



Table des matières

6. Les systèmes météorologiques aux latitudes moyennes

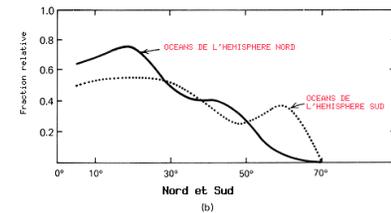
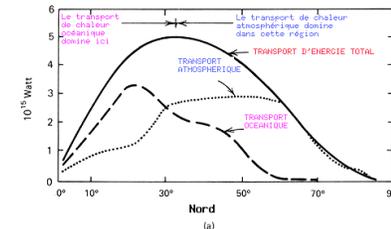
➤ Cyclogenèse

- Les différentes étapes d'une onde cyclonique
- Régions favorables à la cyclogenèse en Amérique du nord
- Écoulement en altitude
 - Le courant-jet
 - Les ondes de Rossby
 - L'advection de température à 500 hPa

Référence : Lyndon State College , Survey of Meteorology, <http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/>

Transport de chaleur océanique et atmosphérique

- Les systèmes météorologiques aux latitudes moyennes jouent un rôle important dans le transport global de chaleur.



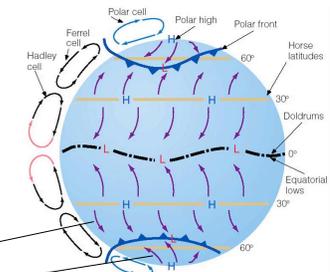
Les systèmes météorologiques aux latitudes moyennes

- Les systèmes météorologiques aux latitudes moyennes redistribuent/réduisent l'énergie dans l'atmosphère.
- Ils sont les principaux artisans de la météo.
- L'étude de ces systèmes météorologiques a vu le jour suite à un désastre maritime survenu lors de la guerre de Crimée (1854). Napoléon III demanda à l'astronome français si on aurait pu prévoir cette tempête.
- Ils ont été l'objet d'études extensives du groupe de scientifiques à Bergen, Norvège (Vilhelm et Jakob Bjerknes, Halvor Solberg, et Tor Bergeron).
- C'est dans les années 1920 que ce groupe de scientifiques développa la théorie du front polaire pour décrire la formation et l'évolution des systèmes aux latitudes moyennes.

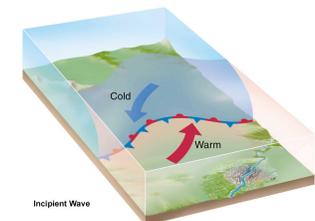
Cyclogenèse La théorie du front polaire

Une onde cyclonique (appelée fréquemment une onde frontale) se développe le long du front polaire.

- a) Nous avons vu que les masses d'air n'avaient pas un mouvement purement zonal mais que l'air chaud tend à s'écouler vers le Pole et l'air froid vers l'Equateur.



- b) La moindre perturbation (ondulation) qui se forme dans le front polaire peut représenter un cyclone en devenir.



Incipient Wave
Onde cyclonique en développement

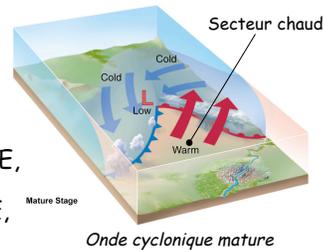
Cyclogenèse

La théorie du front polaire

- c) Il faut entre 12 et 24 heures pour qu'une onde cyclonique se développe complètement.

