

A L'ÉCOLE DU PILOTAGE

5^E PARTIE

LES VIRAGES PENDULAIRES

Compliqué ?

Si vous trouvez cet article par endroits un peu complexe, ne vous découragez pas. Revenez plusieurs fois dessus en vous concentrant, fermez les yeux, visualisez les gestes et mouvements décrits, mimez les mentalement et physiquement... relisez, recommencez, et vous verrez que ça finira par rentrer !

VOICI UNE LEÇON FONDAMENTALE SUR LE PILOTAGE : LA MÉCANIQUE DES VIRAGES SOUS INFLUENCE PENDULAIRE...

LES mouvements pendulaires influencent considérablement la maniabilité. La même action de pilotage provoquera des mises en virage très différentes selon qu'elle sera déclenchée en vol stabilisé ou au cours d'un mouvement pendulaire.

Dans une masse d'air animée, le pilote subit constamment des petits mouvements de tangage. S'il déclenche son virage sans tenir compte de ces mouve-

ments, il peut virer dans une phase de ressource, d'abattée, ou d'accélération et le virage obtenu sera à chaque fois différent. Il y a même un risque de surpilotage si le pilote, trouvant sa voile peu maniable (par exemple s'il tente de virer dans une ressource), enfonce encore plus la commande : il peut partir en vrille. Sans aller jusque-là, il est certain que la précision des manœuvres et la performance en vol thermique dépen-

dent étroitement de l'instant où le pilote déclenche son virage. D'où l'intérêt de bien comprendre cette mécanique.

Pour simplifier, nous allons étudier les conséquences d'une mise en virage à différents timings dans un mouvement de tangage pur...

Prenons l'exemple d'une mise en virage franche à droite : transfert rapide de poids à droite et descente progressive mais rapide de la commande droite jusqu'à 50 % du débattement (ce qui équivaut à 30 ou 40 cm après le point de contact sur une aile de sortie d'école normalement

chargée, un peu moins sur les ailes perfo ou les ailes très chargées...). L'action à la commande sera maintenue 2 secondes maximum, puis relâchée assez rapidement...

• *Si l'action est déclenchée en vol stabilisé et équilibré, elle provoque une mise en virage franche, comme pour enrôler le thermique. En fait, cela provoque dans un premier temps un mouvement de roulis vers la droite, puis le virage se poursuit avec du lacet induit, jusqu'au moment où le pilote relève la commande. Voyons maintenant ce qui se*

passé si on applique cette même action sous l'influence du mouvement de tangage...

Pour bien comprendre, il nous faut reprendre notre schéma sur les trois phases du tangage : ressource, abattée, accélération.

VIRER DANS L'ABATTÉE ?

(exemple: en 5 sur le dessin)

Ce n'est pas la meilleure idée car mon abattée devient asymétrique. La demi aile gauche plonge normalement en abattée alors que la demi aile droite, freinée, a un mouvement d'abattée amorti. Cela provoque du tangage vers

l'avant, mais aussi du roulis... vers la gauche. Le pilote, surtout s'il n'est pas très actif à la sellette, est déséquilibré vers la gauche. Tout cela ne facilite pas la mise en virage ! En effet, je freine à droite et j'obtiens dans un premier temps... du roulis à gauche !

Une fois ce premier mouvement terminé (ce qui équivaut à la fin du mouvement d'abattée), nous nous retrouvons en déséquilibre pendulaire : la voile est en avant, avec du roulis à gauche et le rappel pendulaire va se faire par le tangage et aussi par le roulis. Comme le pilote maintient son action à droite, la voile part rapidement à droite, propulsée par le mouvement de roulis. En somme, virer dans

un mouvement d'abattée provoque un virage en 2 temps : une abattée asymétrique avec du roulis inverse, puis une rotation soudaine. C'est ce que j'appelle un virage saccadé. Le pilote ressent une imprécision dans le début de son virage. L'erreur serait de compenser ce manque de maniabilité en augmentant l'action à la commande, car dès l'apparition du rappel pendulaire, le virage sera beaucoup plus important que prévu. Le pilote risque alors de relâcher rapidement son action, et de subir un nouveau cycle pendulaire (ressource asymétrique, abattée asymétrique...).

