

De Autopiloot

FSGG presentatie 18-5-2026

G.Hageman

De Autopiloot

Waarom is de autopiloot uitgevonden:

- A. Werkdruk van piloten verminderen (vooral in cruise en complexe fases)
- B. Nauwkeurigheid verbeteren (denk aan RNAV, ILS, fuel efficiency)
- C. Veiligheid verhogen (menselijke fouten beperken, stabiliteit)
- D. Lange vluchten mogelijk maken (denk aan oceanische routes)
- E. Deze optie is vaak een piloten keuze....
maar in RVSM gebied is het verplicht en noodzakelijk

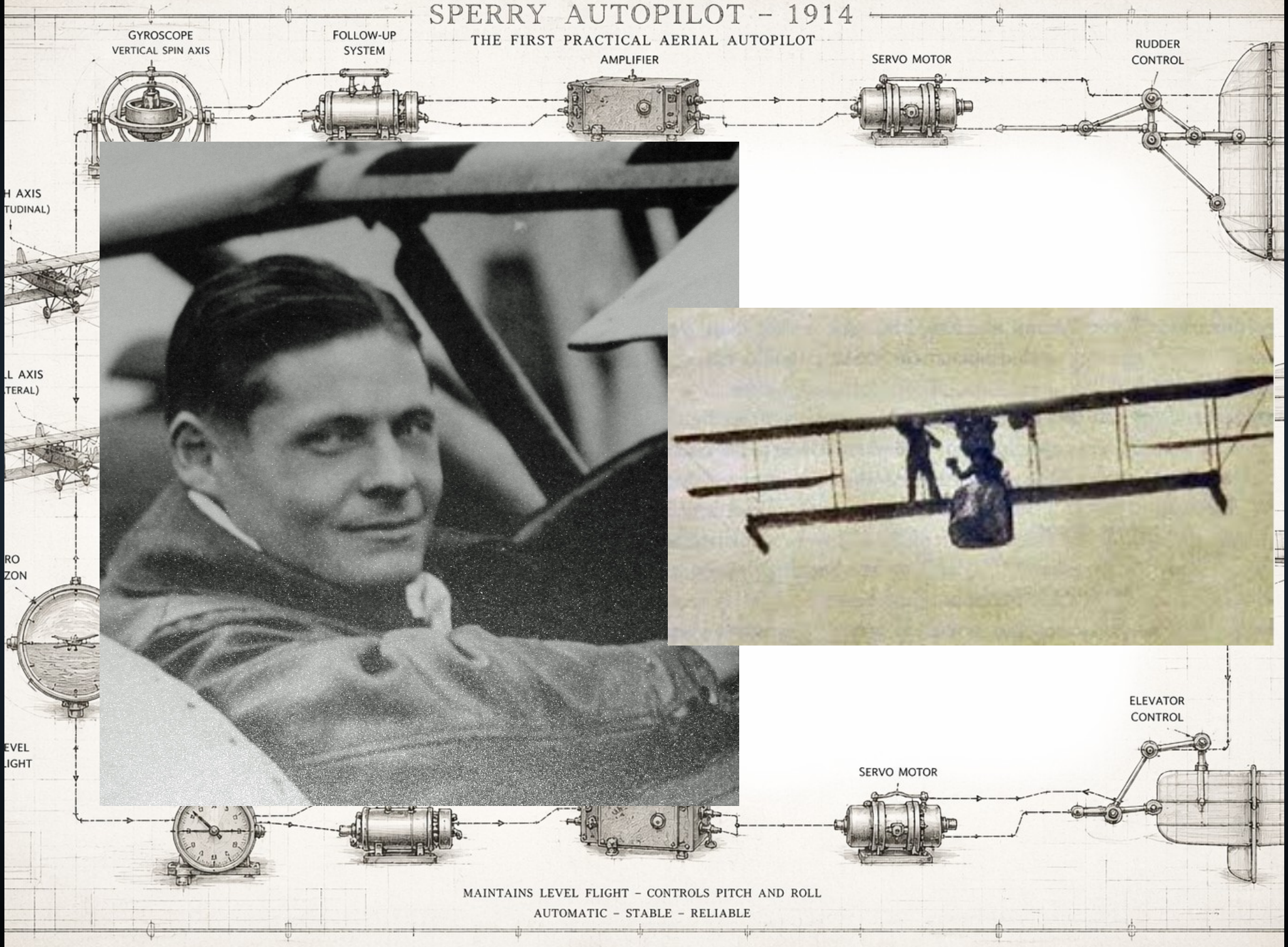
👉 “Een vliegtuig kan prima zonder autopilot vliegen... maar niet efficiënt, consistent en veilig op moderne schaal.”

De Autopiloot

De eerste ontwikkeling naar een
volwaardig autopiloot systeem.....

