

SCA 7043 - Météorologie synoptique

# Propagation de systèmes météorologiques

Le Mardi 22 novembre 2016



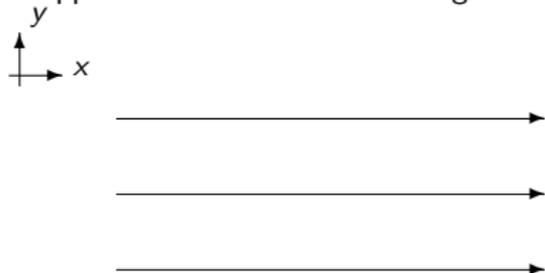
# Résumé

	Intensité	Propagation
Altitude (QG- $\chi$ )	$-\frac{\partial}{\partial p}[-\vec{v}_g \cdot \nabla T]$	$-\vec{v}_g \cdot \nabla(\zeta_g + f)$
Surface (QG- $\omega$ )	$-\frac{\partial}{\partial p}[-\vec{v}_g \cdot \nabla(\zeta_g + f)]$	$-\nabla^2[-\vec{v}_g \cdot \nabla T]$

## Formation et propagation des creux/crêtes en altitude

Afin d'expliquer la formation des systèmes en altitude, on suppose un écoulement de fond et une perturbation (montagnes, dépression, ...) :

- Supposons un écoulement rectiligne en altitude (écoulement de fond) :

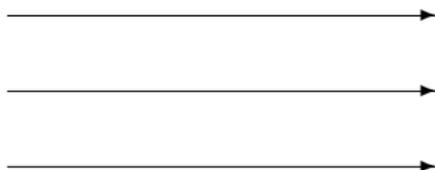


Il n'y a pas de formation et de propagation des systèmes en altitude.

## Formation et propagation des creux/crêtes en altitude

Afin d'expliquer la formation des systèmes en altitude, on suppose un écoulement de fond et une perturbation (montagnes, dépression, ...) :

- Supposons un écoulement rectiligne en altitude (écoulement de fond) :



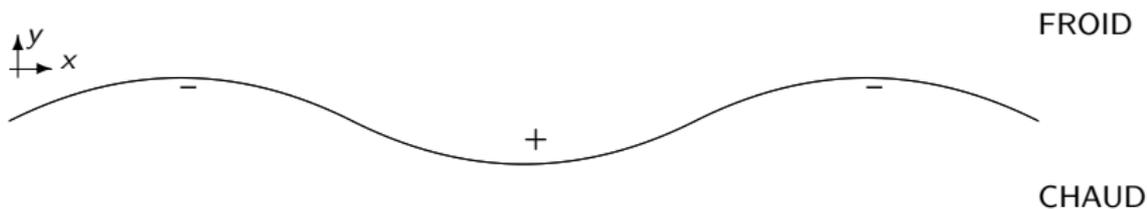
$$-\vec{v}_g \cdot \nabla \eta = 0$$

$$\implies \nabla \zeta_g = 0 \text{ pas de courbure des } \Phi$$

$$\implies v_g = 0 \text{ pas d'advection de } f$$

Il n'y a pas de formation et de propagation des systèmes en altitude.

- Si cet écoulement est perturbé (ex : une chaîne de montagne), une courbure se forme. On obtient éventuellement des creux et des crêtes :



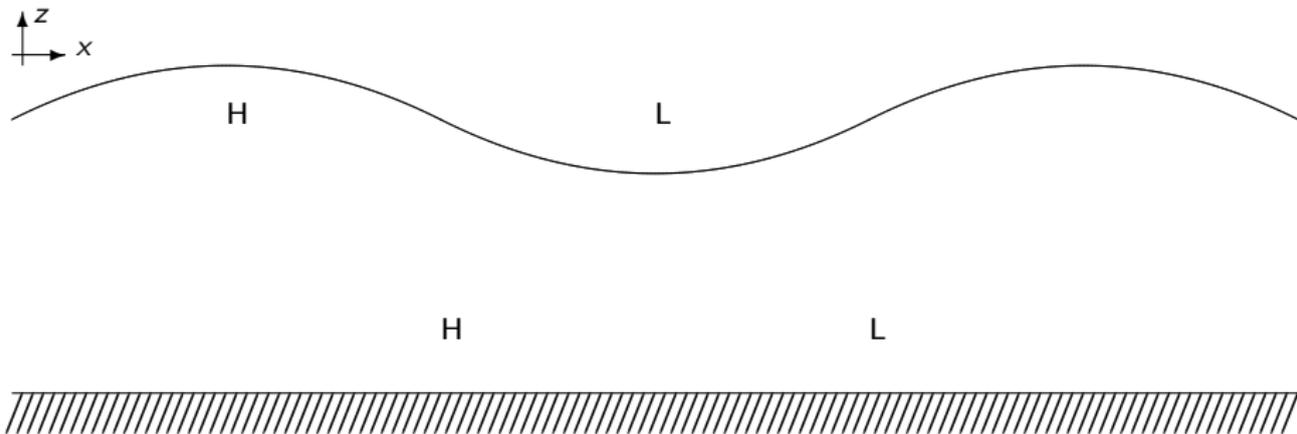
- Ce train d'onde peut maintenant se propager :

