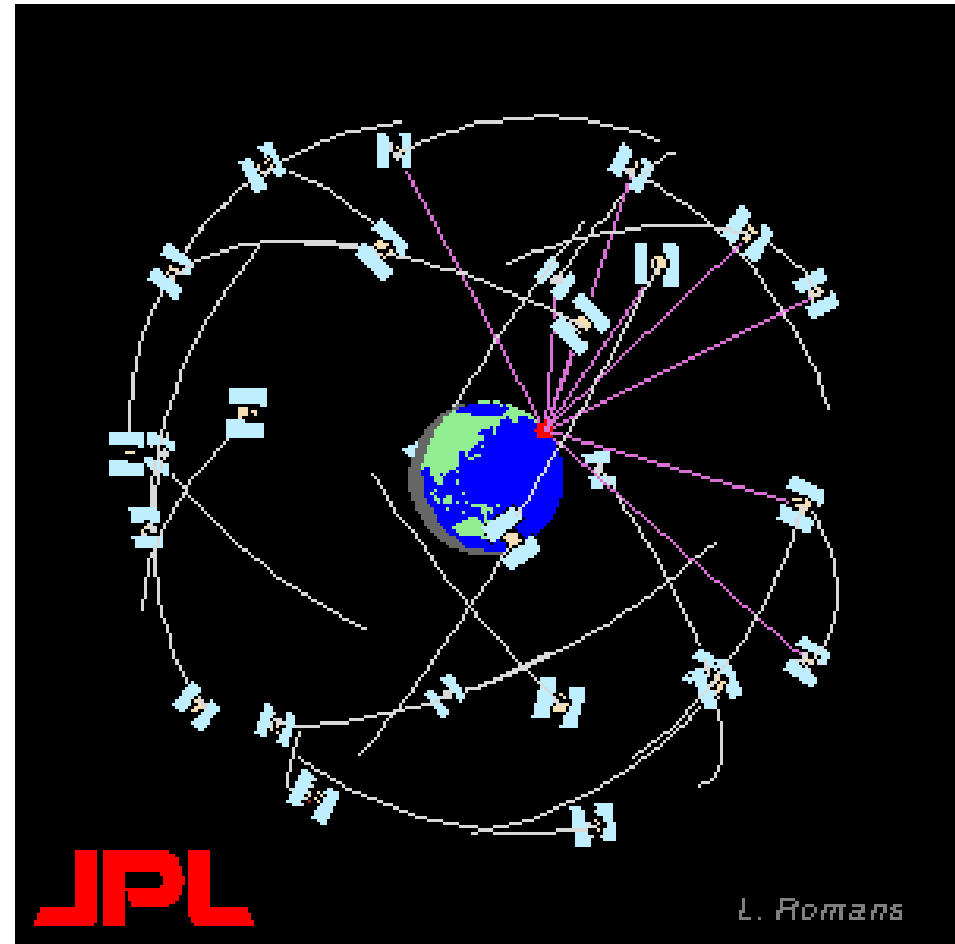


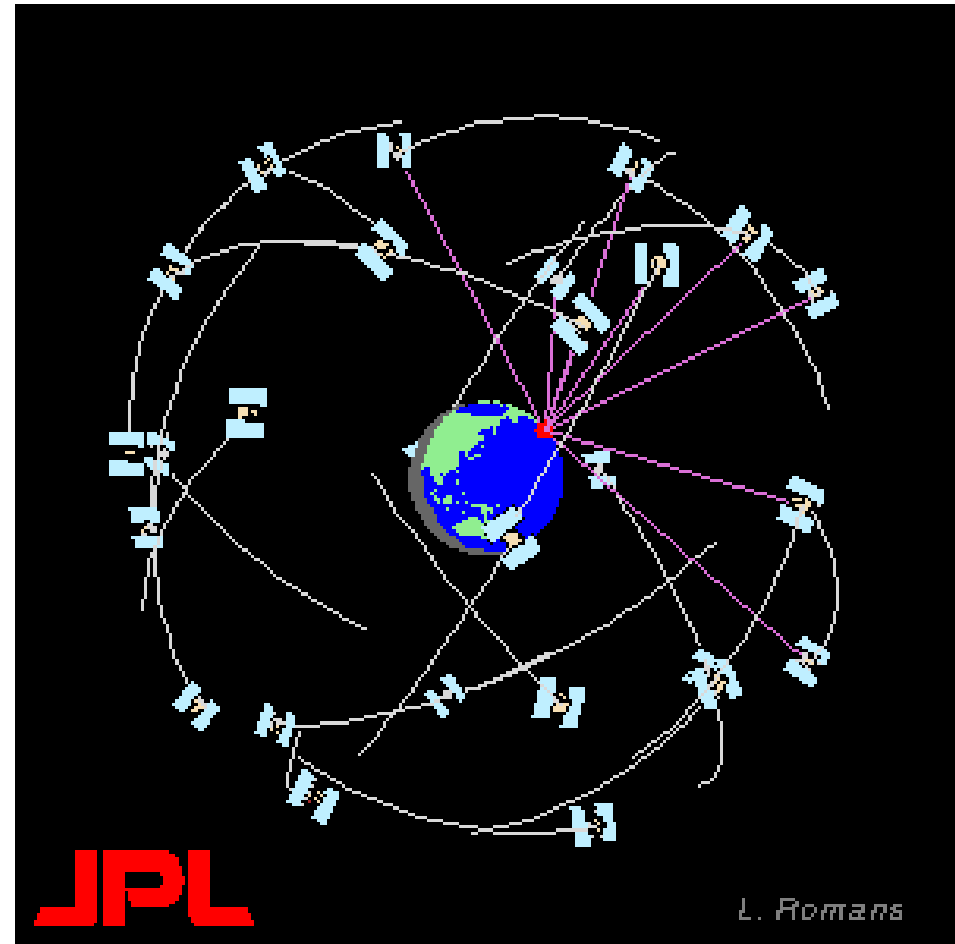
# Globale Navigatie Satelliet Systemen (GNSS): nu en in de toekomst

