se situe approximativement à 480 km. La résolution verticale est d'environ 3 km dans la troposphère, 5 km à la tropopause et 10-15 km dans la stratosphère, ce qui correspond à la moitié ou au tiers de la hauteur d'échelle. Les équations primitives sont intégrées avec un pas de temps de 3 minutes et le transfert radiatif est calculé 10 fois par jour. Des informations complémentaires sont données par Luz et al. (2003b) et Rannou et al. (2004).

Toutes les simulations présentées ici ont été démarrées à partir d'états initiaux hérités de simulations précédentes. Le modèle est à chaque fois intégré pendant plusieurs années (de Titan soit plusieurs siècles) jusqu'à ce que les résultats soient reproductibles d'une année sur l'autre. Il se trouve en fait que les constantes de temps mises en jeu dans la stratosphère sont beaucoup plus courtes que ce que peuvent laisser penser les constantes de temps chimiques par exemple. Les résultats montrés dans la partie sur l'enrichissement polaire correspondent par exemple à l'année 6 de la simulation, ce qui s'avère amplement suffisant.

5.4 Couplages entre dynamique et composition

Les premiers résultats obtenus avec le modèle couplé dynamique/microphysique des brumes ont permis à la fois d'expliquer l'existence des deux couches de brumes observées par Voyager (brume principale et brume détachée) et de mettre en évidence une accumulation de brume dans les hautes latitudes, conduisant à une intensification importante de la dynamique atmosphérique.

5.4.1 Origine de la brume détachée

Les aérosols sont produits dans le modèle à 450 km d'altitude, dans une zone d'une quarantaine de km d'épaisseur. Les petits aérosols, formés par polymérisation des espèces chimiques, sont soufflés vers le pôle d'hiver – entraînés dans la branche haute d'une cellule de Hadley globale – avant de pouvoir sédimenter. A ce niveau, le vent méridien est typiquement de 2 m s^{-1}. Le temps nécessaire pour se déplacer d'un rayon de Titan a, soit $a/v \simeq 10^6$ s, est 3 fois plus court que le temps qu'il faut aux particules pour chuter d'une hauteur d'échelle ($H/w \simeq 3 \times 10^6$ s pour une vitesse de sédimentation n'excédant pas 10 mm s^{-1}). Ces échelles de temps sont à comparer également aux temps caractéristiques associés à la croissance des aérosols : typiquement 10^6 s pour atteindre la taille d'un monomère (Rannou et al., 1993). Les particules, entraînées vers le pôle le long de trajectoires relativement horizontales, sédimentent et coagulent dans les régions polaires pour être redistribués plus bas sur l'ensemble de la planète, notamment après le renversement de la cellule méridienne. Au moment de cette bascule, la couche détachée disparaît momentanément pour se reconstruire ensuite avec une subsidence sur l'autre pôle. Entre la zone de formation et cette zone inférieure mieux mélangée, le modèle prédit une concentration moindre des aérosols (Fig. 5.20**D**). Ceci vient donner pour la première fois l'explication de l'organisation de la brume en deux couches (couche principale et couche détachée). Cette structure en deux couches, mise en évidence une première fois par les missions Voyager (Fig. 5.20**A**) a été confirmée lors des premiers survols par Cassini (Fig. 5.20**B/C**). L'accumulation d'aérosols dans la nuit polaire stratosphérique explique également l'assombrissement de la couche de brume dans cette région ainsi que le contraste hémisphérique, tous deux visibles sur les photos Voyager ou Cassini. Le modèle permet également de bien reproduire les variations latitudinales de l'albédo de Titan au moment du passage de Voyager (Fig. 5.21).