Elle consiste de :

- un front chaud se déplaçant vers le N-E,
- un front froid se déplaçant vers le S-E,
- une région appelée le "secteur chaud" entre le front chaud et froid,
- un centre dépressionnaire dont la pression diminue d'avantage avec le temps,
- un chevauchement d'air chaud sur le front chaud,
- l'air froid qui déferle vers le sud derrière le front froid,

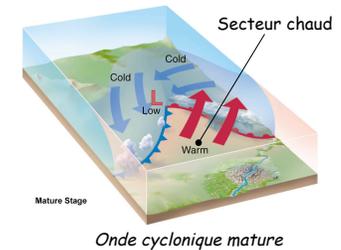


Cyclogenèse

La théorie du front polaire

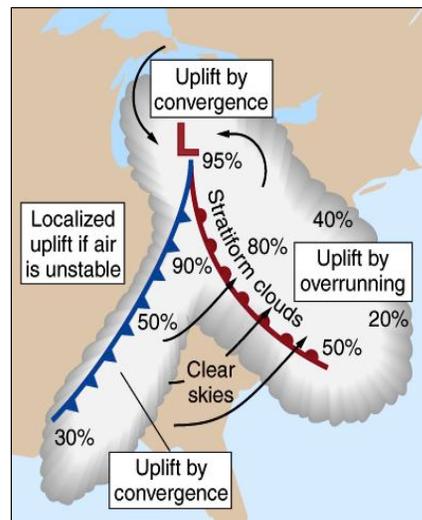
- c) Elle consiste de (suite) :

- précipitation étendue en avant du front chaud,
- une bande étroite de précipitation le long du front froid,
- la vitesse des vents qui augmente à mesure que la pression centrale diminue (l'énergie potentielle disponible se transforme en énergie cinétique) et
- la formation du nuage et de la précipitation qui génère aussi de l'énergie pour la tempête à mesure que la chaleur latente est dégagée.



Onde cyclonique mature

- Les régions ombragées indiquent la présence d'un couvert nuageux et les raisons du soulèvement de l'air.
- Les chiffres donnent une probabilité approximative de précipitation.

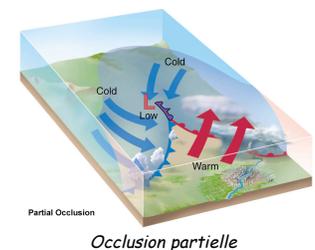


Cyclogenèse

La théorie du front polaire

- d) Puisque le front froid se déplace rapidement vers l'est, le système commence à se refermer.

- C'est à ce moment que la dépression est dans la phase la plus intense.
- Un front occlus s'étire en surface à partir du centre de la dépression.
- On appelle "**point triple d'occlusion**" l'endroit où le front occlus rencontre les fronts froid et chaud.

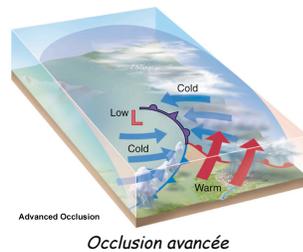


Cyclogenèse

La théorie du front polaire

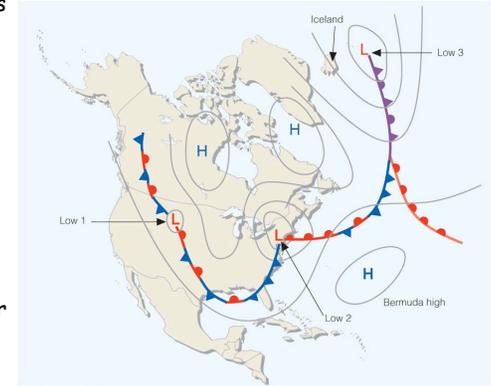
e) Le secteur chaud se contracte à mesure que le système se ferme.

- La dépression a utilisé la majeure partie de l'énergie disponible et se dissipe.
- Toute l'énergie potentielle disponible a été utilisée et l'énergie cinétique s'est dissipée en turbulence - la production de nuages et précipitation a diminué.
- L'air du secteur chaud a été soulevé et l'air froid est en surface : la situation est devenue stable.



Régions favorables à la cyclogenèse

- Plusieurs dépressions dans différentes phases d'évolution sont fréquemment observées le long du front polaire. Les régions en Amérique du nord qui manifestent une tendance favorable à la cyclogenèse sont :
 - La côte atlantique à l'est des Carolines
 - Le golfe du Mexique
 - Le versant est des Rocheuses
 - Le golfe de l'Alaska
- Des dépressions se creusent parfois très rapidement. Si le taux de creusage dépasse les 24 hPa dans 24 heures on parle de cyclogenèse explosive et le système est appelé une bombe.
- Des cyclogenèses explosives se produisent fréquemment en hiver juste à l'est du continent dans l'Atlantique.

