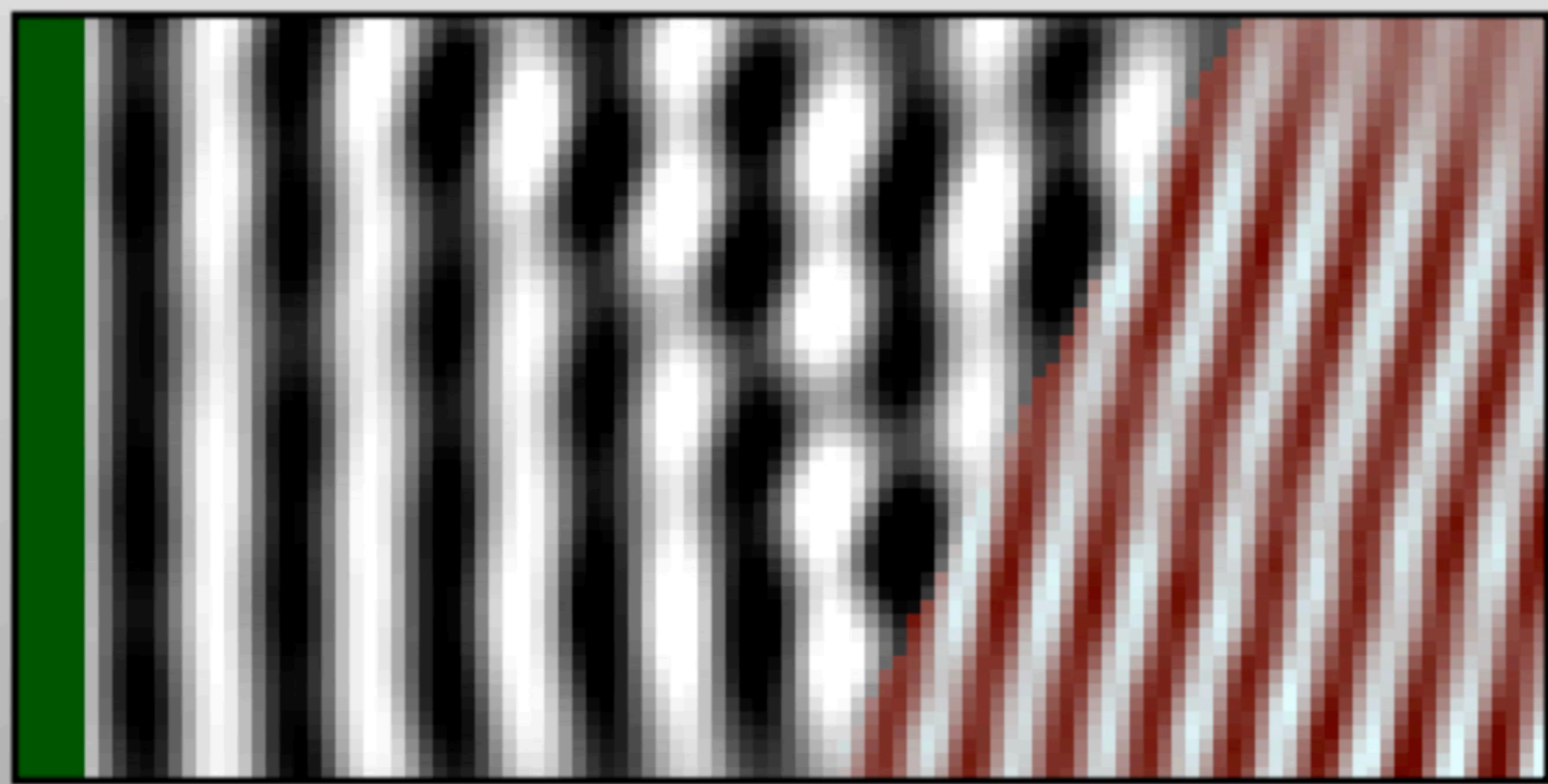
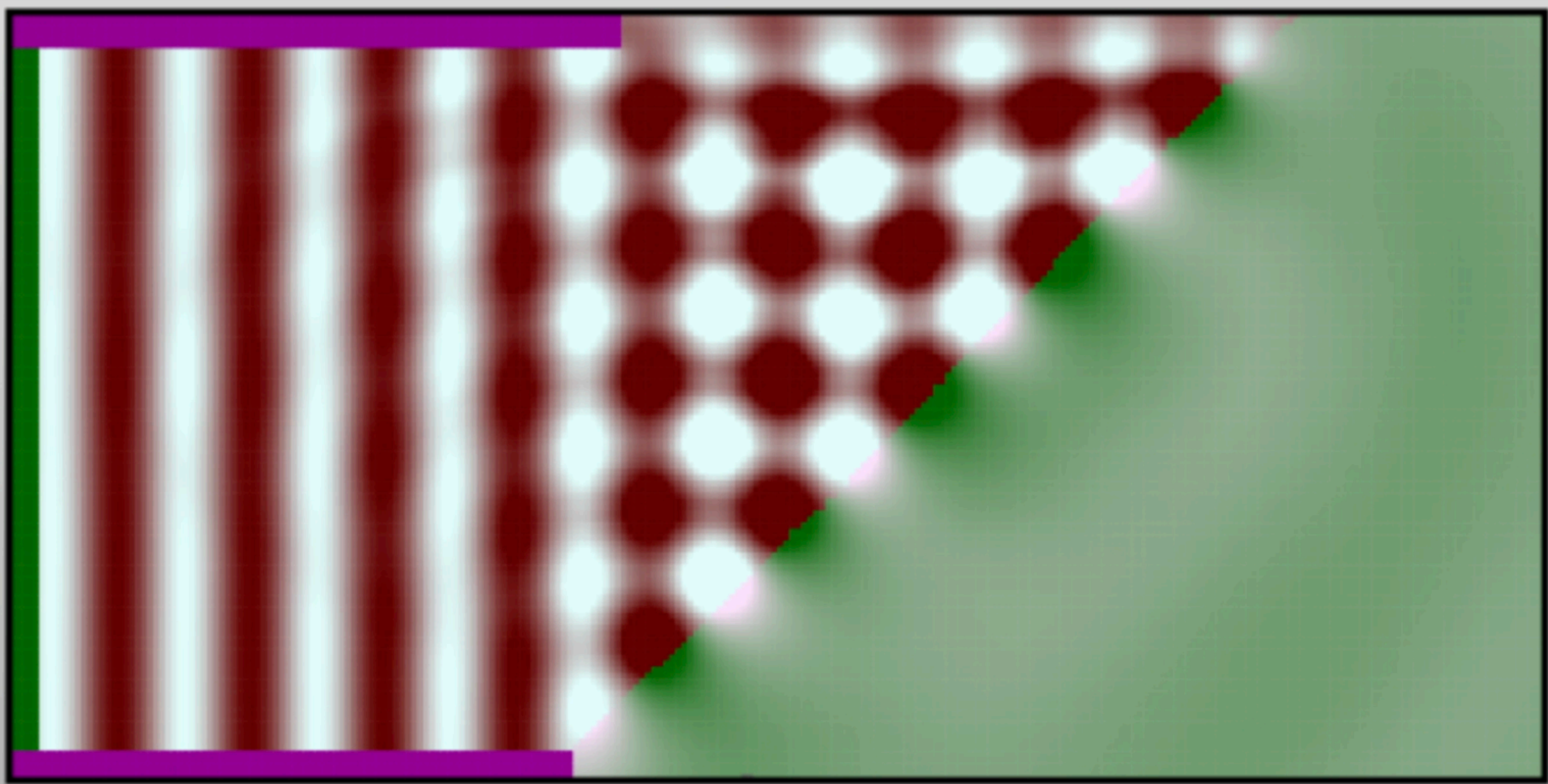