SPERRY AUTOPILOT - 1914

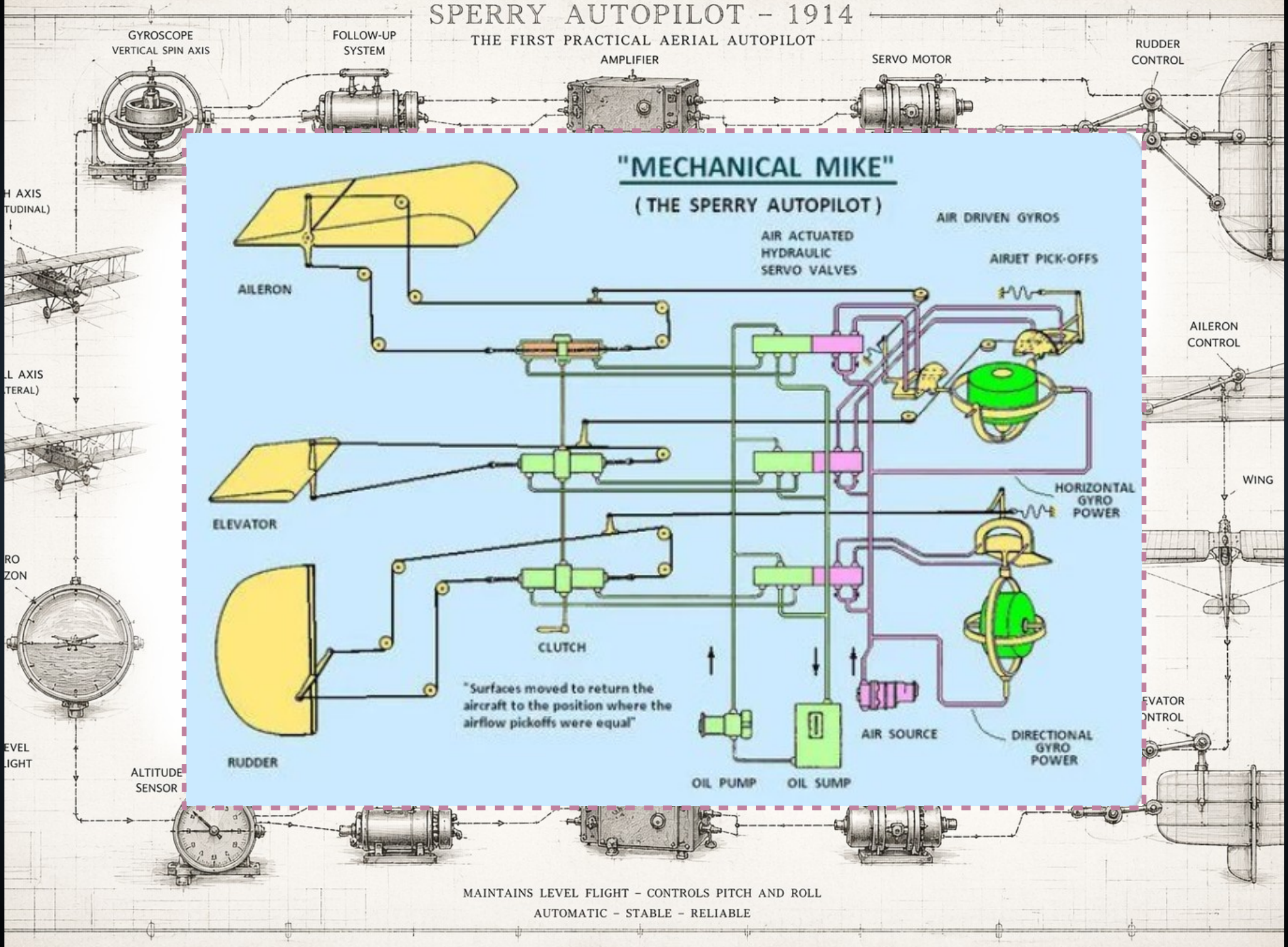
THE FIRST PRACTICAL AERIAL AUTOPILOT



MAINTAINS LEVEL FLIGHT - CONTROLS PITCH AND ROLL
AUTOMATIC - STABLE - RELIABLE

SPERRY AUTOPILOT - 1914

THE FIRST PRACTICAL AERIAL AUTOPILOT



H AXIS
(LONGITUDINAL)

L AXIS
(LATERAL)

HORIZONTAL AXIS

LEVEL LIGHT

GYROSCOPE
VERTICAL SPIN AXIS

FOLLOW-UP
SYSTEM

AMPLIFIER

SERVO MOTOR

RUDDER
CONTROL

"MECHANICAL MIKE" (THE SPERRY AUTOPILOT)

AILERON

ELEVATOR

RUDDER

AIR DRIVEN GYROS

AIR ACTUATED
HYDRAULIC
SERVO VALVES

AIRJET PICK-OFFS

HORIZONTAL
GYRO
POWER

CLUTCH

"Surfaces moved to return the
aircraft to the position where the
airflow pickoffs were equal"

OIL PUMP

OIL SUMP

AIR SOURCE

DIRECTIONAL
GYRO
POWER

AILERON
CONTROL

WING

ELEVATOR
CONTROL

MAINTAINS LEVEL FLIGHT - CONTROLS PITCH AND ROLL
AUTOMATIC - STABLE - RELIABLE

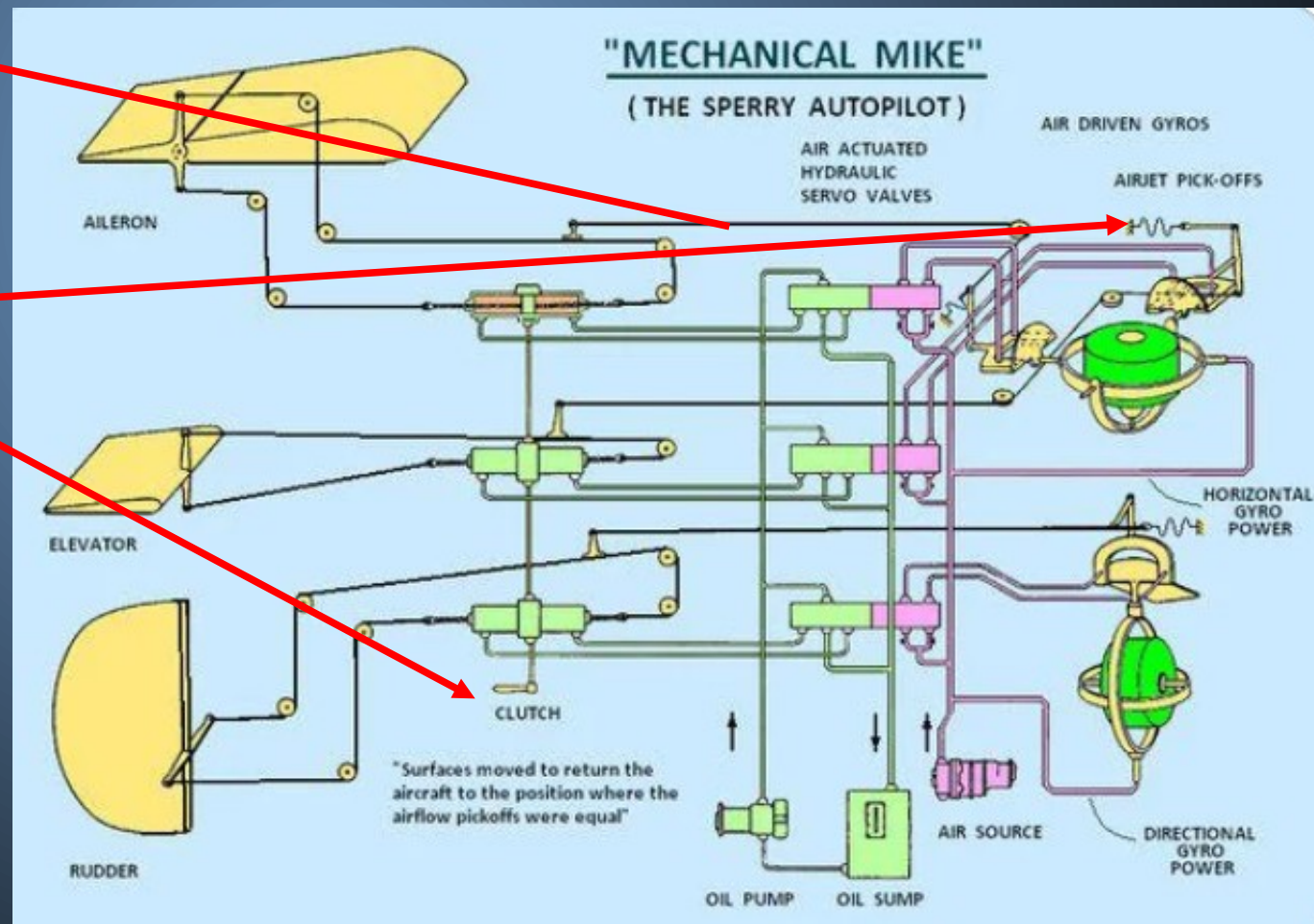
Mechanical Mike

De Sperry autopilot was eenvoudig in opzet en feitelijk alleen voor een stabiele horizontale vlucht. Je kon er geen daal of stijg profiel mee vliegen. Puur een ondersteuning voor het kruisen, een stabilisatiesysteem niet meer.

Let ook even op de terugkoppel stangetjes.

De airjet pickoffs gaf de Pilot ruimte voor input.

De clutch, onder bij de Actuators, was eigenlijk de disengage functie.



Een opvolger van Mechanical Mike was deze elektrische Honeywell C-1 . Vooral gebruikt in WOII, B17 bomber

Het simpele stabilisatie systeem werd uitgebreid met:

-Heading

-Altitude

Door kompas en Barometer gedreven.

Het AP systeem was niet zelfcorrigerend. De piloot was de finetuner.

AP met Flightplanning kwam in zicht.