Nous parlons ici d'un mouvement d'abattée de faible amplitude (<30°). Si l'amplitude de l'abattée est plus importante, il peut s'avérer dommageable de virer en plein cœur de ce mouvement. En effet, une abattée asymétrique importante va provoquer une fermeture asymétrique côté extérieur au virage (dans notre exemple, à gauche). Cette fermeture peut déséquilibrer fortement le pilote dans sa sellette et cela va diminuer sa précision de pilotage, voire provoquer des gestes involontaires. Conclusion, on ne tourne pas durant un mouvement d'abattée !

VIRER AU DÉBUT DE LA PHASE D'ACCÉLÉRATION ?

(en 8 sur le dessin)

Au début de la phase d'accélération, la voile est en avant et se dirige vers le bas. Le pilote se dirige également vers le bas. Il commence juste à aller plus vite que la voile. A cet instant précis, la vitesse du pilote n'est pas très élevée. Dans certaines grosses abattées, elle peut être extrêmement faible ! Pourtant, notre action de pilotage à droite s'avère précise et efficace. Elle provoque un mouvement de roulis à droite. La voile est en avant. Elle part sur le côté droit, le pilote descend... la voile aussi. Nous entrons dans une rotation

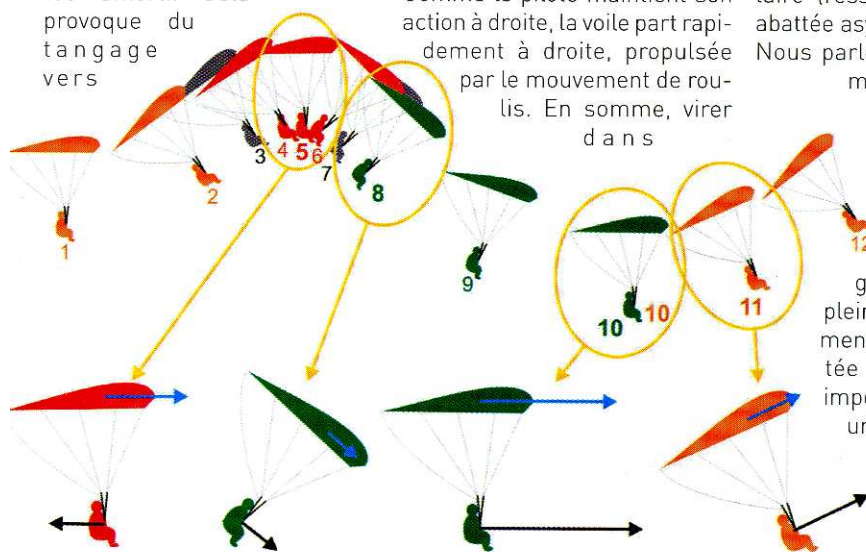
de type spirale. Le vent relatif continue d'augmenter, ainsi que la force G (le poids apparent ressenti par le pilote). Si l'amplitude du tangage est importante et l'action efficace, on entre instantanément dans une spirale... Je dirais même qu'après une abattée à 45°, cette action de pilotage me projette dans une spirale inclinée à 45°. Si mon aile est à 90° en avant, cela me projette dans une spirale inclinée à 90°, c'est-à-dire que la voile reste face planète. Avec de telles amplitudes, l'action à la commande doit donc être très progressive. Il est même bon de "tenir" l'aile extérieure pour éviter une fermeture...

Sans aller jusque-là, virer au début du mouvement d'accélération provoque un virage glissé vers le bas. La voile est très maniable. Avec peu de frein on obtient un bon virage. Il y a de l'énergie en fin de virage, qu'il faudra sûrement dissiper. Il faut noter que le timing de début de phase d'accélération est un moment bien précis et très bref. Si le pilote est en avance, il risque de virer dans le mouvement d'abattée. Si le pilote est en retard, son virage ressemblera de plus en plus au virage obtenu en fin d'accélération...

VIRER À LA FIN DE LA PHASE D'ACCÉLÉRATION ?