Aaltojen ilmiötä tasossa

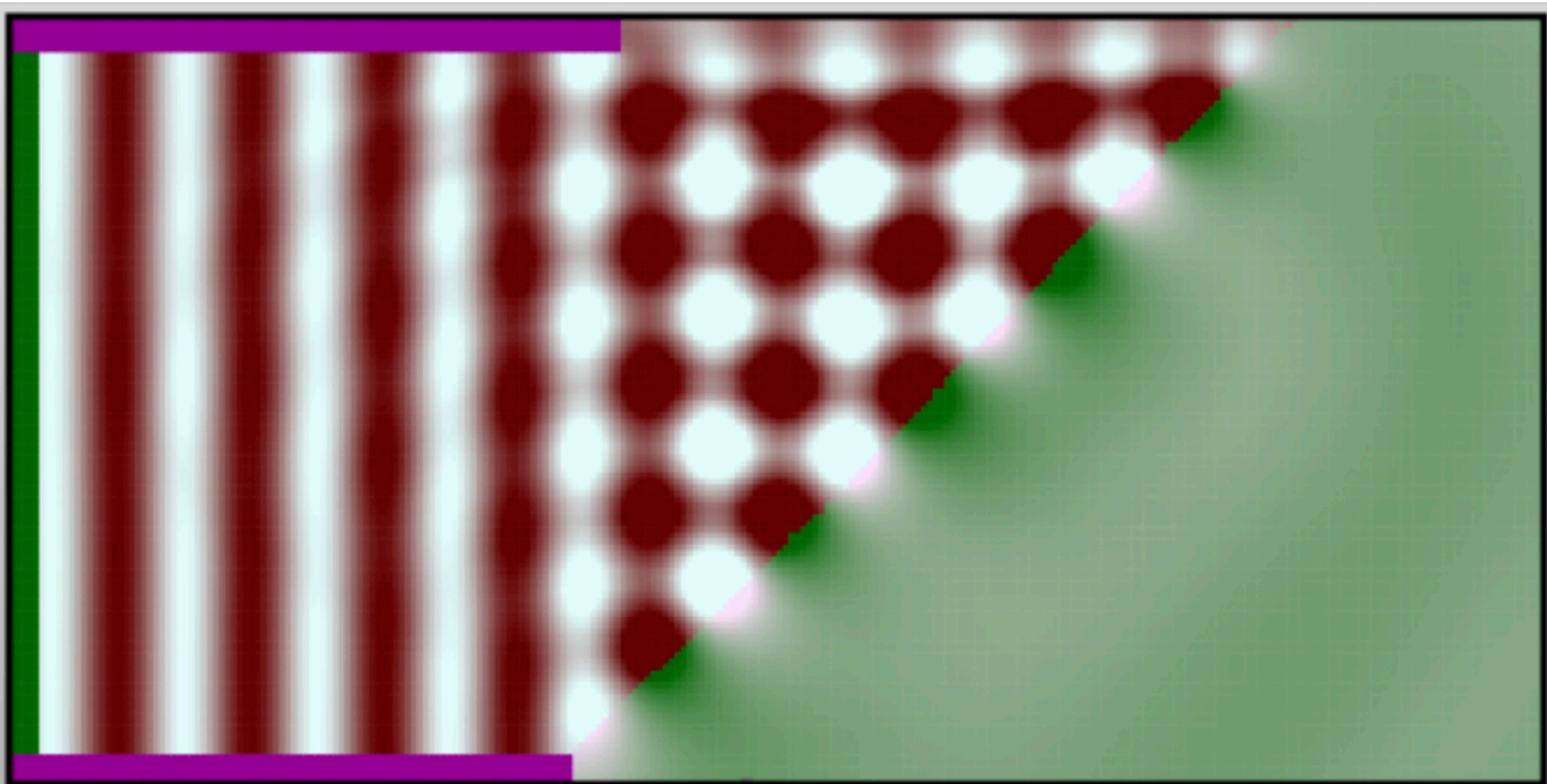
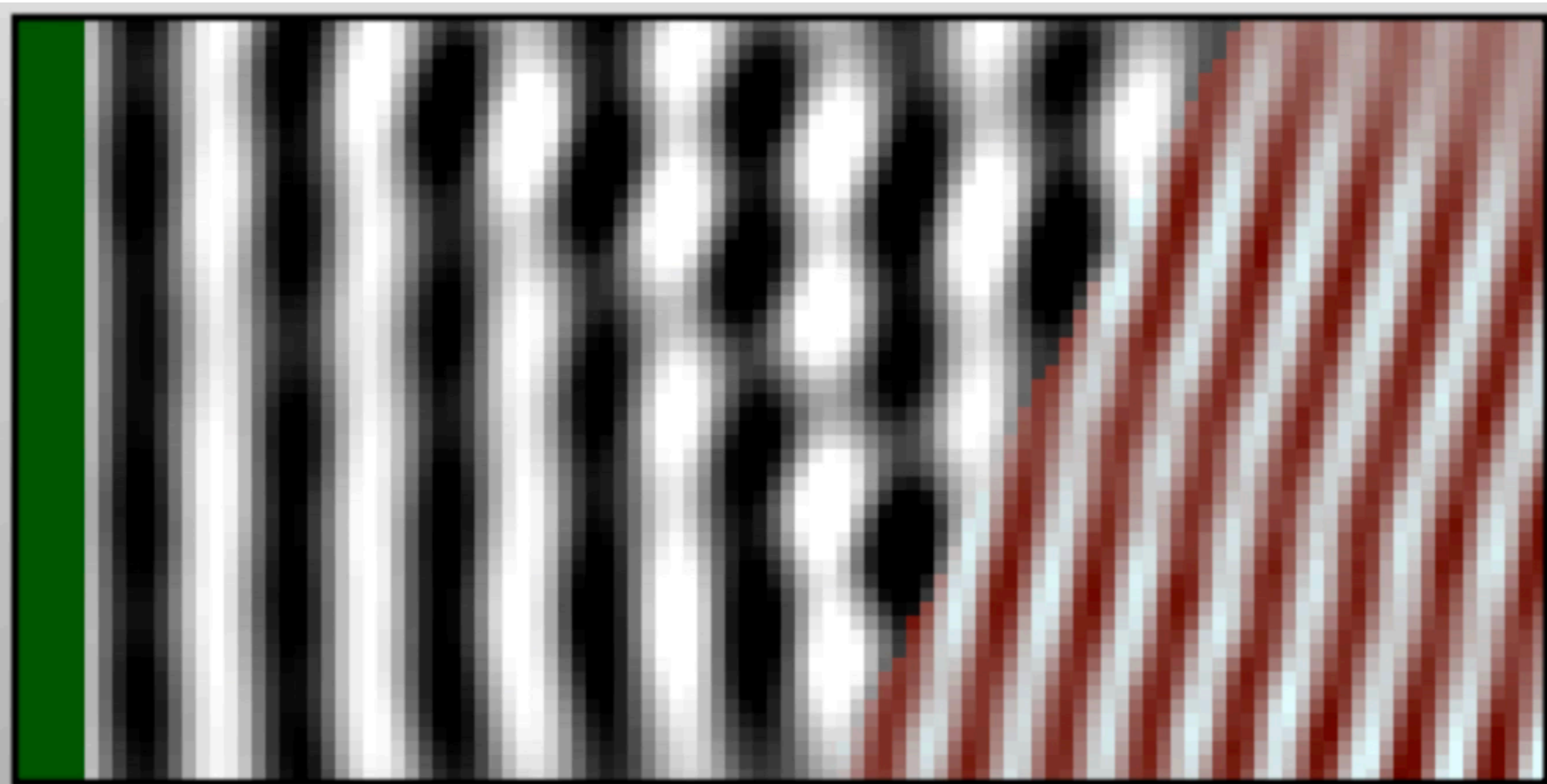


Tässä materiaalissa on demonstroitu aaltojen ilmiöitä simuloimalla tasossa kulkevia aaltoja.

