



Figure 3.4 - Organisation interne d'une cellule orageuse raccordée au sol par une tornade. Même si les échelles ne sont pas rigoureusement respectées, noter la petite taille de la tornade (hachures grises) par rapport à celle du courant ascendant et tournant (couleur bleu pâle). La longueur de la tornade peut être de l'ordre de 10 à 100 m, l'épaisseur totale de la masse nuageuse peut être supérieure à 5000 m. Le diamètre de la tornade peut être de l'ordre de 2 à 10 m, alors que celui du courant ascendant peut atteindre 50 à 100 m.

Le stade précurseur du doigt tournant et descendant est de courte durée et aboutit rapidement à la tornade bien établie. Lorsque le sol, ou la mer, est atteint, un tube tourbillon bien visible sur la figure 3.5, que les météorologistes appellent *tuba*, est formé. Il est relativement homogène sur toute sa longueur, même si, dans le cas des tubas les plus longs, une certaine conicité demeure visible, souvent combinée à des torsions significatives. Cette structure tournante, qui a désormais atteint sa longueur limite, s'avère beaucoup plus stable que le doigt descendant initial et peut durer beaucoup plus longtemps. Sur toute la longueur du tuba bien formé, elle satisfait en effet à la condition d'invariance de l'intensité tourbillonnaire⁶, ce qui n'était pas le cas avant que le doigt tournant ait atteint le sol. Ce tourbillon de petit diamètre, quasi-vertical, qui raccorde la base du nuage au sol, est alors de plus en plus individualisé par rapport au système dépressionnaire d'où il est issu et

⁶ Comme le débit dans une conduite, l'intensité du courant électrique dans un conducteur, ou encore le flux magnétique, l'intensité tourbillonnaire ne peut pas varier le long d'un tube tourbillon. Celui-ci est donc contraint d'avoir des formes particulières, soit en se refermant sur lui-même comme un rond de fumée, soit en allant d'une paroi à une autre, soit, dans le cas d'une tornade, en allant du vortex intérieur au nuage jusqu'au contact avec le sol ou avec la mer. Cette propriété est commune à tous les flux d'un champ vectoriel dont la divergence est nulle. Ces champs sont dits conservatifs.

qui l'alimente en gouttelettes. Toutefois, solidaire de la colonne centrale tournante de la dépression, la tornade se déplace avec elle et peut parcourir une trajectoire souvent curieuse, au cours de laquelle elle est soumise à de forts cisaillements au sein de la couche limite atmosphérique, ainsi qu'à des torsions importantes. Ces perturbations fortes, conjuguées à d'autres influences, comme une remontée de la pression, pourront finir par la détruire.

Comme on l'a dit et comme le suggère la figure 3.4, l'échelle horizontale de la tornade est nettement plus petite que celle du courant ascendant interne au nuage, qui n'occupe lui-même qu'une faible partie au centre de la masse nuageuse. Le diamètre de la tornade peut être de l'ordre de quelques mètres seulement, alors que celui du courant ascendant et tournant au sein du nuage peut atteindre une centaine de mètres, le tout dans une structure nuageuse de plusieurs kilomètres. Une structure aussi singulière que le courant ascendant interne au nuage est difficilement décelable dans un ciel nuageux et sombre, elle est donc redoutée des pilotes des avions qui risquent de la traverser et qui la ressentent comme une alternance de trous d'air et de remontées rapides. Tant que l'appareil n'est pas sorti de cette dépression et retrouve une portance stabilisée, l'équipage et les passagers peuvent être soumis à de vives secousses.



Figure 3.5 - Tornade avec son tuba et la **trombe** marine qu'elle engendre. Photographie prise le 30/01/03 en Méditerranée au large de Calvi [© Météo France/Michel LUCIANI].

Alors que le temps nécessaire à la formation du tuba est de l'ordre de quelques minutes, la durée d'une tornade peut être de l'ordre de quelques heures, pendant