A. Un vent qui vient de l'ouest

- ★ Pour une onde courte ( $< 3000$  km), les systèmes météo se propagent vers l'est.
- ★ Pour une onde longue ( $> 10000$  km), les systèmes météo se propagent vers l'ouest. [Généralement stationnaire]

B. Un vent qui vient de l'est ?

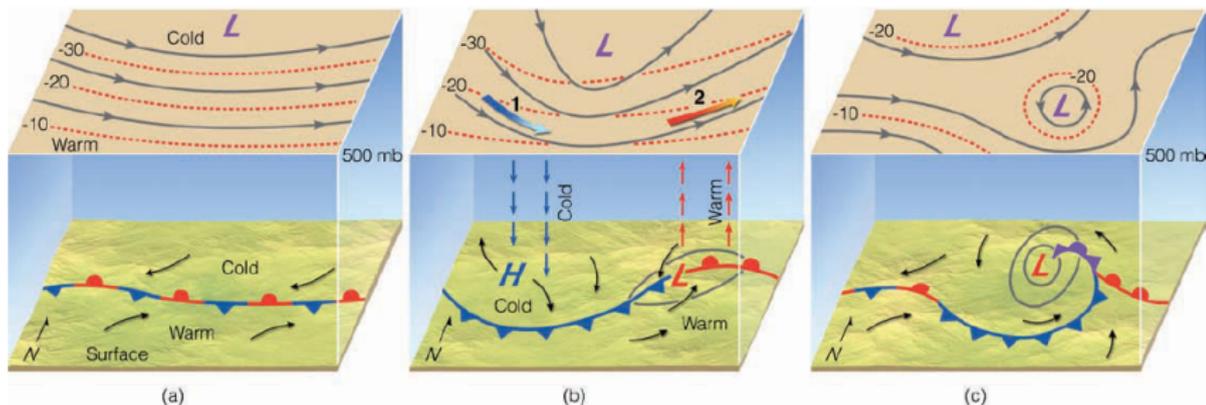
- Lorsque les systèmes météo en altitude commencent à se déplacer, l'atmosphère devient barocline aux basses altitudes. L'advection de température crée un déphasage entre les systèmes à la surface et en altitude et les amplifie (creuse le creux et construit la crête) :



Tant que le système est incliné vers l'ouest avec l'altitude, il se propagera/s'intensifiera.

# Développement d'une perturbation barocline (Ahrens, 2009)

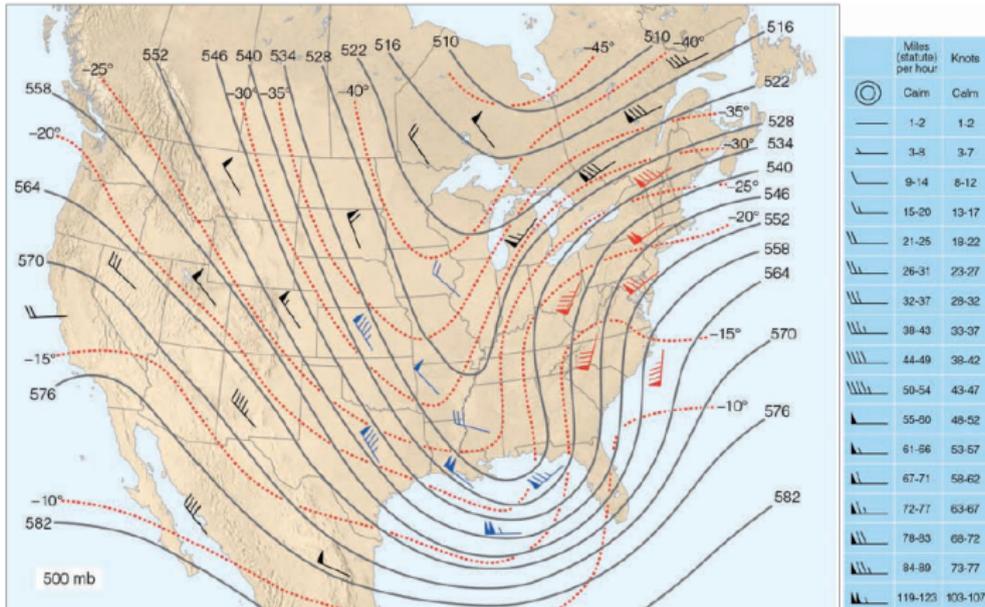
Cycle de vie :