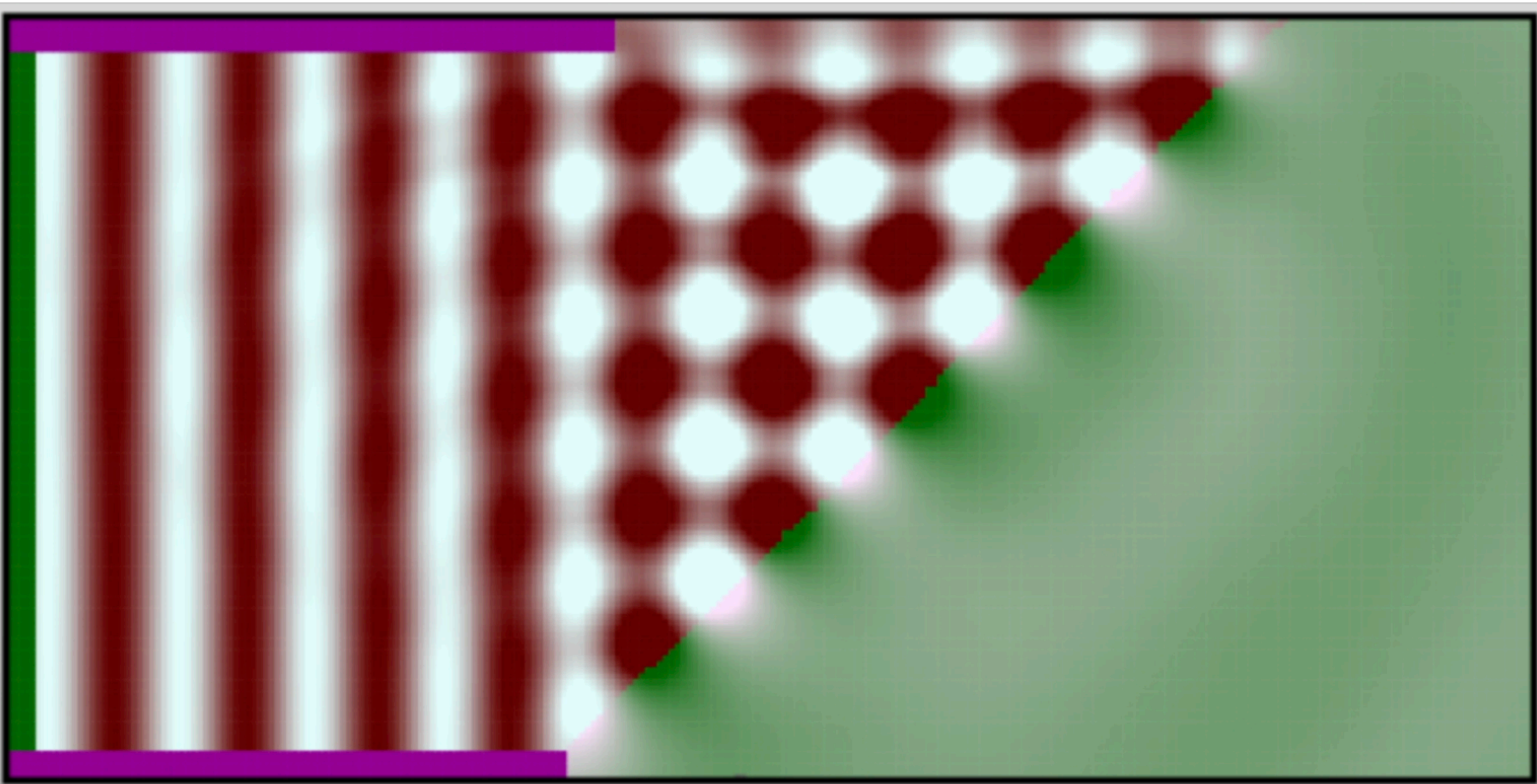
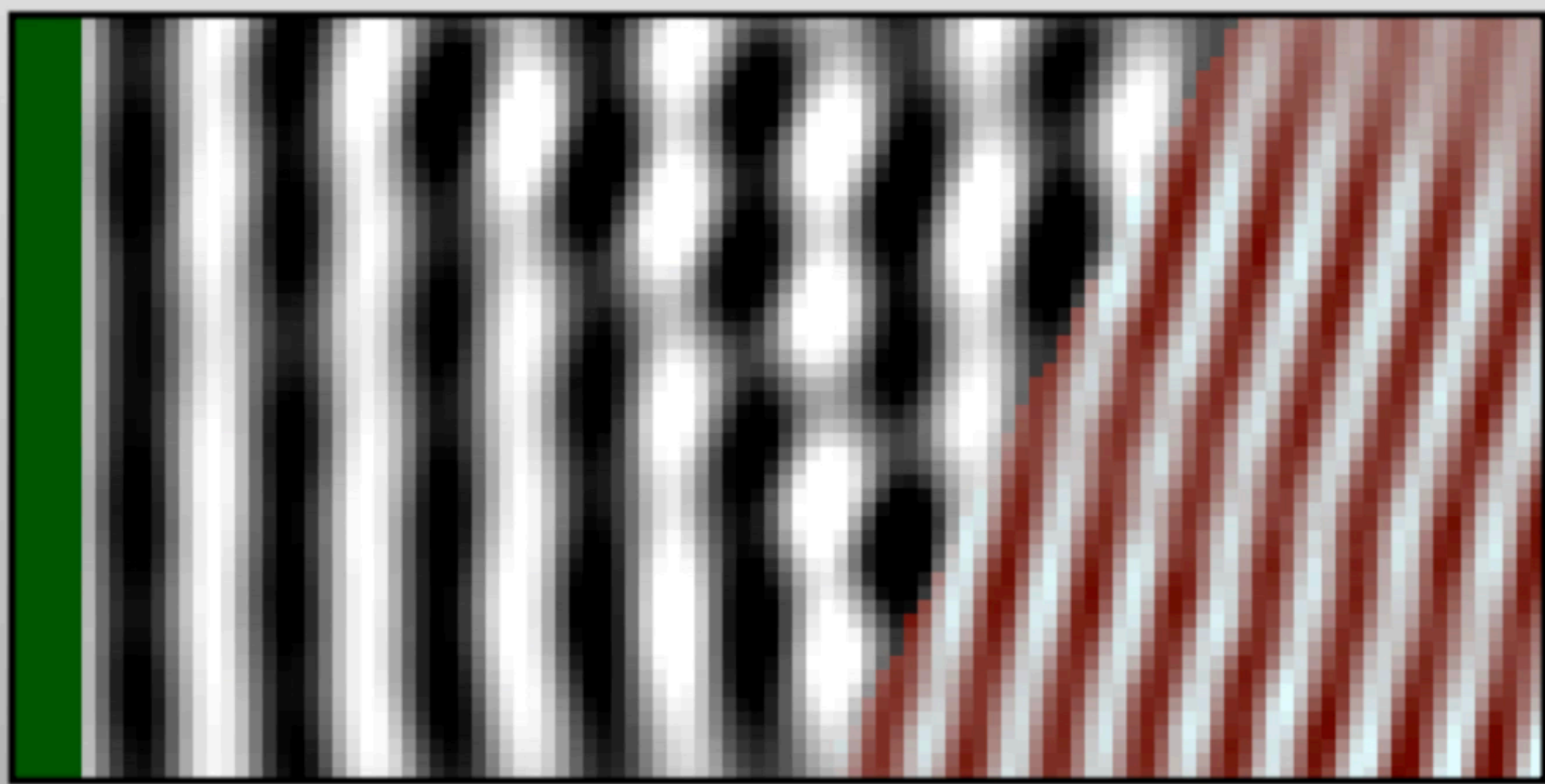
Simulaatioissa esitellään aaltojen ilmiöistä heijastuminen ja taittuminen, kokonaisheijastuminen, tunnelointi, linssit, seisovat aallot, interferenssi sekä diffraktio.



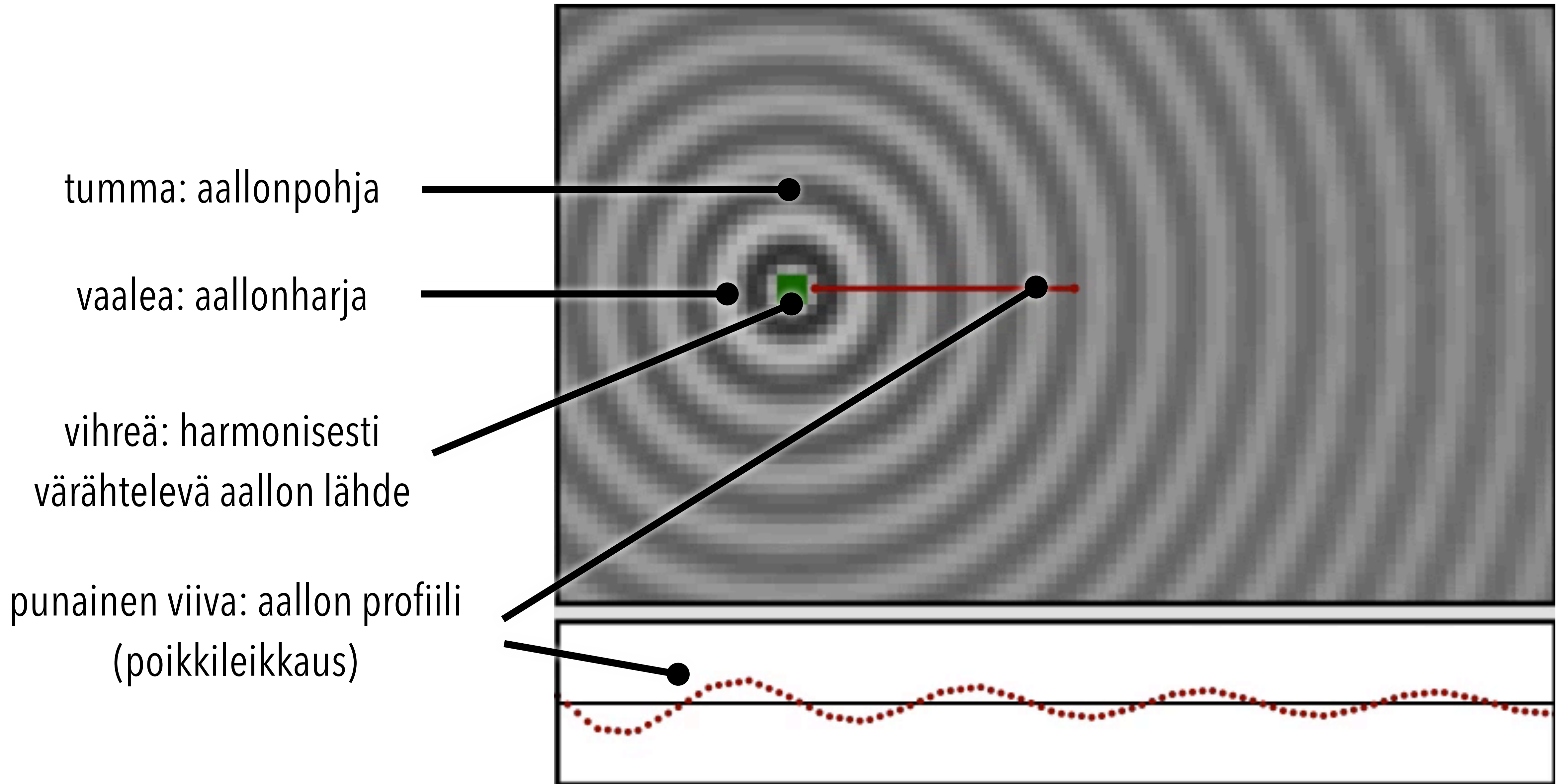
Simulaatio on toteutettu JavaScript-kielellä ja se