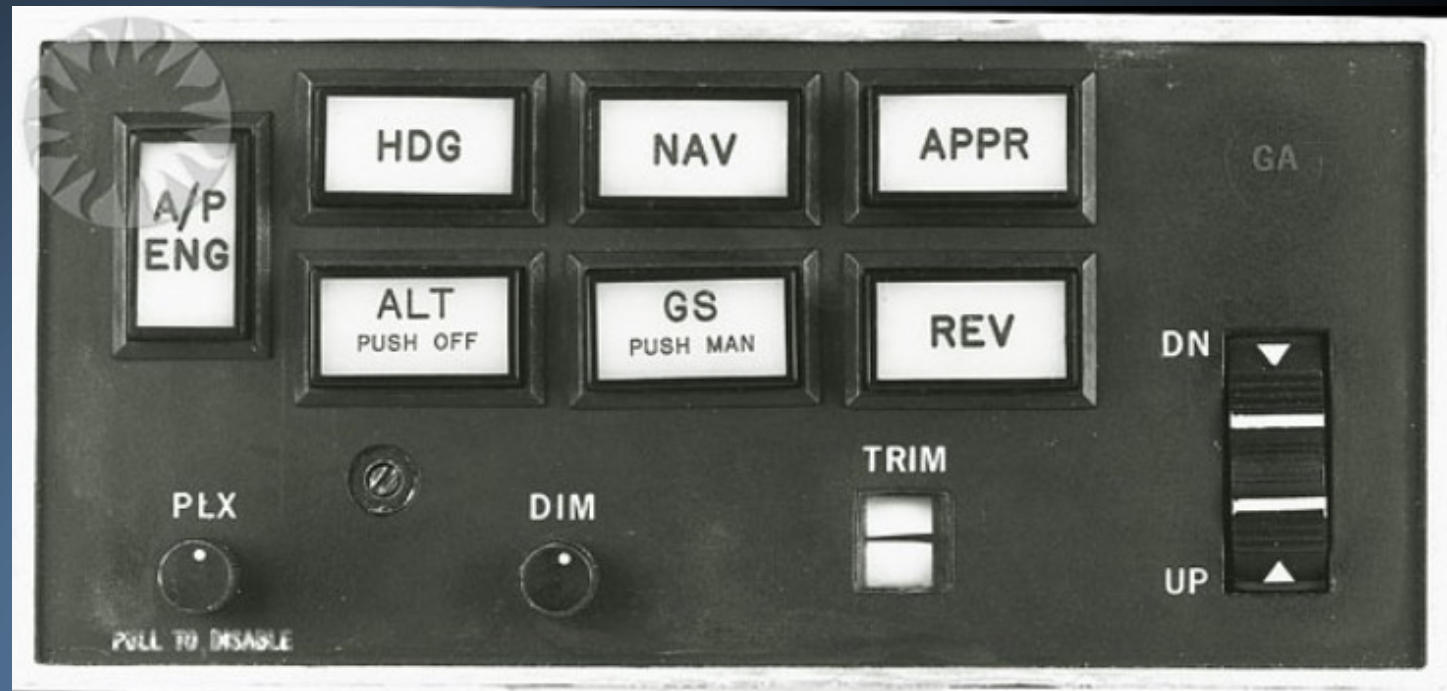
In de volgende jaren werd de techniek geoptimaliseerd en kon zichzelf corrigeren.

Een nieuwe ontwikkeling kwam rond 1970, de Bendix. De koppeling met navigatie.

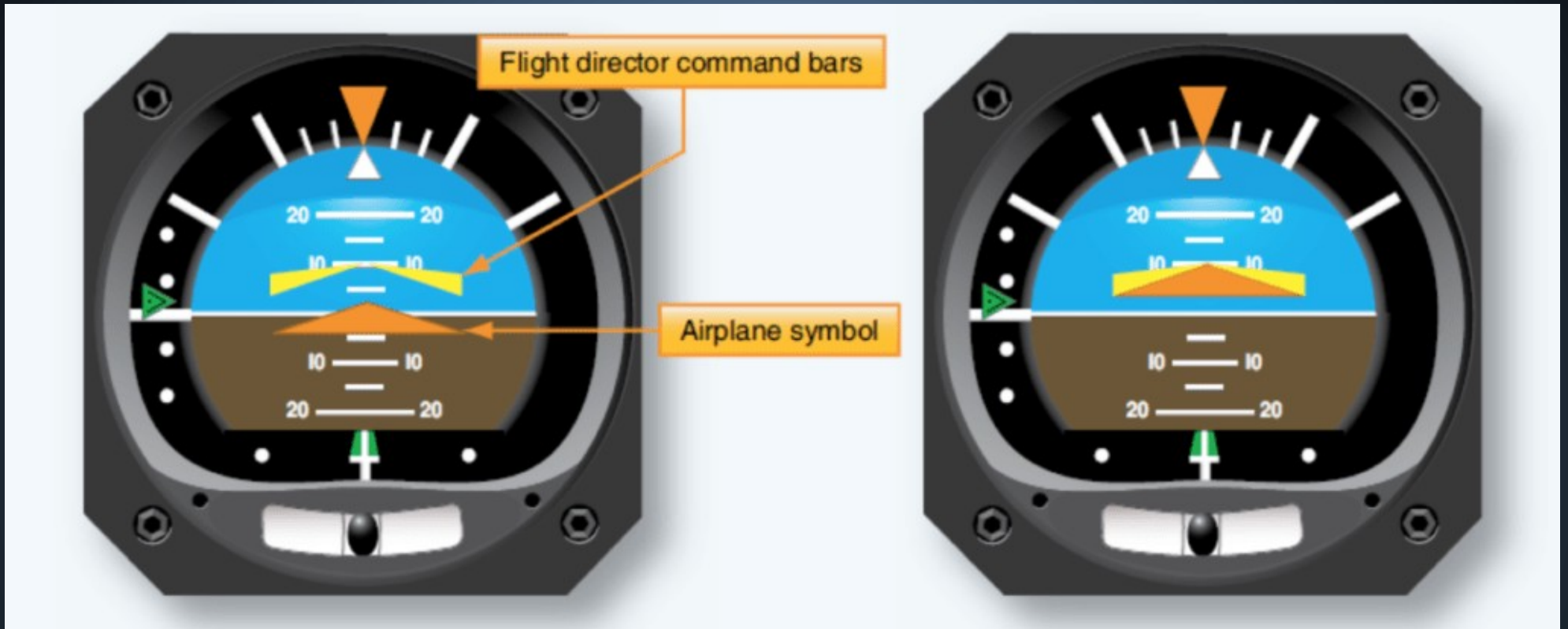
Deze kon VHF signalen ontvangen zodat op VOR radialen gekoerst kon worden. Hiermee kon ook een ILS worden ontvangen.

De stap naar elektronische vluchtbegeleiding kwam daarna in beeld.

Een bekende uitvoering!