• **FIGURE 12.10** An idealized view of the formation of a mid-latitude cyclone during baroclinic instability. (a) A longwave trough at 500 mb lies parallel to and directly above the surface stationary front. (b) A shortwave (not shown) disturbs the flow aloft, initiating temperature advection (blue arrow, cold advection; red arrow, warm advection). The upper trough intensifies and provides the necessary vertical motions (as shown by vertical arrows) for the development of the surface cyclone. (c) The surface storm occludes, and without upper level divergence to compensate for surface converging air, the storm system dissipates.

# Développement d'une perturbation barocline (Ahrens, 2009)

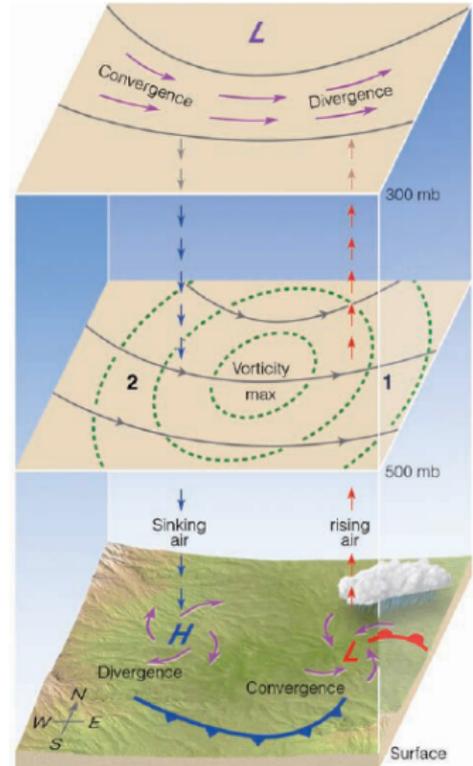
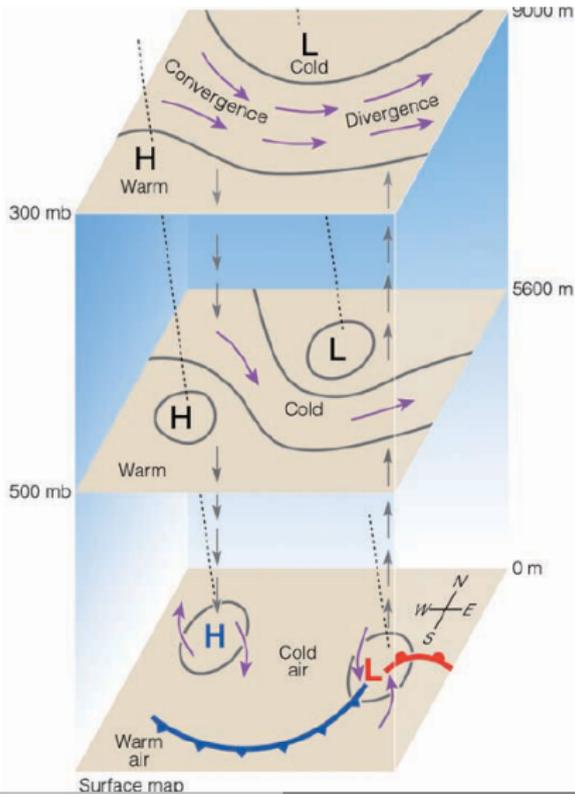
Exemple d'advection de température :



• **FIGURE 12.17** The 500-mb chart for 7 A.M. (EST) March 13, 1993. Solid lines are contours where 564 equals 5640 meters. Dashed lines are isotherms in °C. Wind entries in red show warm advection. Those in blue show cold advection. Those in black indicate no appreciable temperature advection is occurring.