(en 10 sur le dessin)

C'est le timing du fameux virage dynamique, très bien décrit par Christophe Waller (IPMag 107). Le pilote a accumulé de la vitesse tout au long de la phase d'accélération. Lorsqu'il arrive sous la voile, sa vitesse est maximum, et celle de la voile aussi. Il y a une légère compression qui augmente le poids apparent et donc les forces aérodynamiques. Tous les ingrédients sont là pour que la voile soit très réactive à une action de pilotage. Lorsque le pilote déclenche son action à droite, la voile amorce un vif mouvement de roulis à droite. Le pilote, par inertie, continue d'aller vers l'avant et commence à monter. Comme il a beaucoup de vitesse, il tourne autour de la voile en montant, puis redescend en continuant de tourner. On obtient exactement



Petit rappel des définitions :

- Ressource
(images 1 à 2, puis 10 à 12, en orange sur le dessin) : le pilote va plus vite que l'aile et se dirige vers le haut.
- Abattée
(images 4, 5 et 6) : la voile va plus vite que le pilote.
- Accélération (ou redressement)
(image 8 à 10) : le pilote va plus vite que l'aile et se dirige vers le bas.
- Frontières
(images 3 et 7) : pendant un instant, aile et pilote sont à la même vitesse. En 10, le pilote se trouve sous son aile et se dirige à l'horizontale : ce court instant marque la fin de l'accélération, ou le début de la ressource.
- Vitesse et énergie...
Il nous faut aussi nous intéresser à l'énergie cinétique du pilote (c'est-à-dire sa masse multipliée par sa vitesse au carré). Comme notre masse ne varie pas, il est important de se concentrer sur la vitesse du pilote (via le vent relatif ressenti sur le visage). Comme toute force, cette vitesse se symbolise par un vecteur (une flèche) avec un point de départ (centre de gravité du pilote), une certaine longueur exprimant son intensité, et surtout, une direction. Ce vecteur "vitesse du pilote" est représenté par la flèche noire sur notre dessin. La flèche bleue représente la vitesse de la voile.
En 5 (milieu d'abattée), la vitesse du pilote est très faible, voire nulle. Dans de grosses abattées pendulaires, il arrive même souvent que le pilote se dirige vers l'arrière !
En 8 (début d'accélération), la vitesse du pilote est faible.
En 10 (fin d'accélération), la vitesse est maximum.
En 11 (milieu de ressource), la vitesse est moyenne (moins vite qu'en 10, mais plus vite qu'en 8).

le virage de wing over : un virage pendulaire comprenant une ressource (le pilote tourne et monte) et une accélération (le pilote tourne et redescend).

Si la vitesse est très élevée et l'action radicale, il est impératif de "tenir" le bout d'aile extérieure en maintenant une bonne pression à la commande extérieure durant toute la ressource. Il est également impératif de laisser voler dans la phase d'accélération (ou redressement de la spirale) sous peine de surpilotage... Bref un tel virage avec beaucoup d'énergie doit être considéré comme une manœuvre engagée, du même niveau de difficulté que les wing over !

Avec moins d'énergie, et si l'action est plus douce, le virage va se produire de plus en plus tard, c'est à dire qu'il va ressembler davantage au virage remontant...

VIRER EN MILIEU DE RESSOURCE ?

(en 11 sur le dessin)

C'est le fameux virage remontant. La voile est en arrière mais elle a encore une bonne vitesse. Le pilote a également une bonne vitesse, mais il se dirige vers le haut (et donc consomme l'énergie accumulée durant la phase d'accélération). Notre action de pilotage provoque une mise en roulis vers la droite. Le pilote, par inertie, continue de monter tout en tournant péniblement... Il finit de consommer son énergie et se trouve comme arrêté au sommet de la ressource. Arrêt sur image. A cet instant précis (correspondant à la fin de la ressource), la voile est sur le côté car elle avait commencé à tourner. Pour simplifier disons qu'elle avait effectué un quart de tour. Nous avons donc une position de déséquilibre pendulaire, avec une voile ayant un gros roulis sur la droite. Si nous n'avions pas tenté de virer dans la ressource, nous serions à cet instant avec un déséquilibre en pur tangage (comme en 3 sur notre dessin). Le rappel pendulaire se ferait par un mouvement d'abattée... Mais notre action de pilotage en créant un quart de tour dans la ressource, a transformé ce déséquilibre en un pur roulis. Le rappel pendulaire va donc se faire par un mouvement de rou-

lis de la droite vers la gauche. On parle de remise à plat. Si le pilote s'obstine à vouloir tourner alors que s'effectue cette remise à plat, il ressent un fort manque de maniabilité. L'erreur serait de compenser ce manque de maniabilité en enfonçant encore plus la commande : risque de décrochage asymétrique ! Il vaut donc mieux relâcher la commande, et une fois terminée la remise à plat, reprendre son virage.

Virer dans une ressource donne un virage en 3 temps : début de virage avec du roulis, puis une remise à plat par effet pendulaire, puis le virage reprend si le pilote maintient son action. Virer dans une ressource c'est prendre le risque d'un décrochage asymétrique.