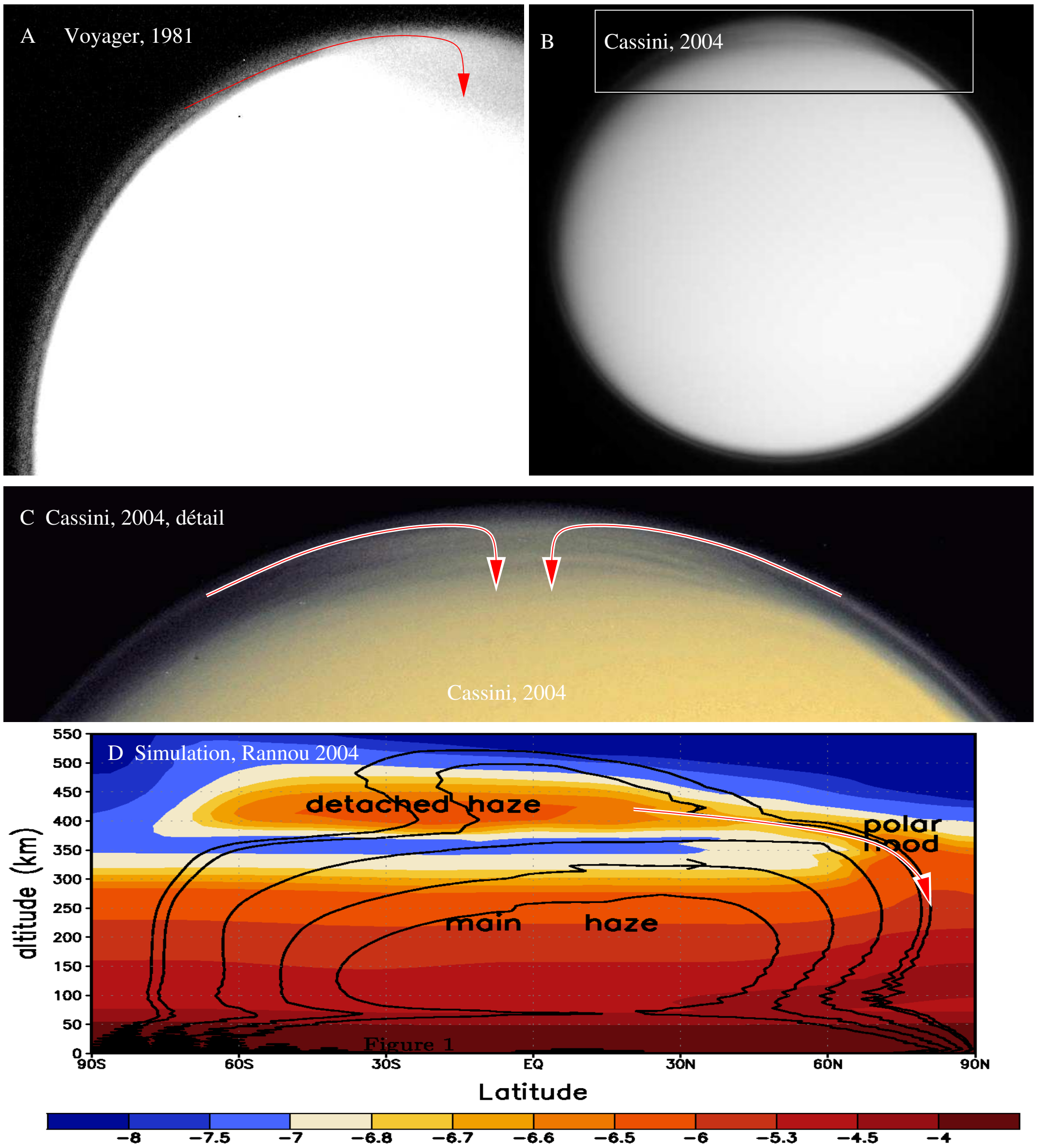

FIG. 5.20 – La couche détachée de brume.

A : Photo Voyager de la calotte nord montrant la brume détachée et l'accumulation de brume au pôle nord.

B et C : Vue globale et détail d'une photo prise par Cassini le 24 octobre 2004 avec un filtre dans l'UV proche à une distance d'un million de kilomètres. Le Soleil illumine principalement l'hémisphère sud à cette époque de l'année. On devine le terminateur jour-nuit dans la partie haut de l'image. La brume au pôle nord est illuminée par le Soleil parce qu'elle est suffisamment haute mais la surface de la planète est dans la nuit à cet endroit (Source : NASA/JPL/Space Science Institute).

D : Distribution de l'extinction de la brume dans le plan méridien. La coupe montre l'extinction normalisée ($\beta \times \omega \times P(25^o)$) de la brume en fonction de la latitude et de la pression pour une longitude solaire $L_s = 353^o$ (un peu moins d'une saison avant l'observation effective par Voyager). β est l'extinction de la brume, ω l'albédo de diffusion simple moyen et $P(25^o)$ la fonction de phase moyenne calculée pour un angle de 25^o. Les niveaux de gris correspondent au log de l'extinction normalisée. Cette quantité montre physiquement l'efficacité de diffusion pour chaque couche d'atmosphère avec un angle de phase $\phi = 155^o$. La brume détachée apparaît comme une couche secondaire à 400 km, surplombant la couche principale (en dessous de 300 km). La brume s'accumule de façon préférentielle au pôle d'hiver et le maximum perdure encore en été (bien que très affaibli). La fonction de courant de la circulation méridienne moyenne dans la saison qui précède ($L_s = 274 - 353^o$) est superposée sur la brume.