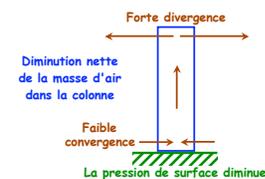


L'écoulement en altitude

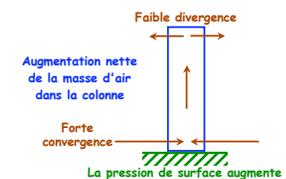
Étendue verticale

- Les systèmes météorologiques aux latitudes moyennes ont un fort développement vertical et s'étendent de la surface à la tropopause.
- Pour maintenir le développement de ces systèmes, il faut que la divergence et la convergence en altitude soient plus fortes qu'en surface.

Intensification de la dépression en surface

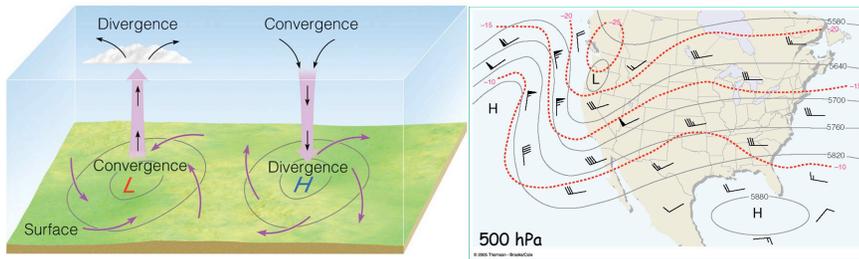


Affaiblissement de la dépression en surface



Convergence et divergence

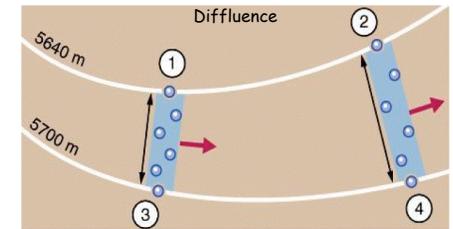
- En surface, grâce à la friction la convergence et la divergence sont associées à l'écoulement autour des dépressions et des anticyclones.
- Mais, où trouve-t-on en altitude la divergence (développement des dépressions en surface) ou la convergence (développement des anticyclones en surface) dans un écoulement qui est parallèle aux isobares/isohypes?



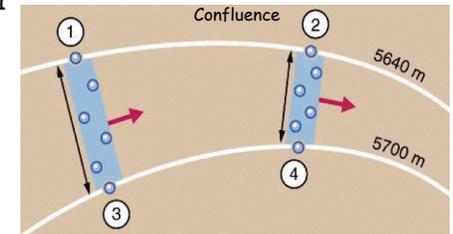
© 2007 Thomson Higher Education

Confluence et diffluence

- La confluence et la diffluence se produisent lorsque l'air s'étire ou il se contracte à l'horizontale à cause des variations dans la direction du vent.



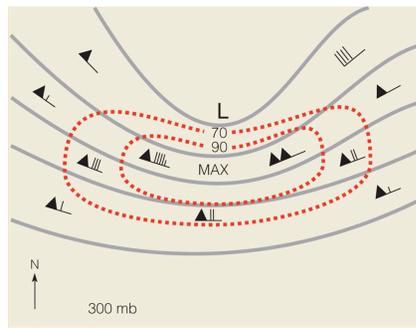
- Dans la figure en haut, la masse d'air comprise entre les points 1 et 3 occupe une plus grande surface horizontale lorsqu'elle se déplace entre les points 2 et 4. On parle dans ce cas de diffluence.



- La figure en bas montre une situation de confluence.