- Inleiding
- GNSS: nu
- GNSS: toekomst
- Besluit



# Globale Navigatie Satelliet Systemen (GNSS): nu en in de toekomst

- Inleiding
- GNSS: nu
- GNSS: toekomst
- Besluit



# Inleiding: GNSS

- Momenteel: “**vulgarisatie**” van GNSS
  - cfr. GSM rond 1995



Nu: GNSS  $\square$  GPS (V.S.)

- Europese beslissing van 2002: ontwikkeling van **Europees GNSS: “Galileo” tegen 2008 (05/01/16: 11/30 sat.)**
- **Budget: 3.000.000.000 EUR**
  - Oorspronkelijk: Public/Private
  - Nu: belastingsbetaler
  - Later: ook professionele gebruiker



# Globale Navigatie Satelliet Systemen (GNSS): nu en in de toekomst

- Inleiding
- GNSS: nu
- GNSS: toekomst
- Besluit

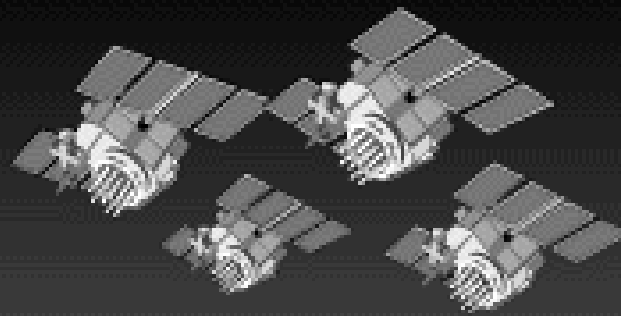


# GNSS = Meestal NAVSTAR GPS

- VS versie van GNSS = Globaal Positionerings Systeem GPS
- Ontwikkeld door U.S. DoD sinds ca. 1970
- Volledig operationeel sinds 1994
- Voorzien: gratis SPS tot 2005
- Positionering van bewegende en stilstaande objecten
- Verschillende nauwkeurigheden i.f.v. gebruikte hard- en software (grootte-orde: 5 m – 5 mm)



## Space segment



### Uplink data

- Satellite ephemeris position constants
- Clock-correction factors
- Atmospheric data
- Almanac

### Downlink data

- Coded ranging signals
- Position information
- Atmospheric data
- Almanac



Ground  
Antenna

Master  
control  
station



Monitor  
stations

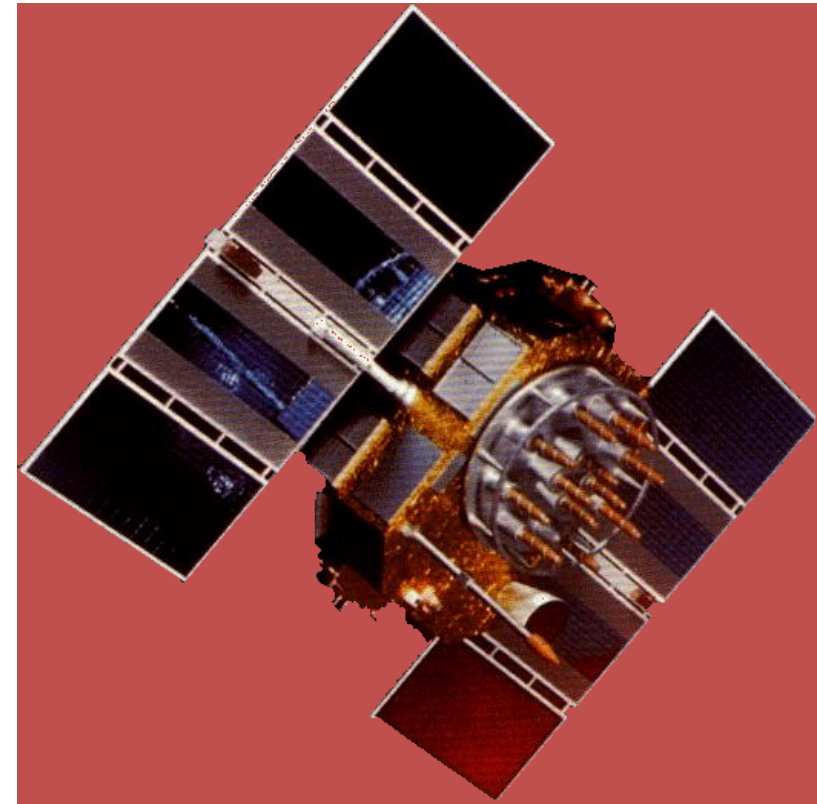
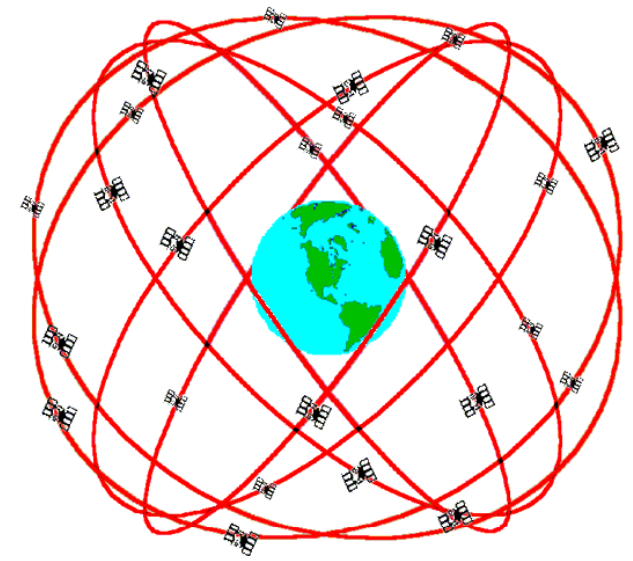
## Control segment



