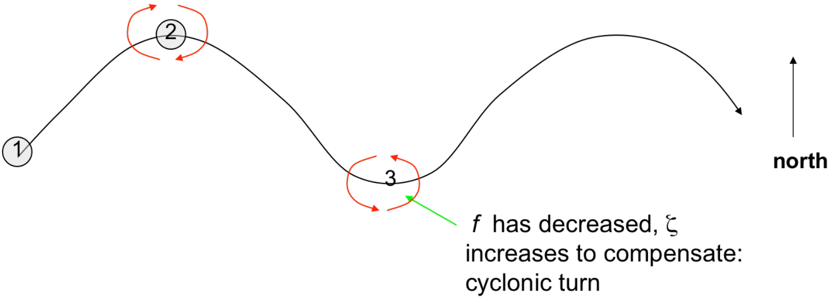
$$\frac{d}{dt}(\zeta + f) = -(\zeta + f)\delta$$

Après manipulation, le tourbillon potentiel est

$$\frac{(\zeta + f)}{H} = \text{constante}$$


z
Vent de l'ouest
A
B
C
D
E
Est
y
f_0
Est

Basse pression du coté à l'abri des montagnes



Basse pression du coté à l'abri des montagnes