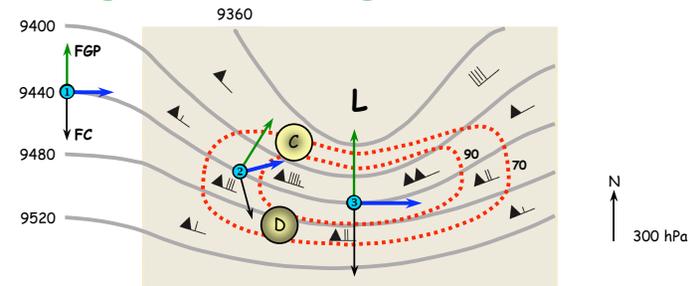
Le cœur du courant-jet

- C'est dans les régions de confluence et diffluence qu'on trouve en altitude les cœurs du courant-jet, généralement à la base des creux en altitudes.



© 2007 Thomson Higher Education

Convergence et divergence en altitude

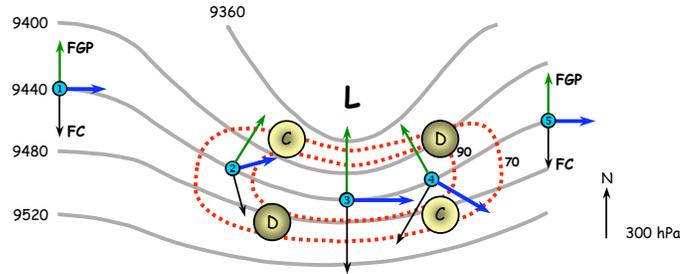


- Les forces du gradient de pression et de Coriolis sont à l'équilibre.
- Le gradient de pression augmente. La parcelle d'air accélère d'abord dans la direction du gradient de pression avant que la force de Coriolis puisse l'équilibrer.
 - Cela cause de la convergence (air qui descend*) à l'entrée gauche du cœur du courant-jet et de la divergence (air qui monte) à l'entrée droite.
- À nouveau on atteint l'équilibre entre les forces du gradient de pression et de Coriolis.

* La tropopause est juste au-dessus du niveau de courant-jet. De la convergence au niveau du courant-jet force l'air à descendre à cause de la grande stabilité thermique de la tropopause qui empêche à l'air de monter.

Convergence et divergence en altitude

6-17

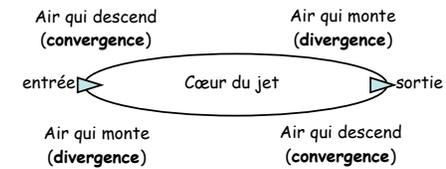


- Lorsque le gradient de pression se relâche, la parcelle d'air commence à décélérer en déviant dans la direction de la force de Coriolis qui tarde à diminuer.
 - Ceci cause de la convergence (air qui descend*) à la sortie droite du cœur du courant-jet et de la divergence (air qui monte) à la sortie gauche.
- À nouveau on atteint l'équilibre entre les forces du gradient de pression et de Coriolis.

Convergence et divergence en altitude

6-18

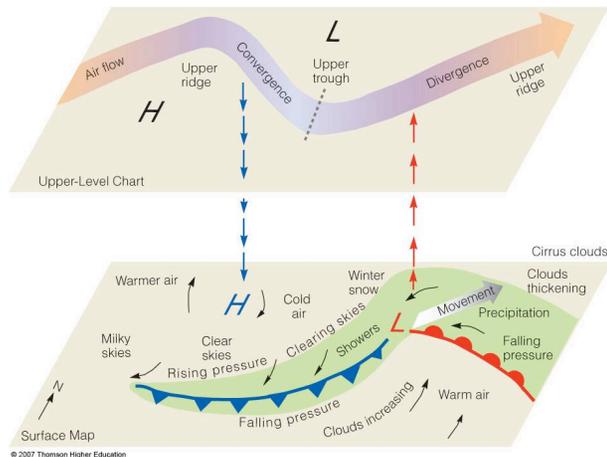
- Par conséquent, de la convergence se développe généralement à l'entrée gauche et à la sortie droite des cœurs du courant-jet, lorsque de la divergence est à l'entrée droite et à la sortie gauche.