toimii tavallisessa verkkoselaimessa. Sitä saa käyttää samalla lissensillä kuin kaikkea muutakin paketin materiaalia. Oppijat voivat luoda simulaattorilla omia systeemejään ja tutkia siten omatoimisesti aaltojen käytöstä.

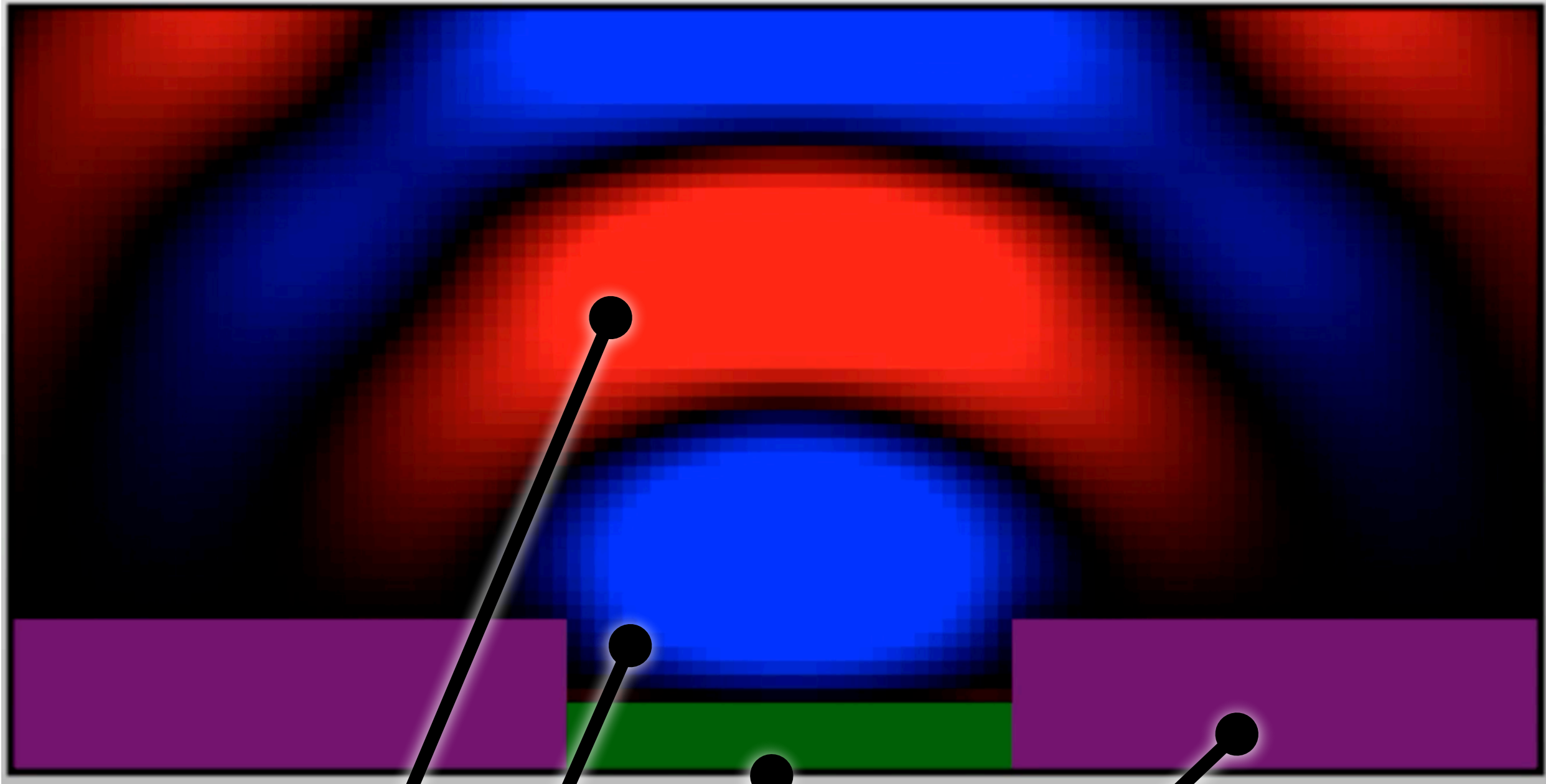
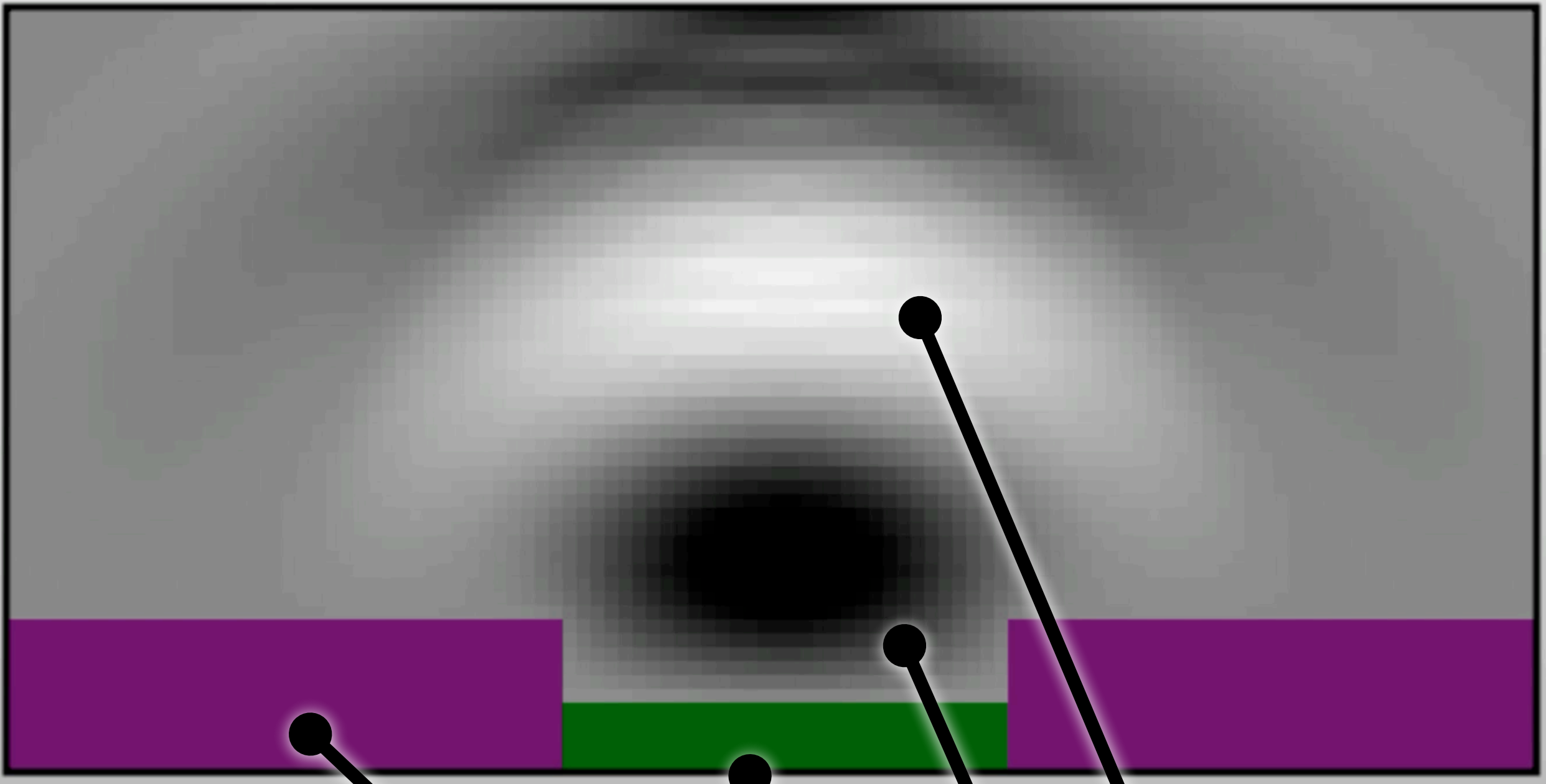


- Simulaatio toimii piirto-ohjelman tavoin.