User segment

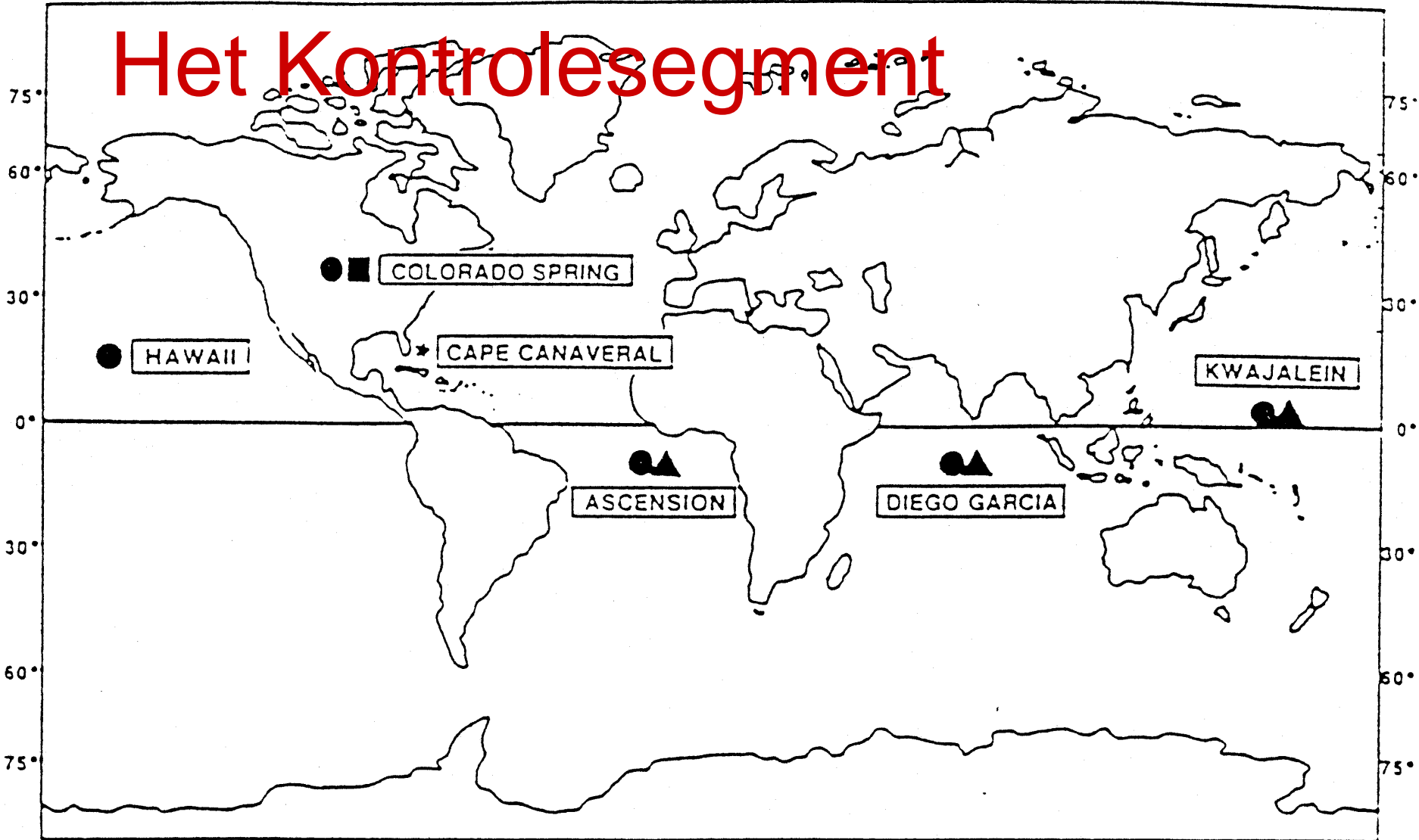
# Het Ruimtesegment

- Min. 24 (meestal ca. 30) satellieten
- 6 loopbanen met een inclinatie van  $55^\circ$  t.o.v de evenaar
- Hoogte van  $\sim 20.200$  km
- Omlooptijd van 11h58 h.
- Waarnemingsvenster van ongeveer 5 u per satelliet
- Minimaal 4 satellieten zichtbaar op ieder moment en overal op aarde



180° 150° 120° 90° 60° 30° 0° 30° 60° 90° 120° 150° 180°

# Het Controlesegment



■ MASTER CONTROL STATION

● MONITOR STATION

▲ GROUND ANTENNA

★ Prelaunch Capability Station  
(Functional Ground Antenna)



# Het gebruikerssegment

Verschillende nauwkeurigheid (5 m – 5 mm), afhankelijk van hard- en software:

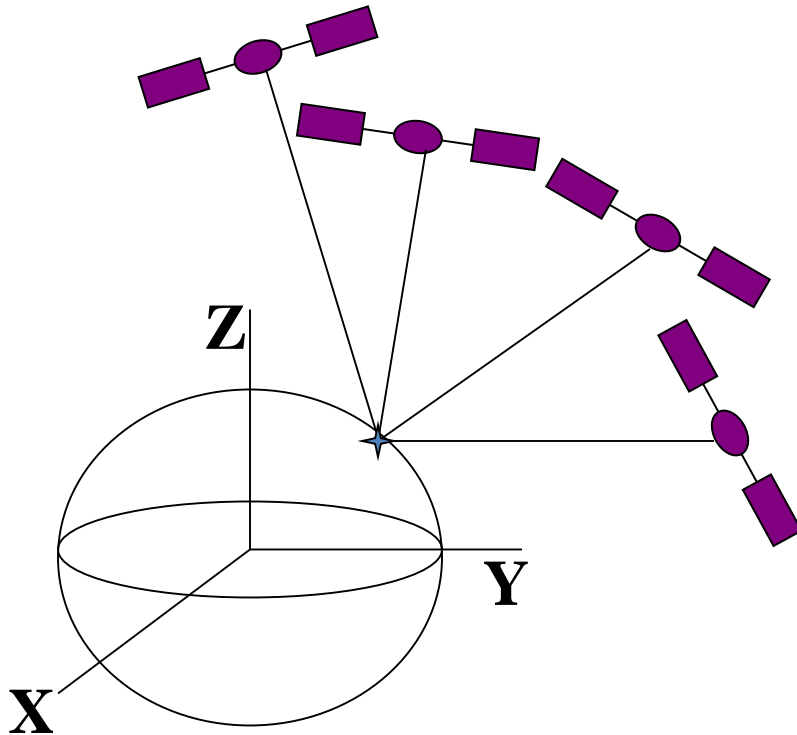
-Code (= pseudo-afstanden) of fase

-Absoluut (= mono) of relatief (= differentieel)

-Real-time of Post-Proces.



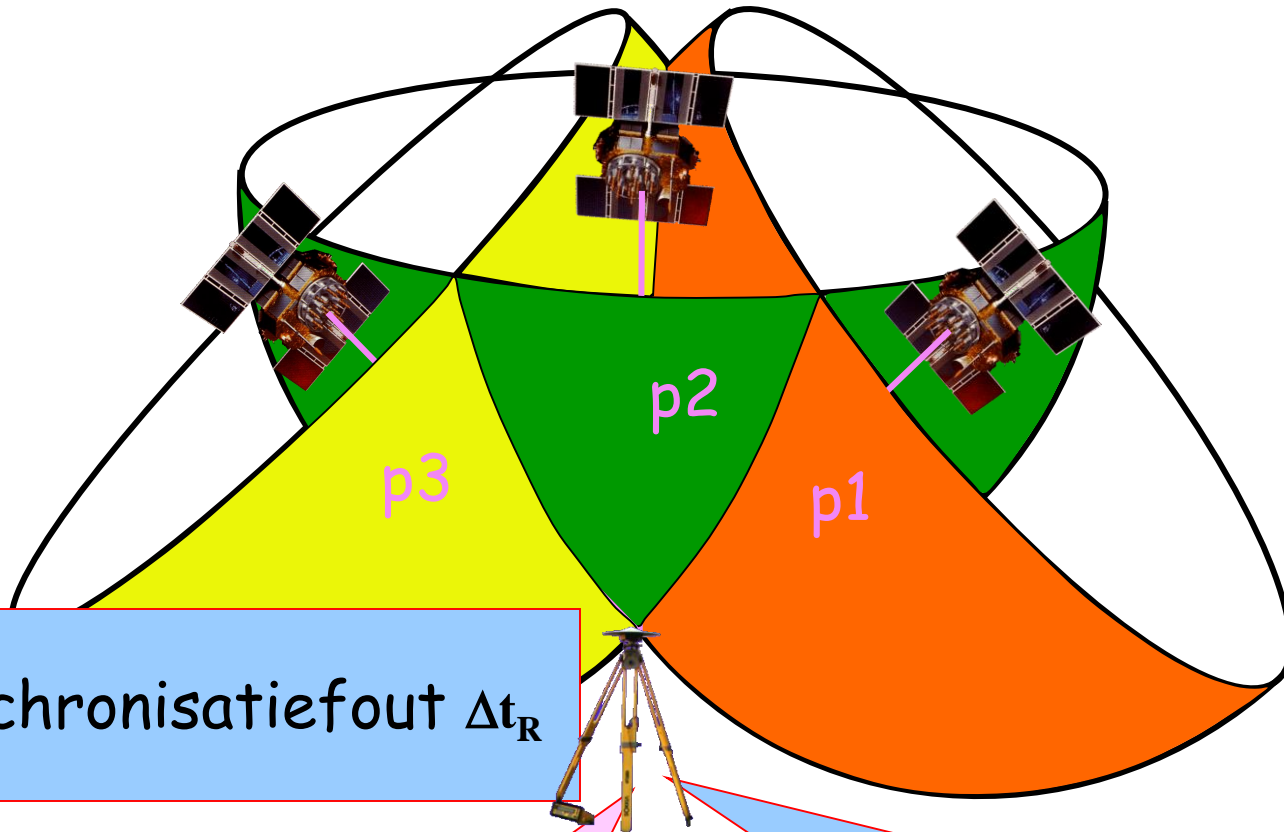
# GPS: werkingsprincipe



Earth Centered, Earth fixed (ECEF)