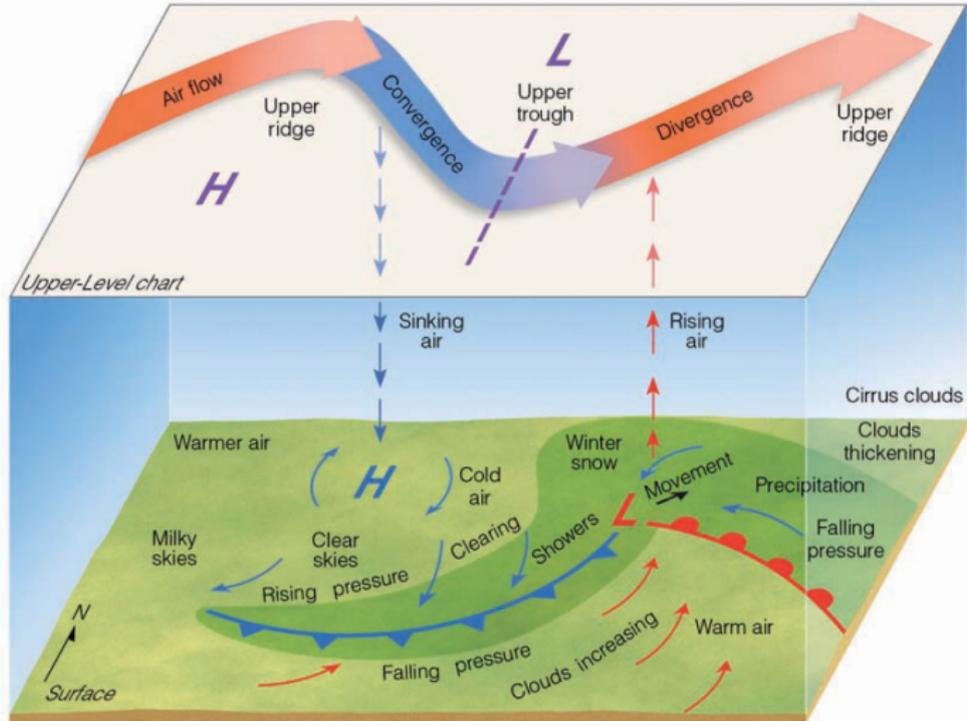
# Développement d'une perturbation barocline (Ahrens, 2009)

## Structure Verticale :

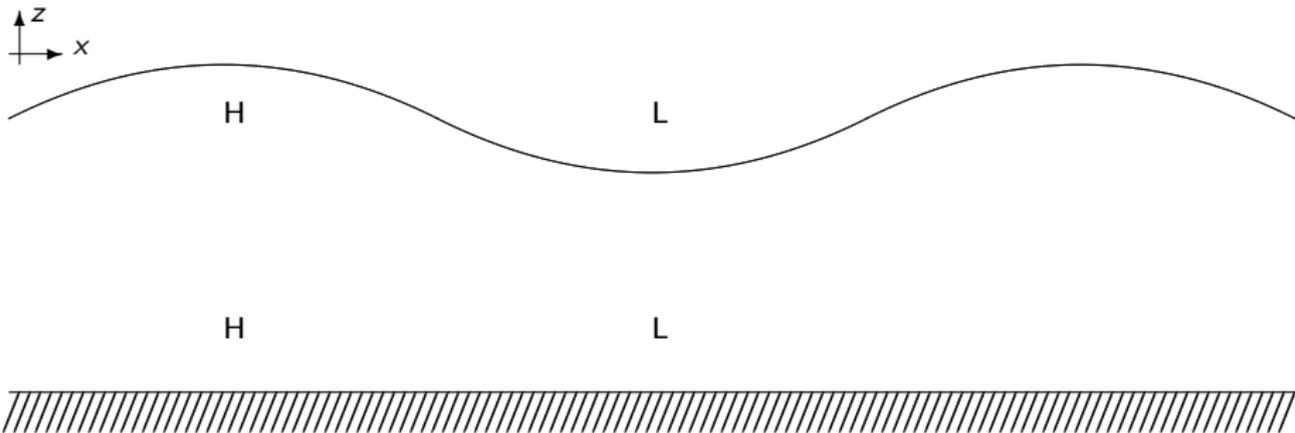


# Développement d'une perturbation barocline (Ahrens, 2009)

Le temps sensible associé au cyclone :