Mais virer dans une ressource, c'est aussi dissiper l'énergie !

En effet, si le pilote joue bien, avec un bon dosage des freins dans la première partie du virage (la ressource) et un relâché progressif durant la remise à plat, pour finir bras hauts une fois revenu sous sa voile, il obtient une dissipation d'énergie. Il a transformé la ressource en un virage dissipateur d'énergie: c'est la technique utilisée pour dissiper l'énergie en sortie de spirale.

À QUOI CA SERT TOUT ÇA ?

La compréhension de cette mécanique pendulaire constitue un des fondamentaux du pilotage. C'est le seul moyen d'être capable de choisir le bon timing pour déclencher son action en fonction de ce qu'on veut faire. Par exemple en exercices de pilotage :

• *Pour enchaîner tangage vers spirale (360 engagés)*, le bon timing est le début de la phase d'accélération (8 sur notre dessin). Si le pilote est en avance (6), il risque une fermeture asymétrique côté extérieur (abattée asymétrique). Si le pilote est en retard (9), la rentrée en spirale sera moins fluide. Si le pilote est très en retard (10), il va devoir effectuer un wing over avant de rentrer en spirale. Il faut donc freiner aussi l'aile extérieure, et surtout relâcher complètement à la fin de la ressource, puis rapidement redescendre la com-

mande intérieure au début de l'accélération. Sans cela, il y a un risque de vrille dynamique (sorte de mac twist, manœuvre comportant un vrai risque de twist !). Si le pilote est très très en retard (11), il n'arrivera pas à partir en spirale. Sauf après remise à plat (durant laquelle il convient de relâcher la commande !) puis une rentrée en spirale progressive... Ou encore en forçant radicalement le virage (sorte de vrille d'un demi tour) puis bras hauts, et au début de la phase d'accélération qui suit, une mise en virage au bon timing. Ce qui est tout à fait réalisable à un niveau de pilotage voltige...

• *Pour enchaîner tangage vers wing over*, le bon timing est la fin de la phase d'accélération (10 sur le dessin). Si le pilote est en avance, il part en spirale et risque d'avoir un problème de roulis pour inverser le virage suivant. En retard, il va manquer de vitesse et doit alors compenser ce retard par de l'agressivité (c'est à dire une action rapide, ample et de courte durée)...

• *Pour enchaîner tangage vers dissipation d'énergie*, le bon timing est la première partie de la phase de ressource (11 sur le dessin). Si le pilote est en avance (9), il part en spirale. En retard (12 ou 2 sur le dessin), le virage se produit dans l'abattée qui devient asymétrique avec pour conséquence: roulis inverse et risque de fermeture asymétrique...

Comme on commence à le comprendre, ce travail sur la mécanique pendulaire nous permet d'être précis pour le travail de la sortie de spirale (360 engagés) avec la fameuse dissipation d'énergie, mais aussi celui des wing over et toutes les manœuvres dynamiques...

APPLICATION EN THERMIQUE

Imaginons une belle après-midi printanière avec une bonne activité thermique, des ascendances généreuses mais pas trop turbulentes... Le rêve !

Prenons deux pilotes de même poids, même matériel. L'un est à l'écoute des mouvements pendulaires, il choisira avec attention les timings pour déclencher ses actions et adaptera sa gestuelle à chaque mouvement. Appelons le Penduléo. L'autre

n'a pas lu cet article et ne pense pas vraiment aux conséquences des mouvements pendulaires. Pour lui, ça bouge, la voile est parfois en avant, parfois en arrière, il écoute... son vario et s'occupe surtout de sa navigation. Appelons le Navigator. Et confrontons Penduléo et Navigator aux mêmes situations...

Imaginons que nos deux pilotes longent une falaise à leur droite. Ils entrent une première fois dans un thermique, le traversent, et en ressortent afin d'en mesurer la taille. Puis ils entrent dans un second thermique et décident de faire leur premier demi tour. En entrant dans le thermique ils ressentent un mouvement de ressource, progressif, qui dure assez longtemps du fait d'un fort gradient de vent ascendant. Les commandes se durcissent.