- GPS meet **pseudo afstanden**
- **4 satellieten noodzakelijk** want 4 onbekenden (3-dim + ontvangerklokfout)

# Plaatsbepaling: 4 satellieten noodzakelijk



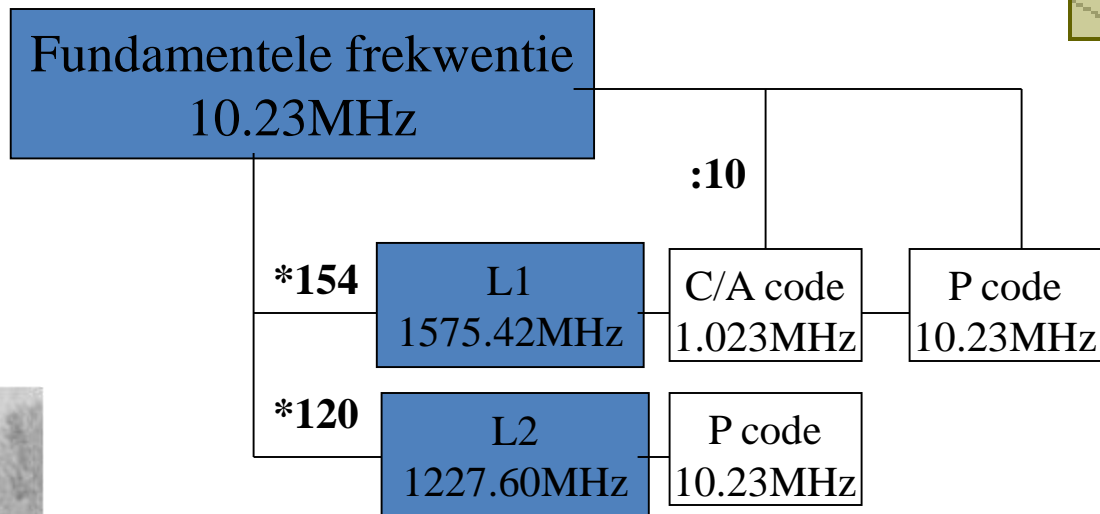
Synchronisatiefout  $\Delta t_R$

Positie = punt  $\cap$  3 boloppervlakken en

???

3 Sat  $\cap$  2 en Tijd  
4 Sat  $\cap$  1

# GPS Signaal Structuur



Navigatie Boodschap  
50bps

- Nieuwste generatie satellieten:
- L5 (luchtvaart)
- Splitsing L2M/L2C
- Splitsing L1M/L1C



# GPS

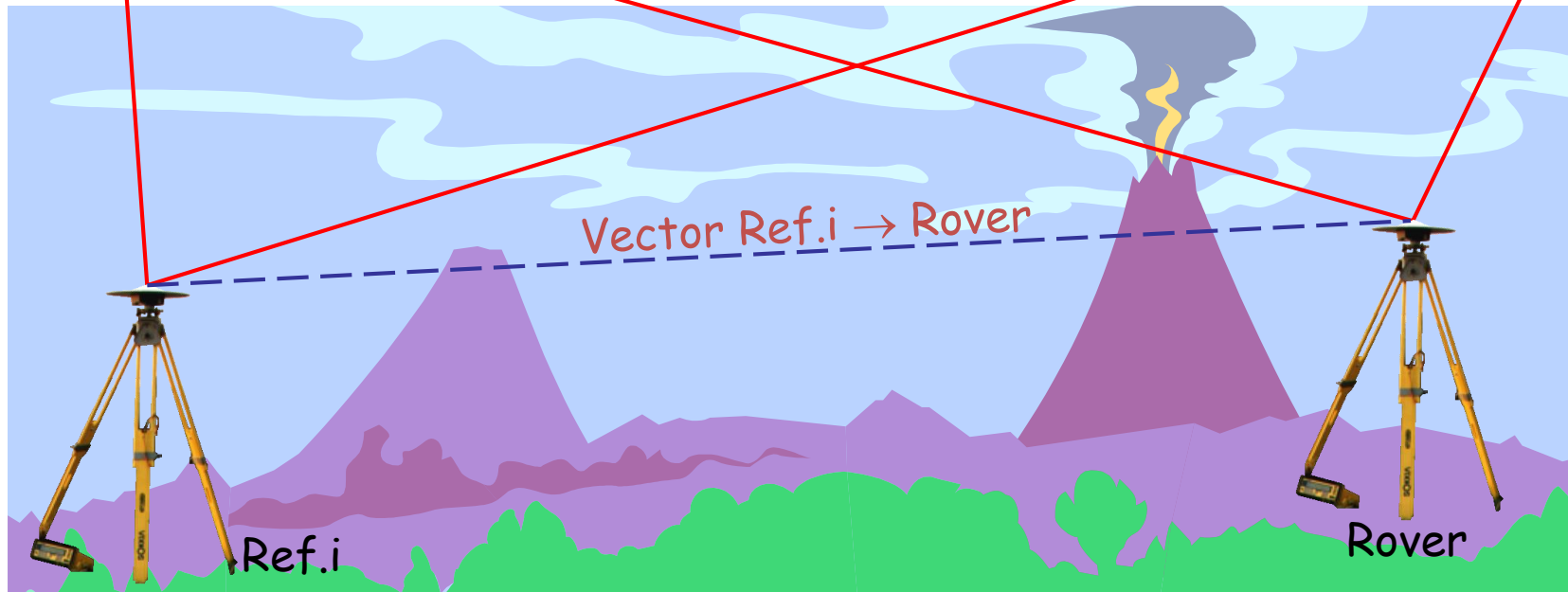
<b>Methode</b>	<b>Techniek</b>	<b>Nauwk.(1<math>\sigma</math>)</b>	<b>Tijd</b>	<b>Prijs</b>
<i>Absolute plaatsbep.</i>	<i>Code</i>	<i>5 m</i>	<i>real-time</i>	<i>250 EUR</i>
<i>DGPS</i>	<i>Code</i>	<i>5 dm</i>	<i>real-time</i>	<i>2.500 EUR</i>
<i>RTK</i>	<i>Fase</i>	<i>5 cm</i>	<i>real-time</i>	<i>25.000 EUR</i>
<i>Relatieve plaatsbep.</i>	<i>Fase</i>	<i>5 mm</i>	<i>post-proc.</i>	<i>25.000 EUR</i>