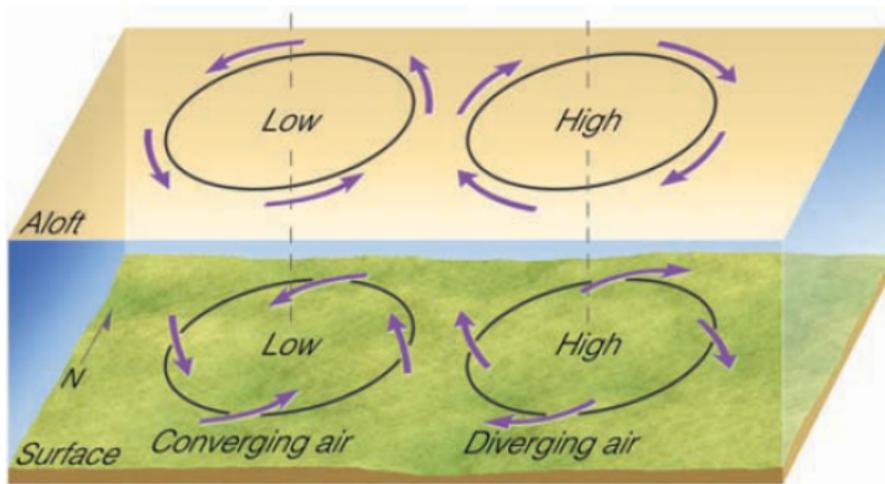


- Le système est en fin de vie (stade mature) lorsqu'il n'y a plus de déphasage avec l'altitude :



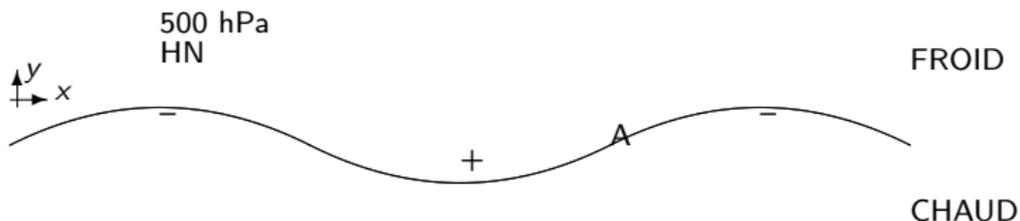
Dans ce cas, seulement le frottement permet d'arrêter la rotation, de re-créer une atmosphère barocline qui permettra au système d'évoluer    nouveau.

## Fin de vie d'une perturbation (Ahrens, 2009)

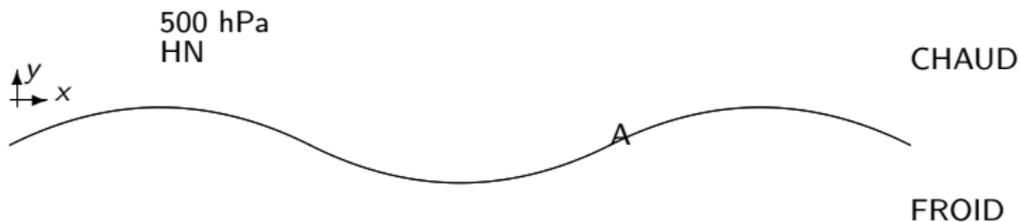


- **FIGURE 12.6** If lows and highs aloft were always directly above lows and highs at the surface, the surface systems would quickly dissipate.

**Question 1 :** Supposer une atmosphère équivalente-barotrope et adiabatique en terrain plat. Quel sera le changement des hauteurs du géopotentiel au point A ? S'il y a un changement des hauteurs du géopotentiel, quel mécanisme est responsable de ce changement d'épaisseur ? Est-ce qu'il y aura formation d'un système météo à la surface ? La distance entre le creux et la crête est de 1500 km.



**Question 2 :** Supposer une atmosphère équivalente-barotrope et adiabatique. Quel sera le changement des hauteurs du géopotentiel au point A ? S'il y a un changement des hauteurs du géopotentiel, quel mécanisme est responsable de ce changement d'épaisseur ? Quel sera le système météo à la surface formé à cet endroit ?



# Formation et propagation des L à la surface

## Les facteurs responsables de la formation de dépression à la surface :

- Les dépressions se forment dans les régions de convergence à la surface car celle-ci engendre une circulation cyclonique [équation du tourbillon].

$$\frac{\partial \zeta_g}{\partial t} = -\delta f_0$$

- De la convergence à la surface (où  $\omega_s = 0$ ) est associée à un mouvement vertical vers le haut ( $\omega < 0$ ) en terrain plat [équation de la continuité].

$$\frac{\partial \omega}{\partial p} = -\delta$$

- L'augmentation du tourbillon géostrophique est associée à une diminution des hauteurs du géopotentiel.

$$\frac{\partial \zeta_g}{\partial t} = \frac{1}{f_0} \nabla^2 \frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