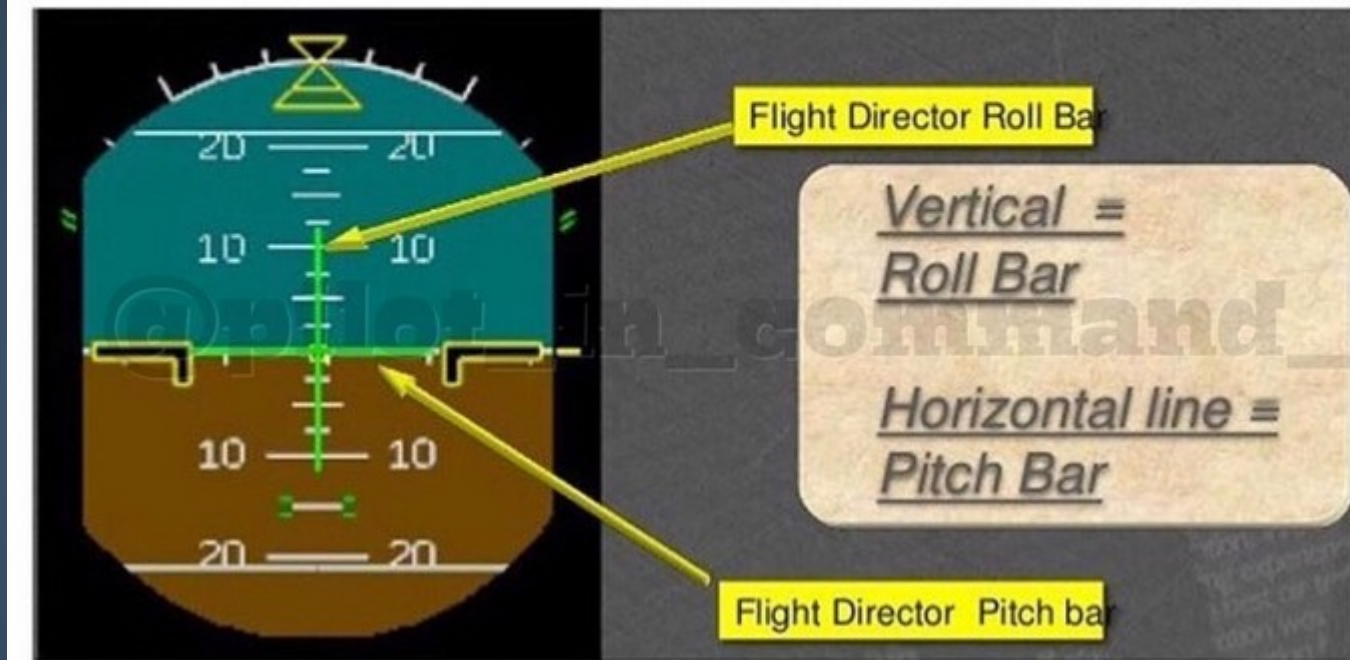
FD - Flight Director



De AP kan worden ingeschakeld of uitgeschakeld. Een prachtige uitvinding. Maar een piloot wil ook handmatig vliegen. De volgende logische stap was de uitvinding van de FD Flight director.

Het idee is de autopilot informatie grafisch weer te geven op de instrumenten. De piloot volgt simpel de grafische weergave handmatig. FD adviseert de piloot.

Flight Director



De FD visualiseert de stuurcommando's die de autopilot zou volgen.

De gewenste routing wordt conform de AP uitgevoerd. Vooral handig bij handbesturing SID.

Piloot hoeft niet zelf te rekenen. FD geeft zijn info conform positie en flightplanning.

Kortom, de FD laat zien wat de AP zou doen.

Autopilot concept in de tijd

De Sperry autopilot “Mechanical Mike” is in zijn oorsprong nog steeds de kern van de moderne vluchtbesturing.

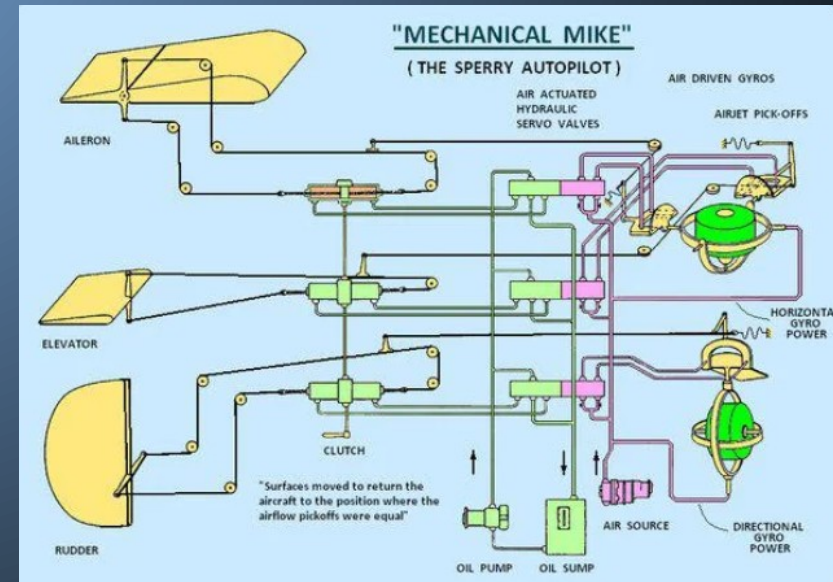
Toen

Gyros + mechanische koppelingen
Pneumatische/hydraulische servo's
Directe fysieke feedback

Nu

IMU's (accelerometers + gyros + GPS)
Flight computers (FBW: fly-by-wire)
Elektronische signalen naar servo actuators

Maar zelfs moderne vliegtuigen gebruiken nog steeds:
hydraulische actuatoren
servo valves
mechanische redundantie in sommige gevallen
Alleen de “hersenen” zijn digitaal geworden.



Van Stabilisatie tot complete vluchtbegeleiding

De autopiloot van vroeger tot nu:

Stabilisatie van de vlucht
1914-1940

- Attitude holt
- Basis heading Ctr. - L. Sperry AP

Actief sturen door AP
1940-1970

- HDG/ALT en V/S hold
- VHF / ILS koppeling - Honeywell & Sperry

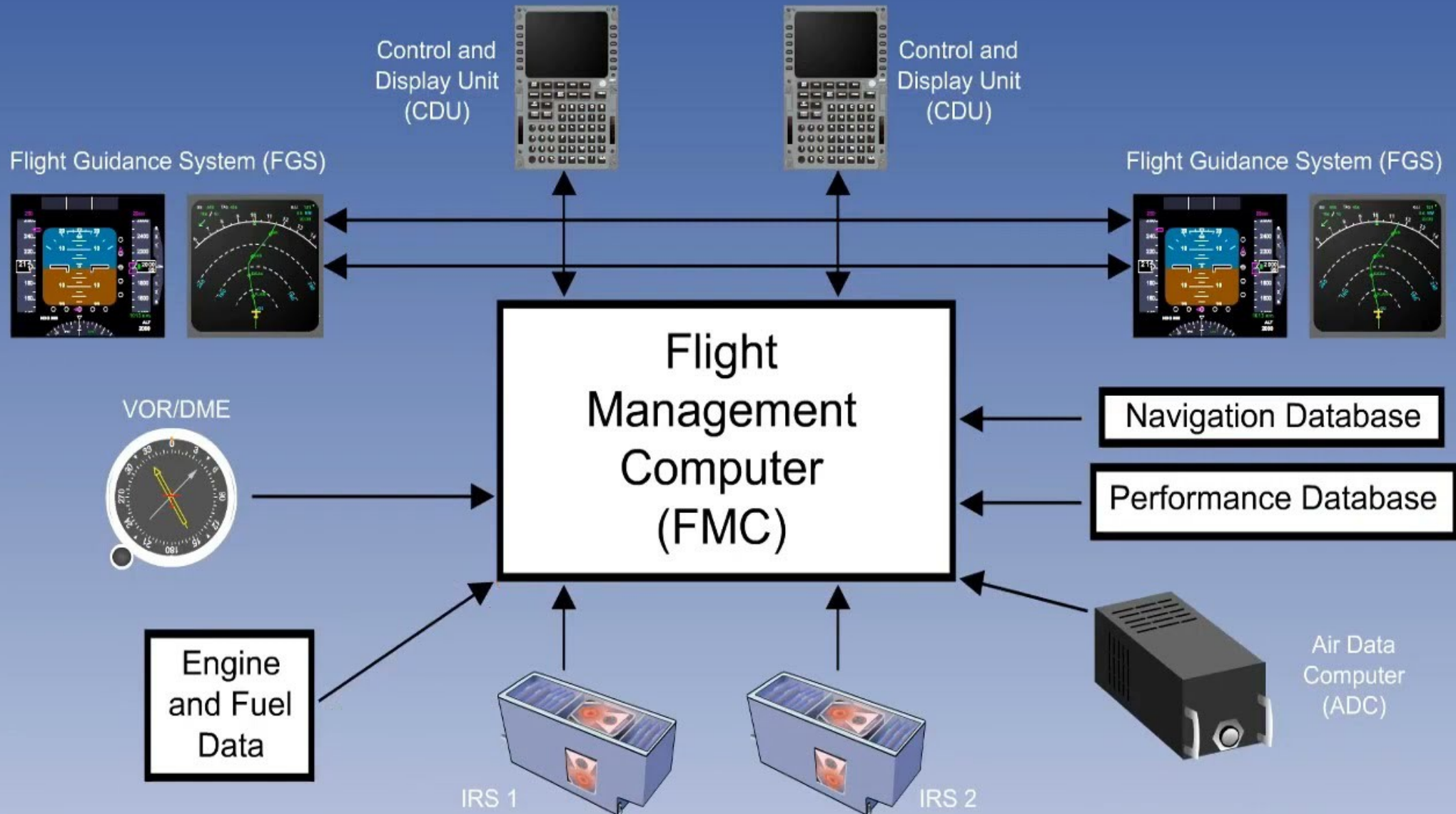
Stuurinput optimaliseren
Guidance 1960-1990