# GPS



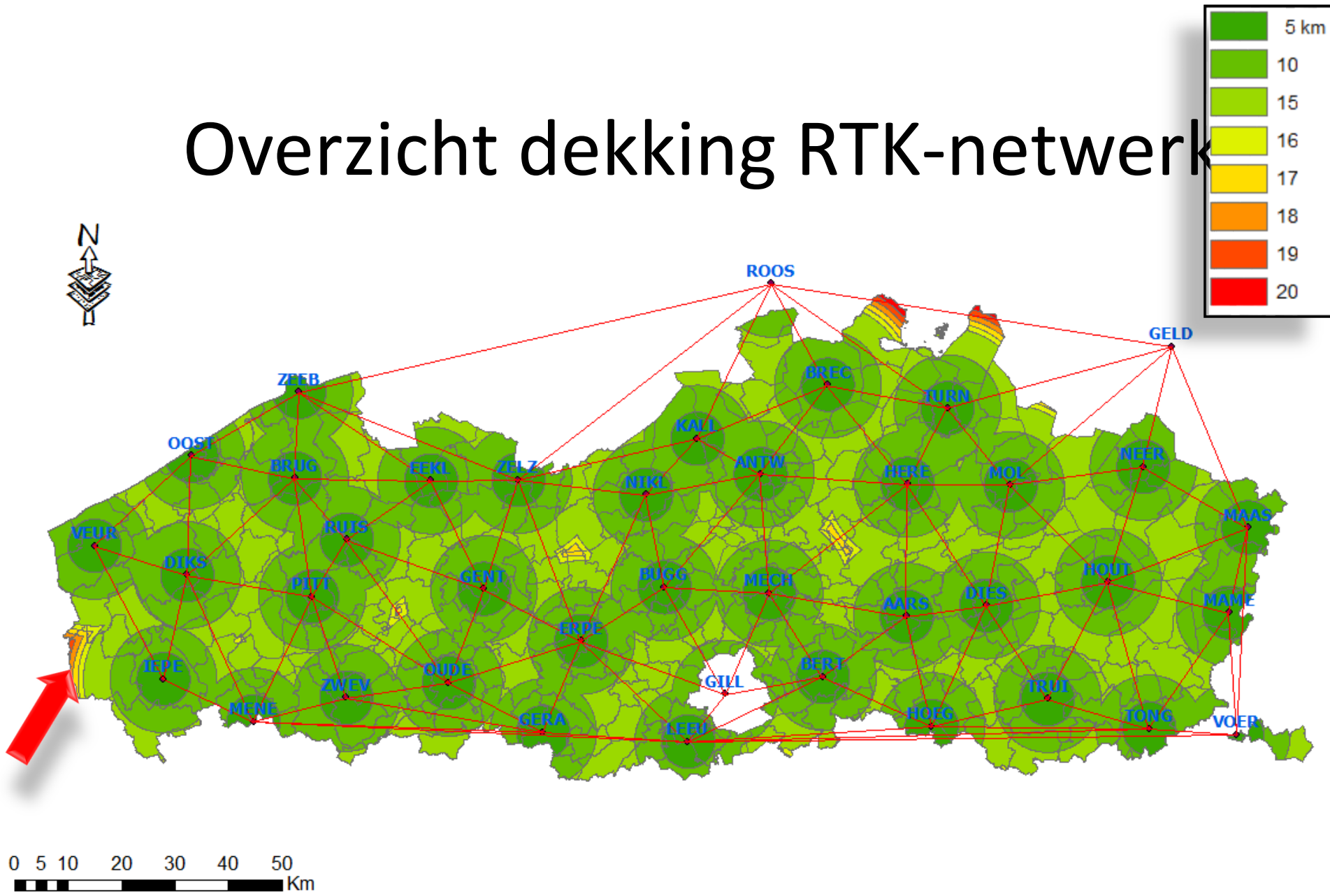
<b>Methode</b>	<b>Techniek</b>	<b>Nauwkeur.</b>	<b>Tijd</b>	<b>Prijs</b>
<i>Absolute plaatsbep.</i>	<i>Code</i>	<i>5 m</i>	<i>real-time</i>	<i>500 EUR</i>
<i>DGPS</i>	<i>Code</i>	<i>5 dm</i>	<i>real-time</i>	<i>5.000 EUR</i>
<i>RTK</i>	<i>Fase</i>	<i>5 cm</i>	<i>real-time</i>	<i>50.000 EUR</i>
<i>Relatieve plaatsbep.</i>	<i>Faze</i>	<i>5 mm</i>	<i>post-proc.</i>	<i>50.000 EUR</i>

# Relatieve Plaatsbepaling met fasemetingen



- Enige methode met landmeetkundige of geodetische nauwkeurigheid
- Geen onderlinge zichtbaarheid nodig
- Afstanden tot meer dan 50 km tussen reference en rover
- Minimum 1 reference is noodzakelijk maar tegenwoordig vaak (Real Time Kinematic) netwerk (bvb. FLEPOS).