## Mécanismes menant à la convergence à la surface :

$$(-\vec{v}_g \cdot \nabla \eta) \uparrow \text{ avec } z \uparrow$$

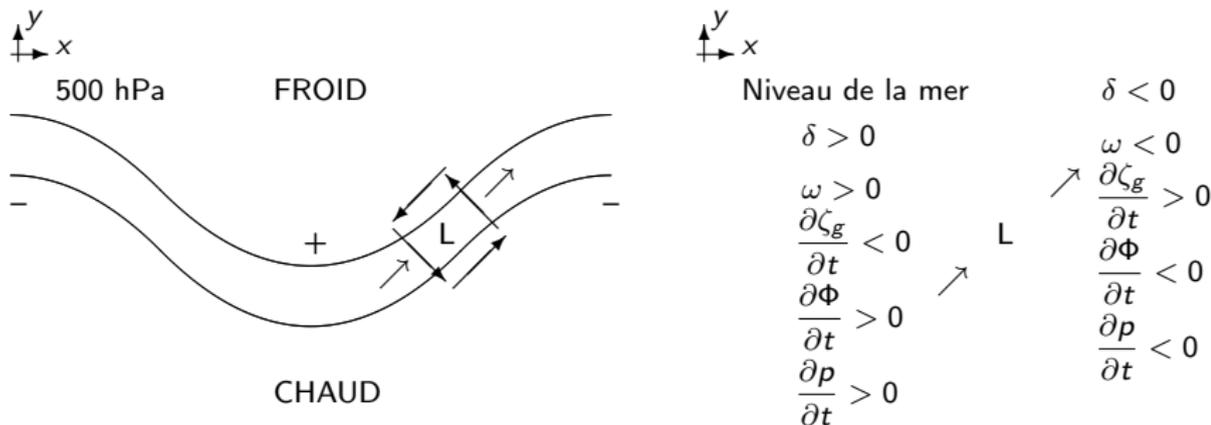
$$(-\vec{v}_g \cdot \nabla T) > 0$$

Frottement

Diabatique

# Propagation des dépressions à la surface

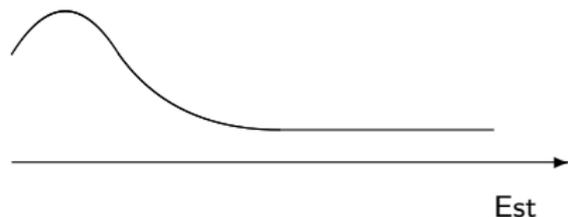
Les dépressions se déplacent vers les régions de tendance de pression négative



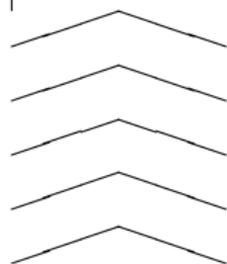
Les systèmes semblent suivre le mouvement des creux et crêtes en altitude

## Formation de L à la surface sans forçage géostrophique

$z \uparrow$



$y \uparrow$



Supposons un forçage dynamique seulement causé par les montagnes (non-géostrophique) :

$$\Rightarrow \left( \nabla^2 + \frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right) \omega_0 = 0$$

Mvt descendant  $\Rightarrow \omega_0 > 0 \Rightarrow \nabla^2 \omega_0 < 0$

$$\Rightarrow -\frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2} < 0 \Rightarrow \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2} > 0$$

D'après l'équation de continuité,

$$\Rightarrow -\frac{\partial \delta}{\partial p} > 0$$

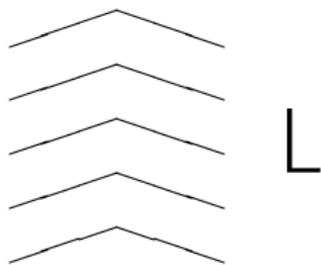
$\xrightarrow{\text{Est}}$

Vu que  $\delta \downarrow$ ,  $p \uparrow$ , il y aura convergence à la surface.

$\Rightarrow$  L à la surface

$\rightarrow$  **Quelle sera sa direction de propagation ?**

**Question 3 :** Quelle est la direction de propagation d'une dépression formée au pied des montagnes ?



**Question 4 :** Quelle est la direction de propagation d'un anticyclone formé au pied des montagnes ?



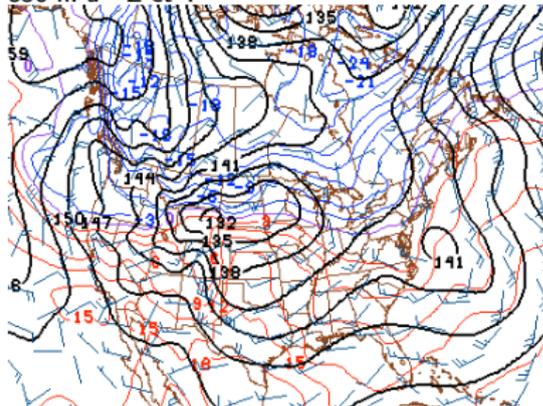
**Question 5 :** Quelle est la trajectoire idéalisée d'une dépression en Amérique du Nord ?