- Flight Director bars
- FLCH / IAS Mach hold
- Vertical Guidance / Altitude capture

Volledige vlucht begeleiden
FMC (MCP-AP-FMA-PFD)
Moderne avionica
>1990

- LNAV / VNAV
- Autoland
- Performance optimalisatie (fuel – time - cost)
- Operationele efficiëntie

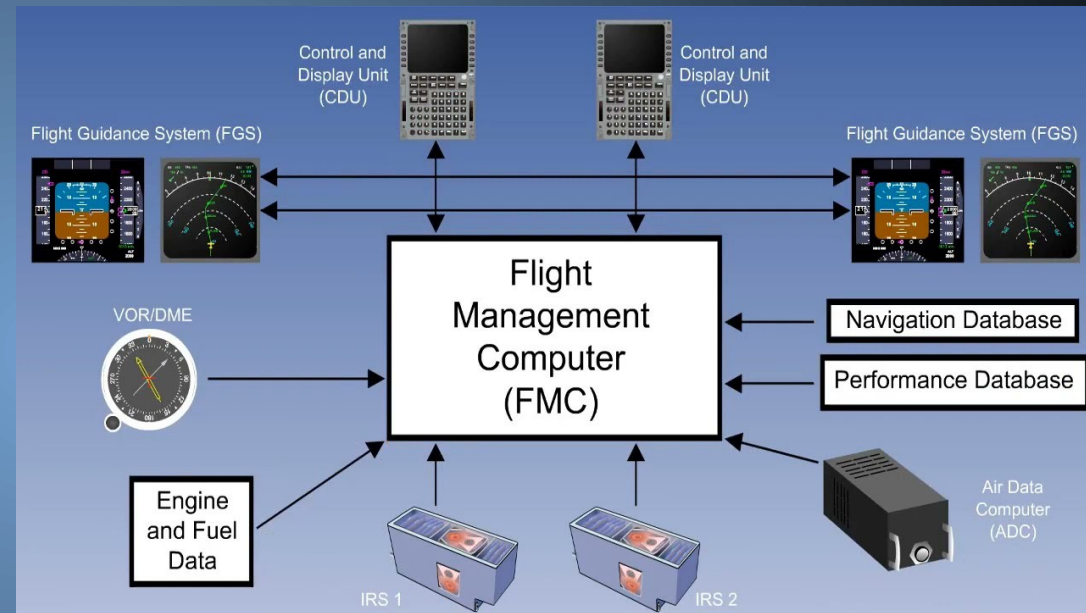
Complete vluchtbegeleiding Flight management computing



Flight Management Computing

Moderne avionica (AP is nog maar een onderdeel)
Flight management computing opgesplitst:

- Taken
- Waarom
- informatie bronnen
- Structuur



Flight management computing

De FMC berekent en beheert het optimale vluchtprofiel van gate tot gate.

Taken:

- route management
- lateral navigation (LNAV)
- vertical navigation (VNAV)
- performance berekeningen
- fuel berekeningen en predictions
- speed scheduling
- constraint management



Kortom: volledige optimalisatie van de vlucht voor mens en milieu

Flight management computing

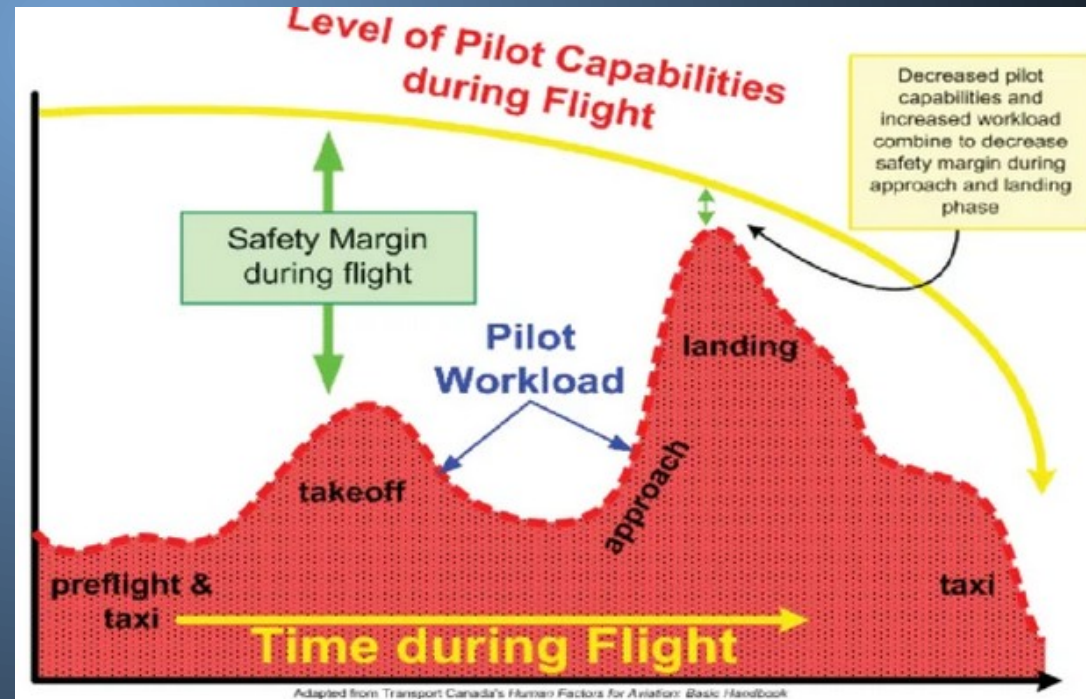
Waarom kwam er een **FMC** :

Vroeger moest de piloot zelf veel rekenen. De AP voerde alleen zijn opdrachten uit, er was een grotere kans op fouten en daarom was het inefficiënt.

Met het FMC kon men de complexiteit automatiseren

- nauwkeuriger navigeren
- brandstof besparen
- workload voor de piloten verminderen
- voorspelbaar vliegen
- optimaliseren luchtruim
- maatschappijen kunnen hun policy integreren in de operatie

Kernwoord = Efficiëntie dus meer voor minder.



Flight management computing

Hoe is de **Structuur** vorm gegeven.

De FMC rekt en stuurt begeleiding uit:

- naar **MCP** Mode control panel om modes te selecteren
- naar FD Flight director command bars ter (visuele) ondersteuning piloot
- naar AP Autopiloot die verantwoordelijk is voor de uitvoering
- naar **FMA** Flight mode annunciator die feedback geeft van vliegmoden
- naar PFD Primary flight display die de piloot awareness/controle geeft.