Navigator sent bien le thermique et déclenche son demi tour en plein milieu du mouvement de ressource. Le virage commence donc mollement. Navigator ressent le manque de maniabilité et compense en enfonçant plus fort le frein... Mais la voile se remet à plat et Navigator a du mal à rester penché à gauche. Il pense: "le thermique veut m'éjecter", s'efforce de rester penché à gauche et enfonce encore plus la commande... quand soudain sa voile part vers la gauche et amorce un virage très dynamique (d'autant plus dynamique que Navigator a beaucoup de frein et un gros appui sellette). Du coup, le virage fait plus que le demi tour prévu et le ramène vers la falaise ! Navigator est obligé de redresser et d'amorcer un virage à droite pour éviter le relief. Il doit gérer ce nouveau virage... en pleine ressource. Voilà qui pourrait l'entraîner dans un nouveau cycle, surtout si le thermique augmente sa ressource !

Penduléo, lui, se situe parfaitement dans la mécanique pendulaire de sa voile... Il sait qu'il a 2 options: virer tout de suite (si le thermique est petit), ou attendre un peu (fin de ressource, contrôler symétriquement l'abattée et tourner avec peu de frein au début de la prochaine accélération...la routine !). *suite p.56*

(suite de la page 54)

S'il décide de tourner tout de suite, il sait qu'il va devoir être assez agressif : il se penche bien et donne une action agressive à la commande. Mais il ne maintient pas son action et relâche la commande au fur et à mesure que la voile se remet à plat. Quand l'effet pendulaire est terminé, il est bras hauts et vole droit et équilibré.

Navigator a eu une action lente et peu ample au début, puis de plus en plus intense sur la fin du virage. Penduléo a eu une action rapide et ample dès le début, mais non maintenue avec un relâché progressif. Le premier a subi une remise à plat et surpiloté la sortie. L'autre a fait un virage remontant sans surpilote. Navigator aurait pu partir en vrille (décrochage asymétrique) en s'obstinant à descendre sa commande pendant la remise à plat pendulaire...

APPROCHE D'UN ATTERRO TECHNIQUE EN THERMIQUES

Nos deux pilotes doivent préparer une approche en 8 sur un terrain petit et encaissé. L'activité thermique est toujours marquée mais la brise est faible. L'approche est technique car il faut boucler les virages pour ne pas avancer trop sur un terrain étroit dont il faut exploiter toute la largeur en se rapprochant des arbres, des maisons, de la ligne électrique... Il faut donc être précis tout en tenant la voile...

Navigator déclenche son premier demi tour en pleine phase de ressource... Depuis l'atterro, on voit clairement le virage en 3 temps : début de virage paresseux durant la fin de ressource (le changement de cap n'est que de 45°), remise à plat par effet pendulaire avec le pilote qui augmente son action à la commande, puis départ soudain en virage spiralant (une sorte de phase d'accélération en virage). Ce mouvement donne de l'énergie et le pilote réagit brutalement en redressant en pleine ressource. Il poursuit son virage de redressement durant toute la ressource sans grand résultat. Il augmente donc son geste au moment où se produit l'abattée qui devient asymétrique. Le

pilote est déséquilibré dans sa sellette à l'extérieur de son virage. Une petite fermeture sans gravité se produit, mais le pilote, se rapprochant trop des obstacles, réagit brutalement, en augmentant son action de virage... Quand soudainement le fameux virage tant désiré se produit avec une efficacité surprenante, sous l'influence du mouvement pendulaire d'accélération associé au mouvement de roulis, le tout augmenté par une action de pilotage intense... Le pilote a repris le bon cap mais se rapproche du sol à vive allure ! Il réagit en freinant vivement avec les deux commandes. Ce qui provoque et augmente la ressource... Le pilote se rend compte de cette ressource et remet bras hauts. La voile part en abattée asymétrique, le pilote freine et pose en roulé boulé...

Ce scénario est réaliste. Même avec un seul gros thermique en début d'approche, toute la fin pourrait très bien arriver dans une masse d'air parfaitement calme. Pourtant, quand Navigator vous racontera son approche, il parlera de conditions très turbulentes : *"La voile était devant, derrière, elle fermait, je me suis fait brasser dans la sellette..."*

VIRAGE BAS POUR POSER FACE AU VENT

Nos deux pilotes arrivent vent arrière et très bas sur un petit terrain. Il serait peut être plus sage de poser vent arrière, mais nos deux pilotes décident de tenter un demi tour pour poser face au vent. La hauteur étant faible, le rayon du virage doit être court...

Navigator commence son virage calmement. Voyant que le rayon de virage est trop grand, il augmente son action. Le virage augmente en s'inclinant. Sur la fin du virage, le taux de chute est maximum alors que le sol se rapproche. Navigator freine mais impacte en virage...