Structure verticale

6-19

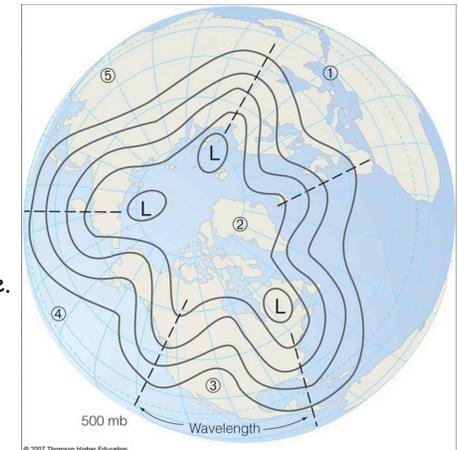
- Pour qu'une dépression se développe, la dépression en altitude doit être au nord-ouest de la dépression en surface.



L'écoulement à 500 hPa

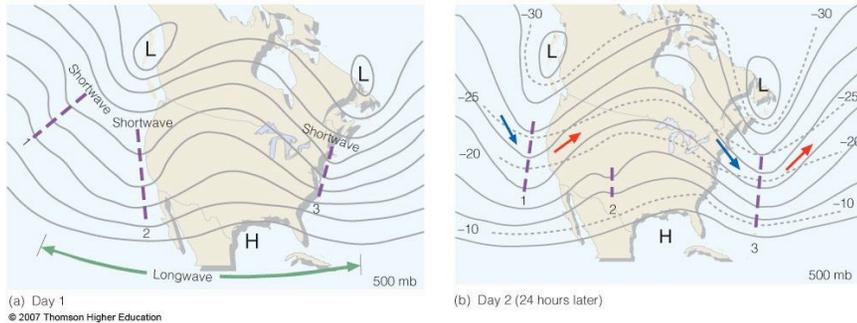
6-20

- La formation d'ondes longues en altitude est une caractéristique d'une planète en rotation, chauffée inégalement.
- Elles sont appelées ondes de Rossby.
- Habituellement de 4 à 6 ondes sont assez pour entourer le globe.
- La longueur d'onde varie entre 4000 et 8000 km.
- Elles sont presque stationnaires ou se déplacent très lentement vers l'est ou l'ouest.



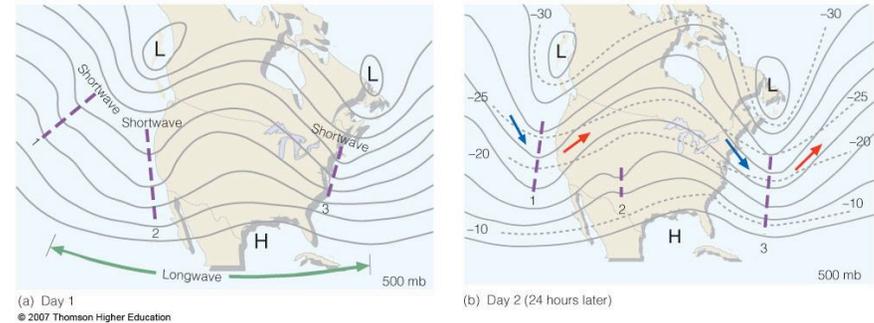
Les ondes courtes à 500 hPa

- Des creux d'onde courte sont enchâssés dans les ondes longues en altitude.
- Elles se déplacent rapidement vers l'est.
- Elles s'affaiblissent lorsqu'elles arrivent sur une crête d'onde longue.
- Elles le renforcent lorsqu'elles sont sur un creux d'onde longue.



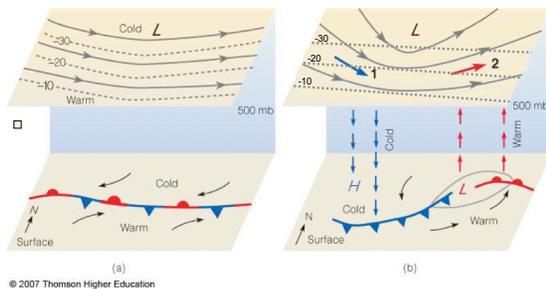
Les ondes courtes à 500 hPa

- On les observe facilement aux niveaux moyens dans l'atmosphère (Ex : 500 hPa).
- Elles constituent un ingrédient important pour le développement et l'intensification des systèmes météorologiques aux latitudes moyennes.