# Vérifions

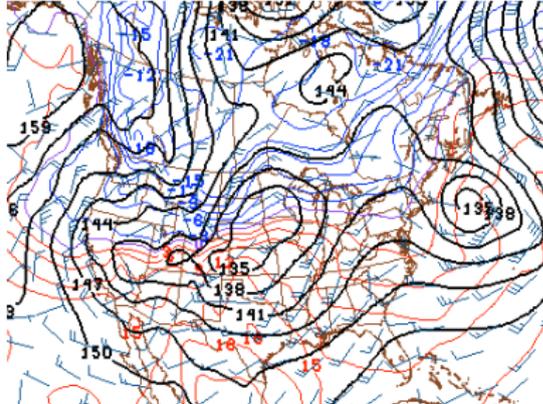
Prévision 12 hr - valide 06 UTC 3 Dec 2013

850 hPa - Z et T

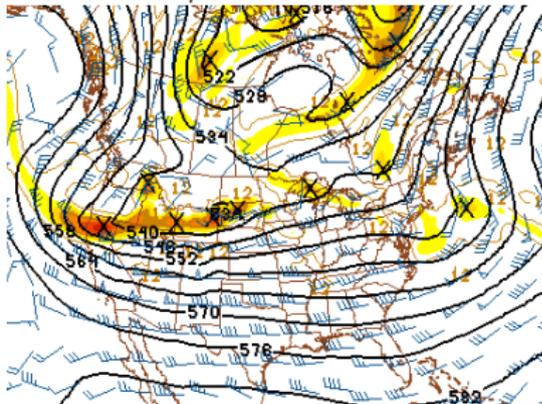


# Prévision 24 hr - valide 18 UTC 3 Dec 2013

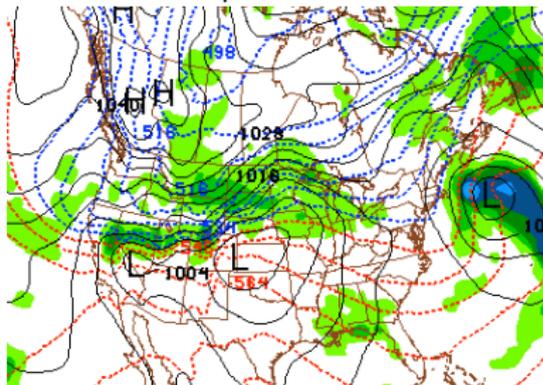
850 hPa - Z et T



500 hPa - Z et  $\eta$

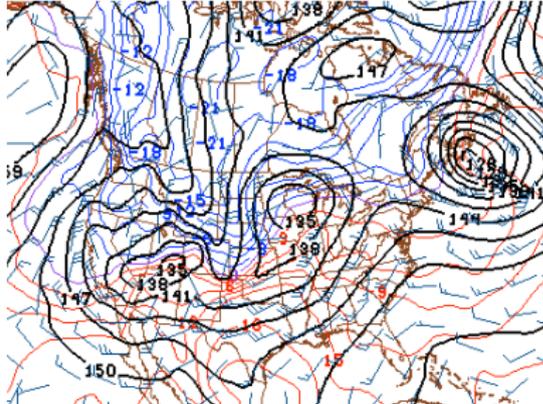


Niveau de la mer - p et  $\Delta Z$

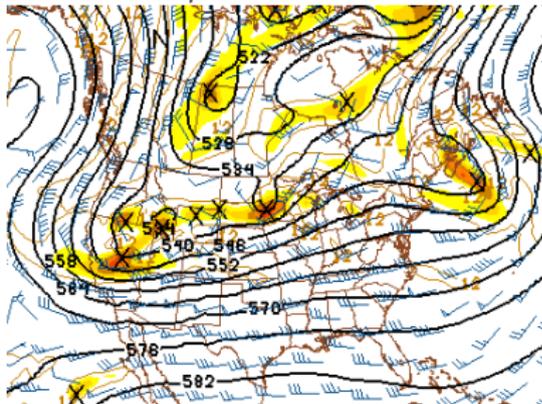


# Prévision 36 hr - valide 06 UTC 4 Dec 2013

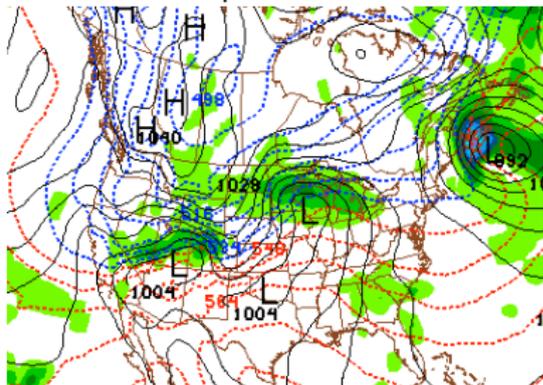
850 hPa - Z et T



500 hPa - Z et  $\eta$

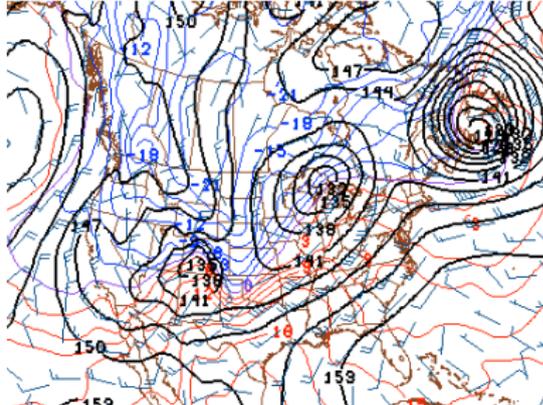


Niveau de la mer - p et  $\Delta Z$

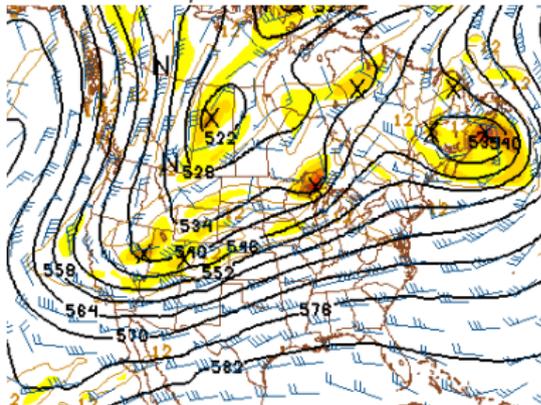