Flight management computing

Het MCP en FMA

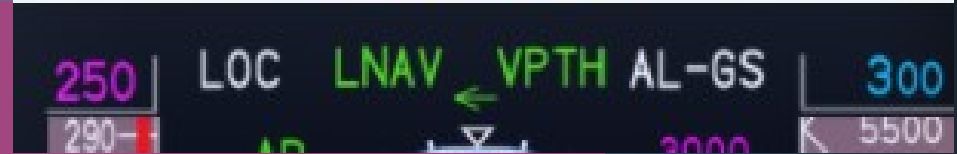


De FMC rekt en stuurt begeleiding uit:

- naar MCP Mode control panel om modes te selecteren
- naar FMA Flight mode annunciator die feedback geeft van vliegmoden

Flight management computing

Het MCP en FMA vormen eigenlijk de “dialog” tussen piloot en automatisering.



De relatie tussen MCP & FMA

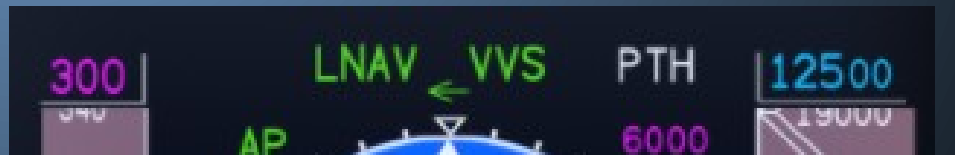
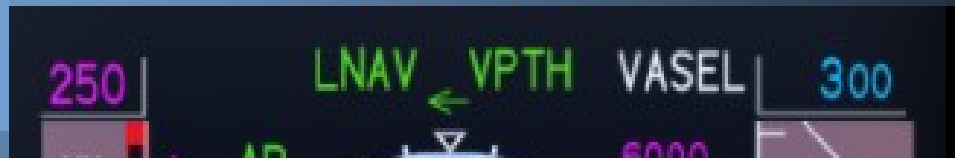
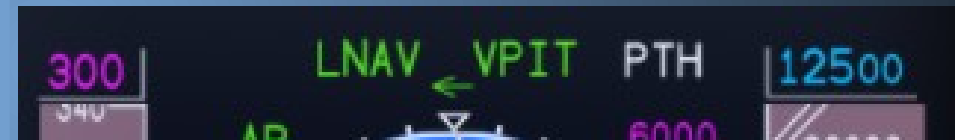
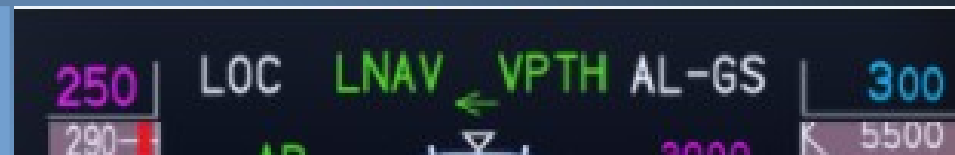
- indrukken MCP knop is een verzoek
- FCC flight control computers evalueren
- FMA bevestigt

Dus VNAV knop op MCP zegt weinig over de actieve VNAV modes bv.

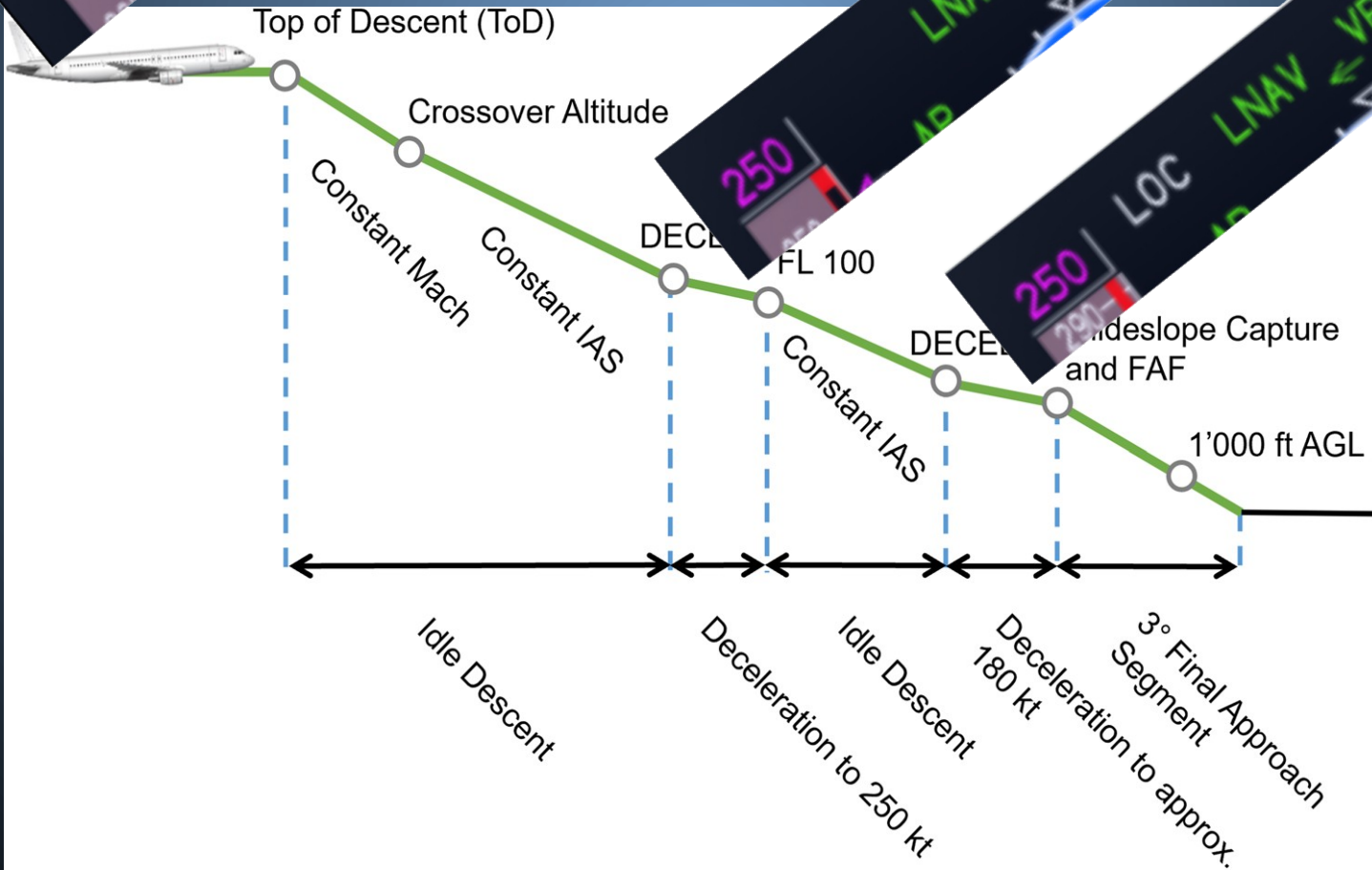
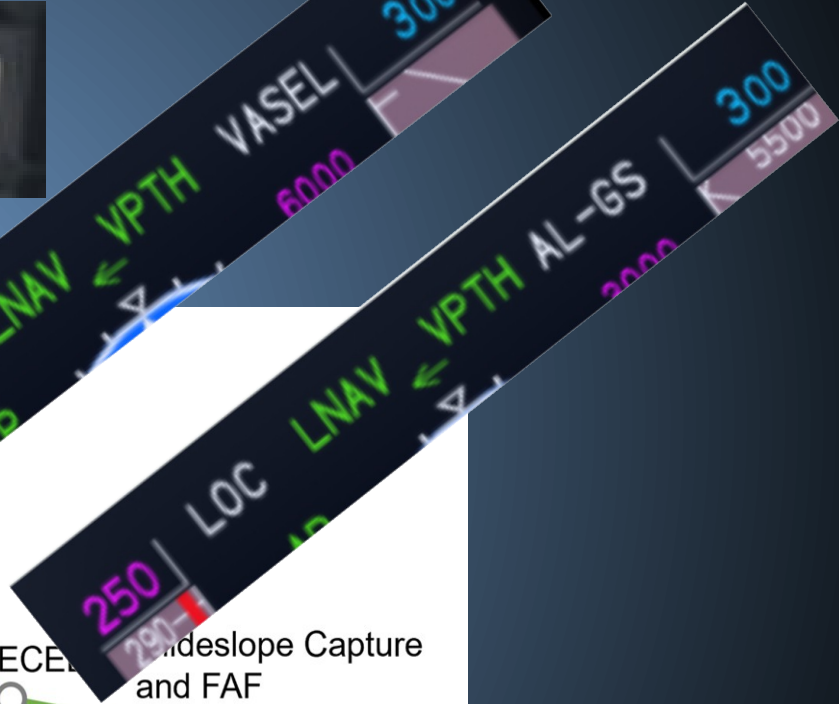
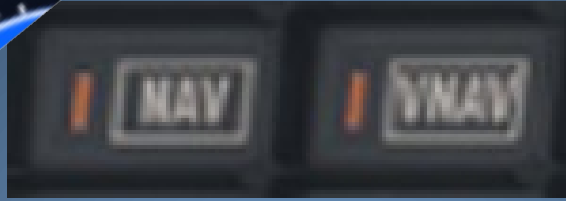
Flight management computing