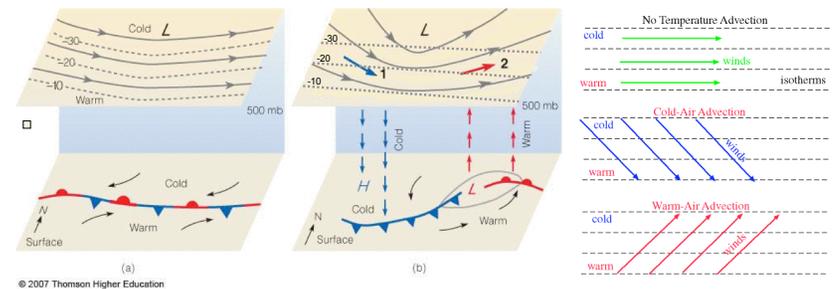
L'advection de température à 500 hPa

- Considérons un creux d'onde longue au-dessus d'un front stationnaire (a). Ensuite, une onde courte qui se déplace dans le creux et l'intensifie (b).
- Dans le cas (a), les isohypses et les isothermes sont parallèles - on dit alors que l'atmosphère est barotrope. (Les couches d'air sont empilées les unes par-dessus les autres de façon stable.)
- Dans le cas (b), l'onde courte a fait en sorte que les isohypses croisent les isothermes à l'ouest et à l'est du creux - on dit maintenant que l'atmosphère est barocline.



L'advection de température à 500 hPa

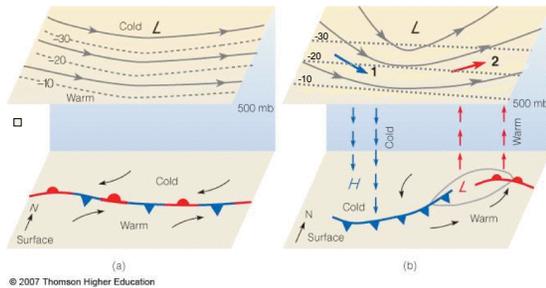
- Dans la région barocline à l'ouest du creux, il y a advection d'air froid.
- Dans la région barocline à l'est du creux, il y a advection d'air chaud.
- L'advection d'air froid à l'ouest du creux cause un mouvement descendant d'air froid jusqu'à la surface en arrière du front froid.
- L'advection d'air chaud à l'est du creux cause un mouvement ascendant de l'air près du centre de la dépression car l'air chaud monte.



L'advection de température à 500 hPa

6-25

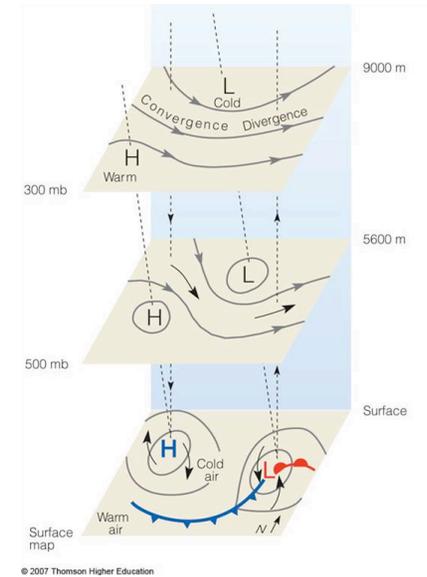
- La descente et montée d'air froid et chaud à cause de l'advection d'air froid et chaud est appelé "**instabilité barocline**".
- L'instabilité barocline est un ingrédient nécessaire pour le développement et l'intensification d'une dépression aux latitudes moyennes.