# Prévision 48 hr - valide 18 UTC 4 Dec 2013

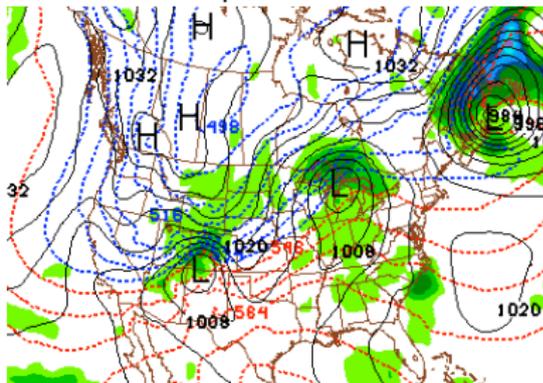
850 hPa - Z et T



500 hPa - Z et  $\eta$

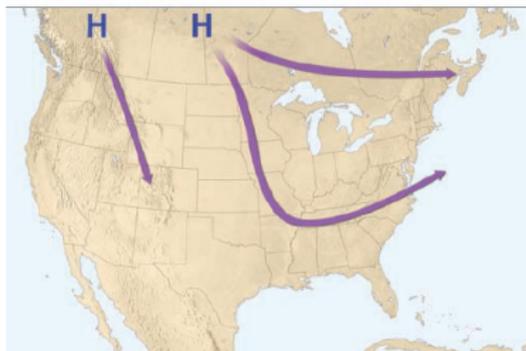
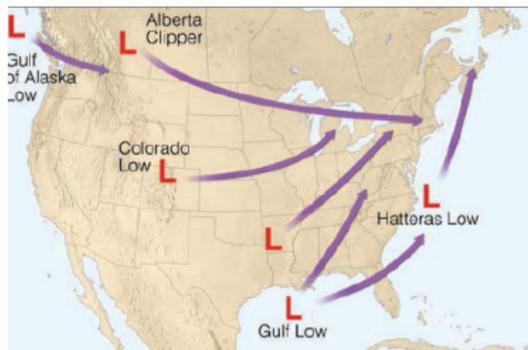


Niveau de la mer - p et  $\Delta Z$



# Conclusion

Trajectoires des cyclones et anticyclones sur l'Amérique du Nord (Ahrens, 2009)



**Question 6** : Supposons une dépression se formant sur la côte est américaine. Quels sont les mécanismes de formation en supposant aucun forçage géostrophique en altitude? Comment cette dépression influencera les géopotentiels en altitude? Quelle sera sa direction de propagation?



# Dépression sur la cote est (Ahrens, 2009)

Structure Verticale :