Penduléo décide de perdre d'abord de la hauteur et tourner ensuite mais en ressource... Vent arrière, il commence à freiner amplement pour créer une ressource, puis il remonte les mains et laisse la voile partir en abattée. Au début de l'accélération, il déclenche son virage avec

très peu de commande. Le virage glisse et accélère en se rapprochant du sol... puis le virage se poursuit en légère ressource, ce qui permet au pilote de tangenter le sol avec un taux de chute "zéro m/s". Penduléo finit en arrondissant face au vent, tranquillement.

Navigator a obtenu le plus fort taux de chute sur la fin de son virage alors qu'il se rapprochait du sol. Penduléo a réalisé un demi tour pendulaire. La perte de hauteur s'est faite sur la première partie du virage... Mais toute la fin du virage s'est produite en tangentant le sol, avec de l'énergie, ce qui a permis au pilote de jouer efficacement avec les commandes pour gérer la fin du virage et l'arrondi.

CONCLUSION

J'espère vous avoir convaincu de l'importance de comprendre la mécanique des virages pendulaires. Bien sûr, si vous n'avez pas l'intention de voler en thermiques et si le pilotage ne vous passionne pas, tout cela n'est pas nécessaire. En revanche il s'agit d'un préalable nécessaire à tout pilote désireux d'aborder le vol thermique. On m'objectera que le pilotage peut aussi être intuitif ? Pour certains pilotes c'est peut être le cas... Mais pour la plupart ce n'est pas inné. La tâche à accomplir pour comprendre cette mécanique n'est pas si élevée, comparée au gain obtenu en sécurité, en performance et en plaisir ! ■

GAMMES DE PILOTAGE

Si vous êtes parfaitement à l'aise avec les exercices de tangage, vous pouvez vous amuser à répéter des exercices de virages pendulaires. Commencez en créant du tangage sans dépasser 30° (2 mouvements devraient suffire). Depuis la position bras hauts en vol droit, stabilisé, freinez une première fois assez rapidement jusqu'à 50% du débattement aux commandes. Puis relâchez rapidement et complètement. Restez bien bras hauts durant toute l'abattée. Restez encore bras hauts durant toute l'accélération (le vent augmente). Quand vous arrivez sous la voile (fin d'accélération), accompagnez la ressource avec du frein : lentement en utilisant deux fois moins de freins qu'au premier mouvement (25% du débattement). Maintenez jusqu'à la frontière entre ressource et abattée (en 3 sur le dessin) et relâchez complètement... Puis restez bras hauts, observez l'abattée et apprêtez vous à déclencher un virage au timing souhaité.

1) Déclenchez un virage sur 1/4 de tour en milieu de ressource.

Attention, il s'agit d'un virage "paresseux" avec une remise à plat, il faut donc un peu d'autorité pour faire tourner la voile. Par contre il faut être à l'écoute du mouvement de remise à plat et relâcher progressivement lorsque cet effet pendulaire apparaît, tout en maintenant l'appui sellette. Si le relâché est bien dosé, le pilote doit finir bras hauts lorsqu'il arrive sous la voile et passe au neutre dans la sellette. Si le pilote relâche trop vite, on observe un mouvement de roulis parasite, signe que la manoeuvre pourrait être améliorée. Si vous êtes trop timide ou trop en retard pour déclencher votre virage, vous risquez de ne pas tourner avant la fin de la ressource. Attention l'abattée arrive. Il vaut mieux la freiner symétriquement plutôt que faire un virage dans ce mouvement.

2) Déclenchez un virage sur 1/4 de tour en début d'accélération.

Attention, ne déclenchez pas votre virage trop tôt (fin de l'abattée) ! Si votre timing est juste, avec peu de frein vous devriez obtenir le premier 1/4 de tour avec une bonne sensation de glisse... Relevez la main en maintenant votre appui sellette et observez l'inertie du mouvement qui devrait vous faire tourner un 1/4 de tour en plus. Ce virage provoque une prise de vitesse et se termine donc avec une ressource... puis une petite abattée plus ou moins symétrique. On peut descendre à nouveau la commande intérieure au début de cette ressource pour dissiper cette énergie. C'est un travail fin et technique sans être engagé. Cela vous permettra d'aborder le travail de la dissipation d'énergie en sortie de spirale engagée. Mais c'est une autre histoire.