# Overzicht dekking RTK-netwerk





# Vergelijking GPS - Totaalstation

## Voordelen

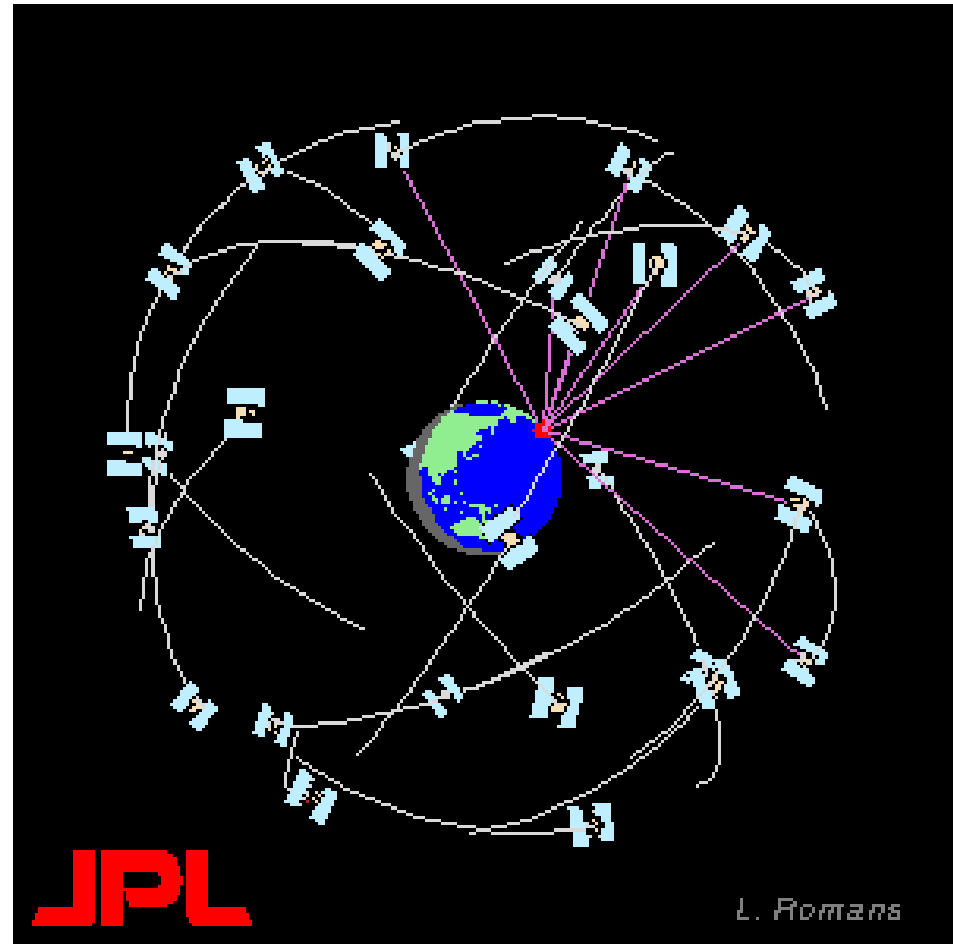
- GPS in **alle omstandigheden** mogelijk
  - alle weersomstandigheden
  - ook 's nachts
  - geen onderlinge zichtbaarheid nodig
  - grote afstanden mogelijk
- slechts **1 operator**
- multi-user systeem
- bewegend object mogelijk

## Nadelen

- **multipath** vermindert de nauwkeurigheid
- **open hemel** nodig
  - geen metingen in gebouwen, onder bruggen, in mijnen, in tunnels
  - gedeeltelijke afscherming: in de stad of in bossen, ...
- **Transformatie** van coördinaten nodig
- **hoogtebepaling** minder nauwkeurig

# Globale Navigatie Satelliet Systemen (GNSS): nu en in de toekomst

- Inleiding
- GNSS: nu
- **GNSS: toekomst**
- Besluit



# GNSS: toepassing: schepen

- Koopvaardij: navigatie: absolute plaatsbepaling
- Baggersector: relatieve plaatsbepaling: nauwkeurigheden:
  - 0,5 m bij code-ontvangst (sleephopperzuigers)
  - centimeternauwkeurigheid bij fase-ontvangst (off-shore + snijkopzuigers + peilboten)(ontwikkeling van PPP = precise point positioning)



# GNSS: Toepassing: auto

- Verkeersbegeleiding (instructies)
- Diefstalbeveiliging
- Automatisch alarm bij impact
- Voertuigen: veiligheid (snelheidsbeheersing)
- Coördinatie hulpdiensten
- Autonome voertuigen (in combinatie met inertiael systeem)