Dit beeld toont de vele vliegmodie na indrukken van VNAV

(Citation C750)



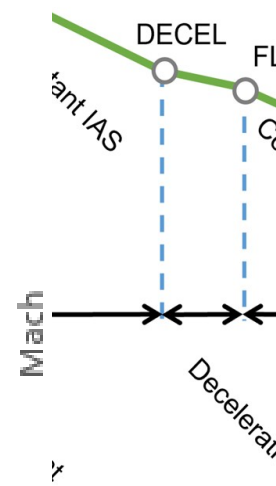
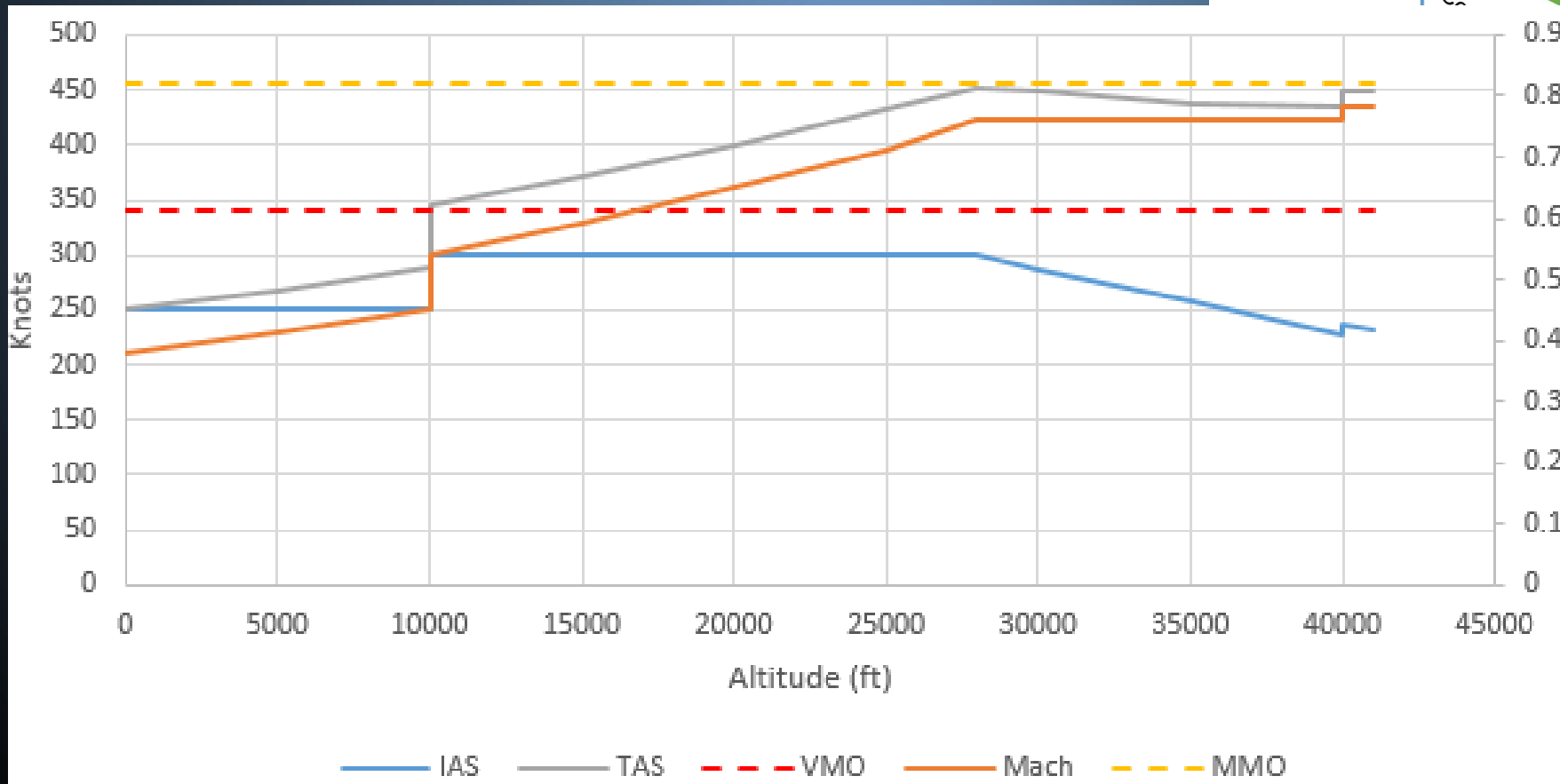
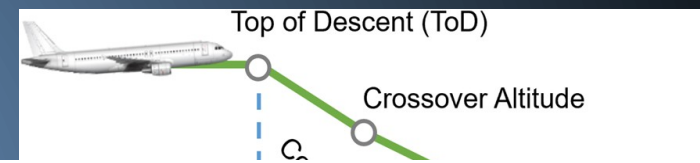
VALT = Altitude hold
VPTH = Volg stijg of daalpad FCC
LOC GS Mode staat klaar voor intercept
VPIT = Vaste pitch hoek
PTH = Daalpad mode klaar v. intercept
VASEL = Vertical Altitude select
VVS = Constante Ft./min
FLC Flight level change. (speed climb mode)