La structure verticale

6-26

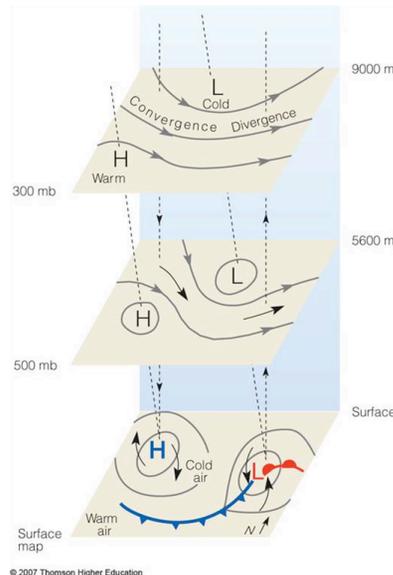
- Le développement d'un système météorologique est influencé par l'écoulement de l'air en altitude.
- Pour qu'une dépression se développe, la dépression en altitude doit être au nord-ouest de la dépression en surface.



La structure verticale

6-27

- La direction et la vitesse de déplacement d'une dépression sont étroitement liés à la vitesse et à la direction de l'écoulement à 500 hPa appelé "**niveau de guidage**" (steering level).
- Les dépressions se déplacent à une vitesse environ la moitié de la vitesse du vent à 500 hPa.
- La direction de déplacement est proche à celle de l'écoulement à 500 hPa.



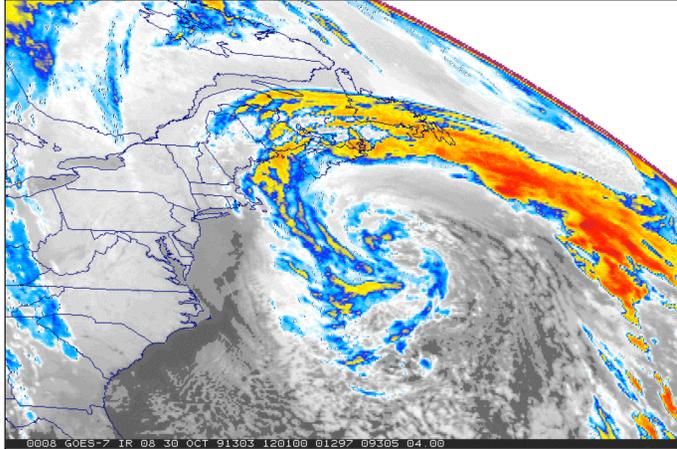
Éléments clés pour le développement d'une dépression

6-28

- En général on a besoin d'une perturbation en surface (baisse de pression) le long du front polaire et
- du support en altitude - une onde courte associée à une basse pression ou creux d'onde longue doit être au nord-ouest de la dépression en surface.
- L'onde courte génère de l'advection d'air chaud et froid à 500 hPa (advection différentielle de température)
- L'advection différentielle de température génère des mouvements ascendants et descendants
- Au niveau du courant-jet, les cônes du courant-jet à la base des creux génèrent des régions de convergence à l'ouest du creux et de divergence à l'est.
- Sans du support en altitude, la perturbation à la surface ne peut pas s'intensifier.

The Perfect Storm

6-29



This GOES 7 color-enhanced infrared image (taken 1200 UTC October 30, 1991) shows an enormous mid-latitude cyclone that wreaked havoc along the entire Atlantic coast. This storm was called "the Perfect Storm" by the National Weather Service, and was the subject of a best-selling book. This storm is an excellent example of a "nor'easter," which is an extremely strong extratropical cyclone that may develop during the autumn along the east coast of the United States due, in part, to the contrast between continental polar (cP) air masses from Canada and milder, maritime air masses along the Atlantic coast. This storm developed along a cold front located off the east coast of the United States. A strong upper air low and remnant moisture from Hurricane Grace caused the storm to explosively intensify. During the storm, hurricane-force winds were reported on Cape Cod, Massachusetts, and flooding and record high tides occurred all along the mid-Atlantic and New England coastlines.

(This page is from Understanding Weather and Climate by E. Aguado and J.E. Burt, copyright 2001, by Prentice-Hall, Inc)