# GNSS: Toepassing: burgervliegtuigen,...

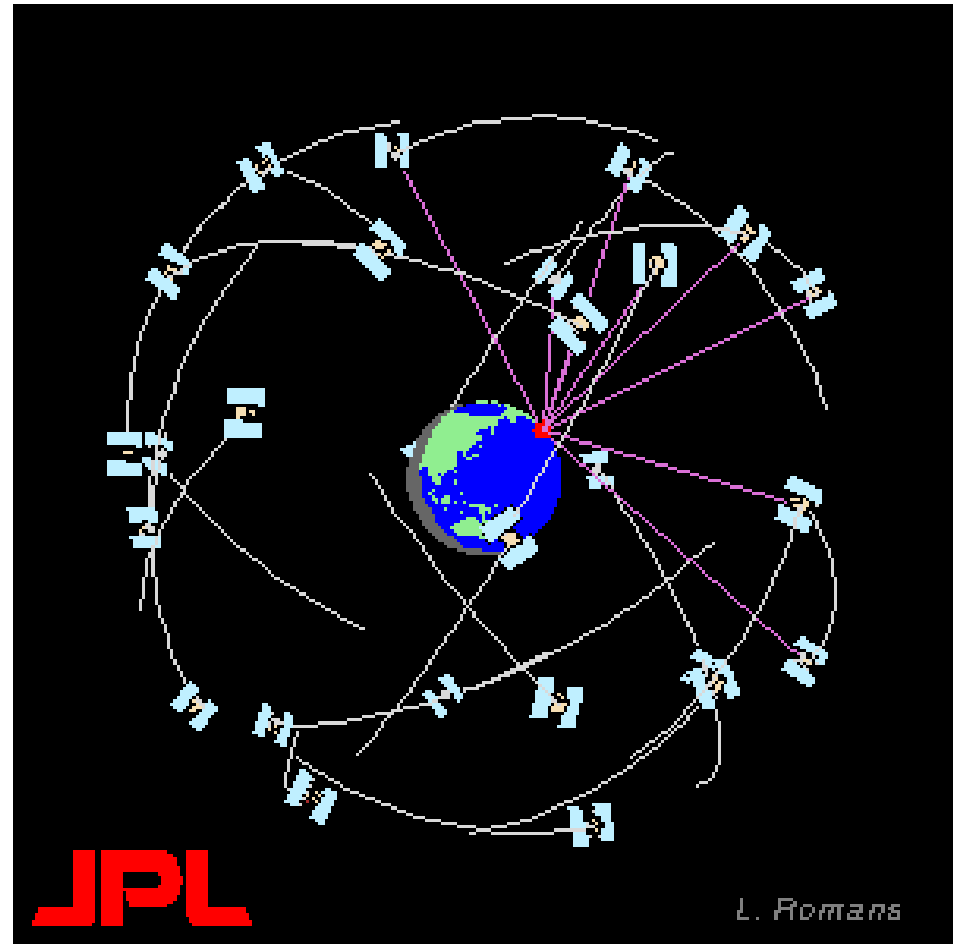


- Nu: enkel als hulpsysteem maar volop in ontwikkeling (L5). Toevoegen van
  - Betrouwbaarheid (integriteit)
  - Garantie op continuïteit (6s.)
  - Controle op nauwkeurigheid
- Toekomst: ook voor spoorwegen



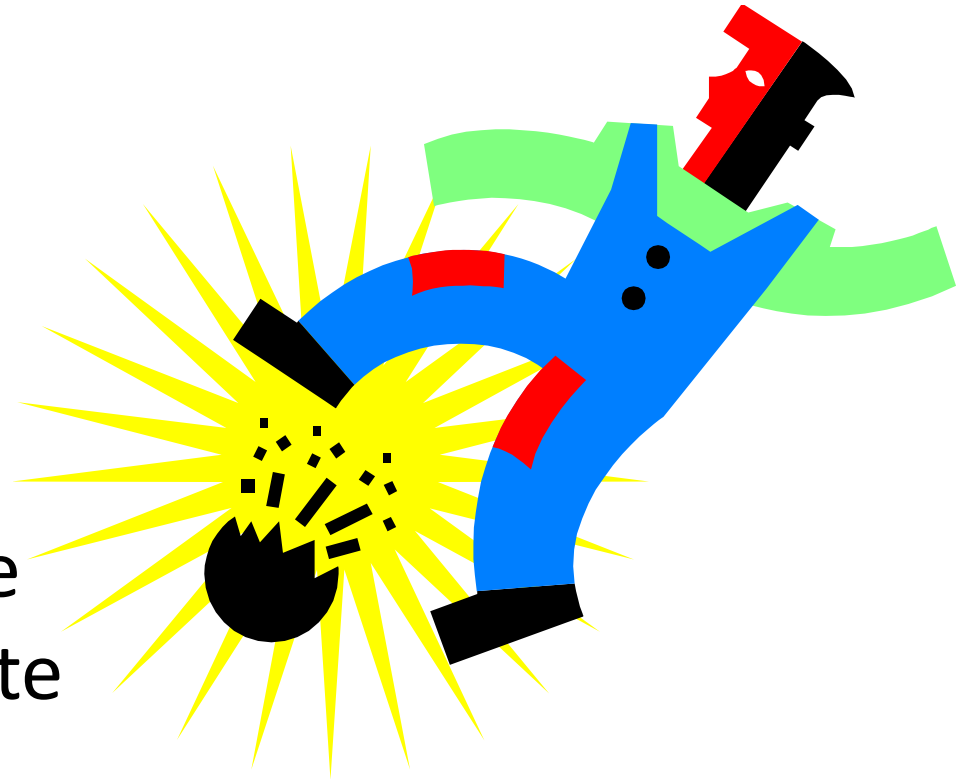
# Globale Navigatie Satelliet Systemen (GNSS): nu en in de toekomst

- Inleiding
- GNSS: nu
- GNSS: toekomst
- **Besluit**



# GNSS: niet zonder gevaar !

- “Black box”–systeem
- “Meest waarschijnlijke oplossing”  $\leftrightarrow$  “Correcte oplossing”



# Besluit

- Belangrijkste blijft: met **gezond verstand** en **voorzichtigheid** gebruiken (“black box”) voor **geschikte** taken, zoniet...