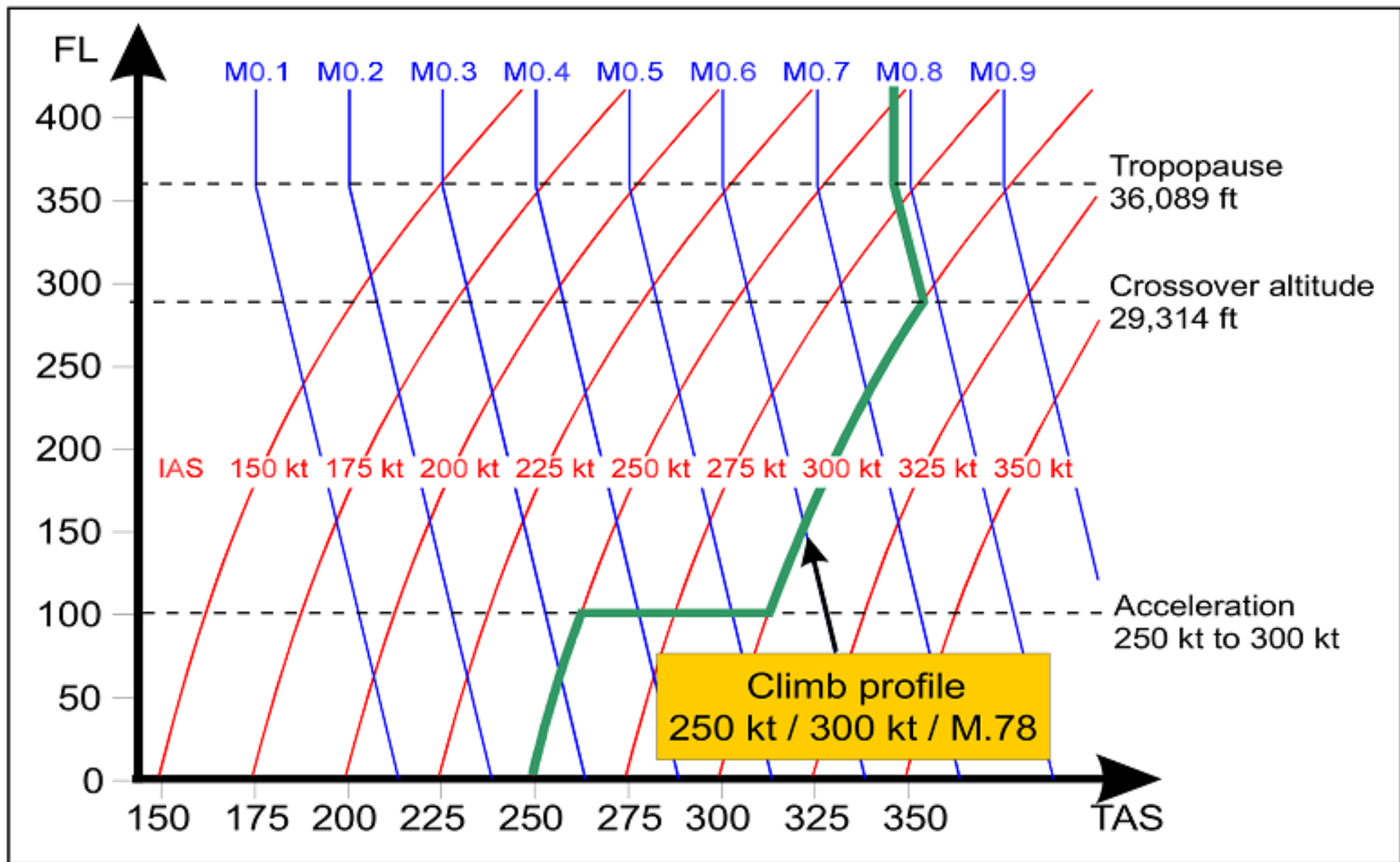
Crossover Altitude

Dit is de overgang van IAS naar MACH of omgekeerd.
Crossover is vaak rond FL280 of te wel 28000ft.
-Hierboven is IAS snelheid niet handig in gebruik omdat deze tijdens de klim zal dalen en tijdens de daling zal stijgen.

Van TOD naar Crossover , vaak op Mach Hold, (M 0,78).
Daarna op IAS hold. (bv. 300 of 280 IAS)

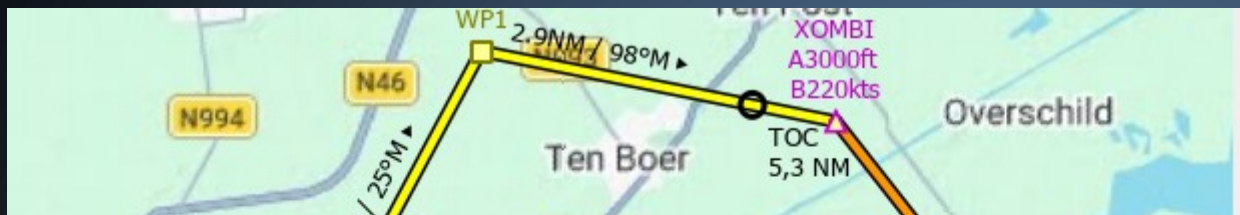


Crossover Altitude



ILS indicatie's op PFD en MFD

Voorbeeld EHGG



3.500 ft IFR

Hageman Aerodrome (EHGH) to Groningen Airport Eelde (EHGG)

Distance 20 NM, time 0 h 07 m.

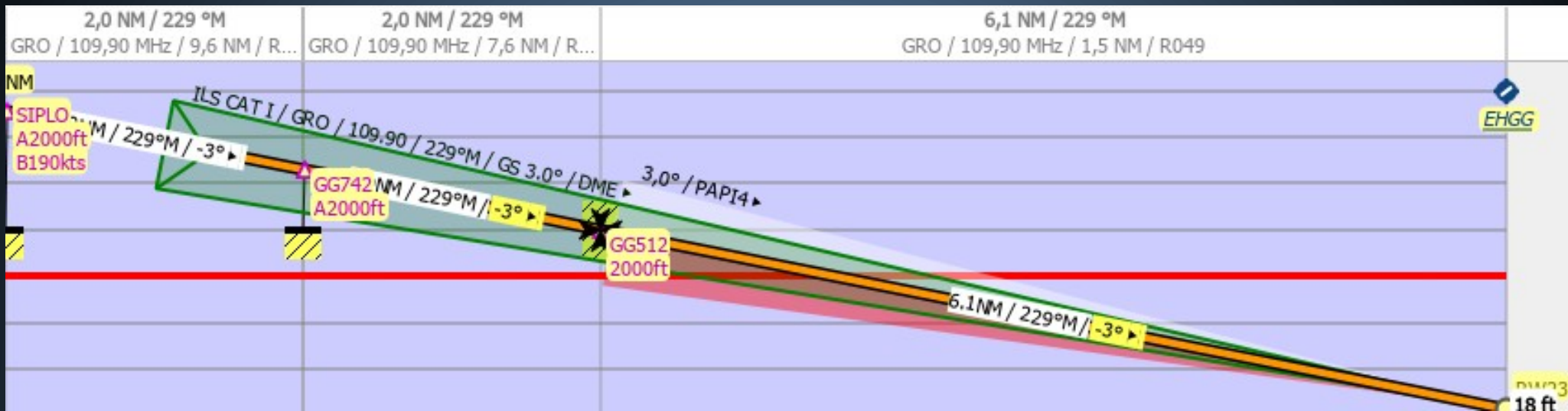
Arrive via XOMBI and ILS GG512 (I23).

Land at 23, 229°M, 232°T, 2.502 m, 18 ft elevation, PAPI4. Wind 6 kts▲ 5 kts►.

	Ident	- or Tai kts	Procedure	Restriction ft/kts/angle
1	<u>EHGH</u>		Departure	
2	WP1			
3	XOMBI (IAF)	▼ 13	Transition XOMBI	A 3.000, B 220
4	SIPLO	▼ 11	Transition XOMBI	A 2.000, B 190
5	GG742	▲ 7	Transition XOMBI	
6	GG742 (FACF)		Approach ILS GG512	A 2.000
7	GG512 (FAF)	▲ 7	Approach ILS GG512	2.000, -3°
8	RW23 (MAP)		Approach ILS GG512	63, -3°
9			Missed ILS GG512	A 2.000
10	<u>EHGG</u>		Destination	

ILS indicatie's op PFD en MFD

Voorbeeld EHGG



ILS indicatie's op PFD en MFD

Voorbeeld EHGG



ILS indicatie's op PFD en MFD

Voorbeeld EHGG



ILS indicatie's op PFD en MFD

Voorbeeld EHGG



RNAV indicatie's op PFD

Voorbeeld EHGG



Filmpje ILS landing

C750

De Autopiloot

Einde.

Bedankt voor de belangstelling

FSGG presentatie 18-5-2026

G.Hageman