- Käyttäjä voi piirtää tasoon aaltojen lähteitä, seiniä ja väliainetta.
- Simulaatiossa on kolme eri väliainetta, joissa aallot kulkevat eri nopeudella.
- Aaltojen lähteet värähtelevät harmonisesti samassa vaiheessa käyttäjän säätämällä taajuudella.



- Simulaation jokainen väliaineeksi määritelty pikseli on massallinen hiukkanen, joka pääsee liikkumaan kohtisuorassa kuvan tasoa vastaan.
- Kukin hiukkanen on kiinnitetty naapureihinsa jousilla.
- Ohjelma simuloi hiukkasten liikettä reaaliaikaisesti velocity Verlet -algoritmilla.
- Lopputuloksena on lievästi dispersiivinen väliaine.
- Simulaatioalueen reunoilla, kuvan ulkopuolella, on kapea alue, jossa aaltoliikettä vaimennetaan voimakkaasti. Tämän jälkeen simulaatioalue loppuu.
- Simulaatioalueen reunoihin osuvat aallot heijastuvat takaisin, ja vaimennuksesta huolimatta osa niistä kulkeutuu takaisin simulaatioon. Tämä näkyy videoissa.





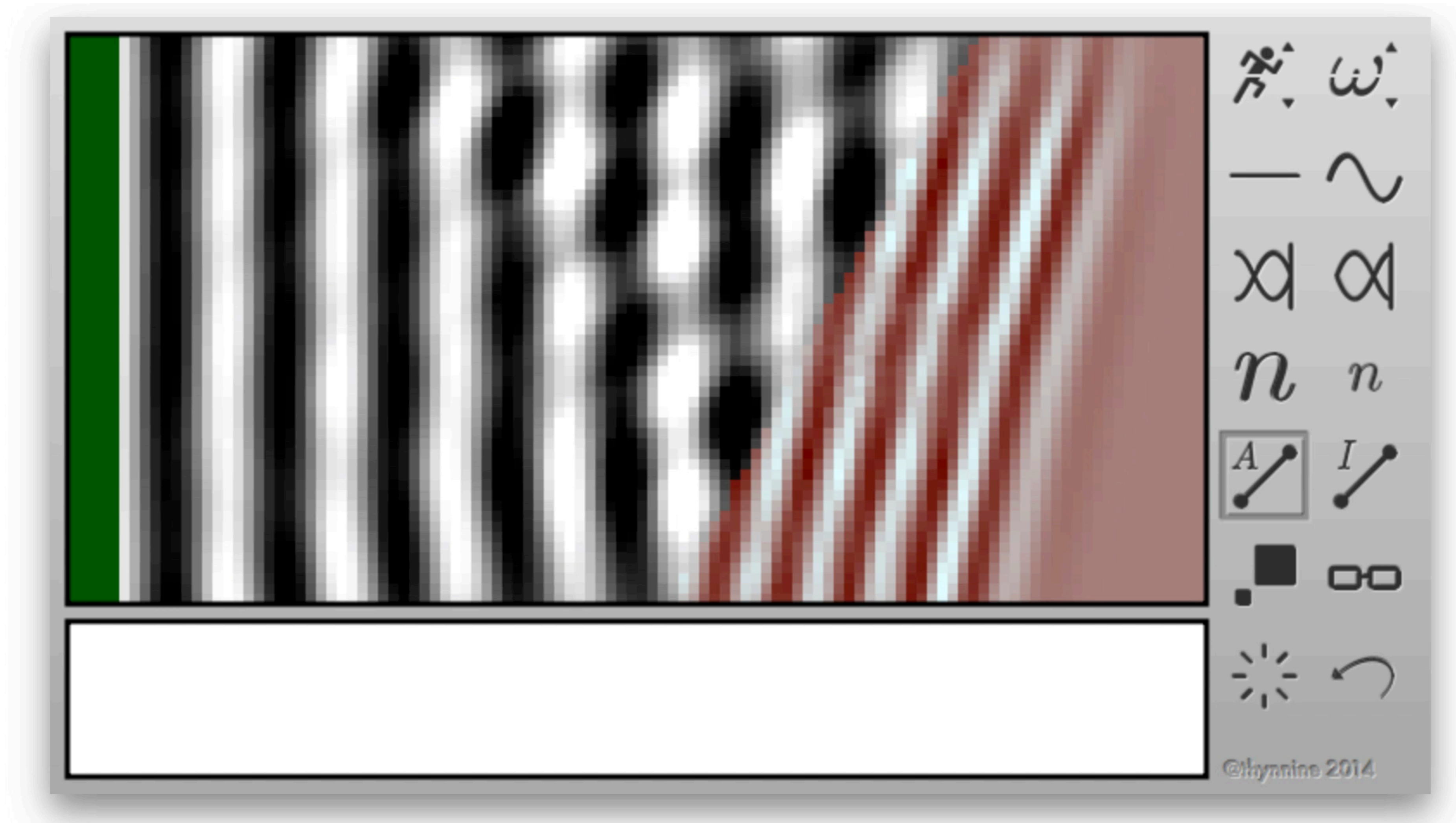
vaalea tai punainen: aallonharja

tumma tai sininen: aallonpohja

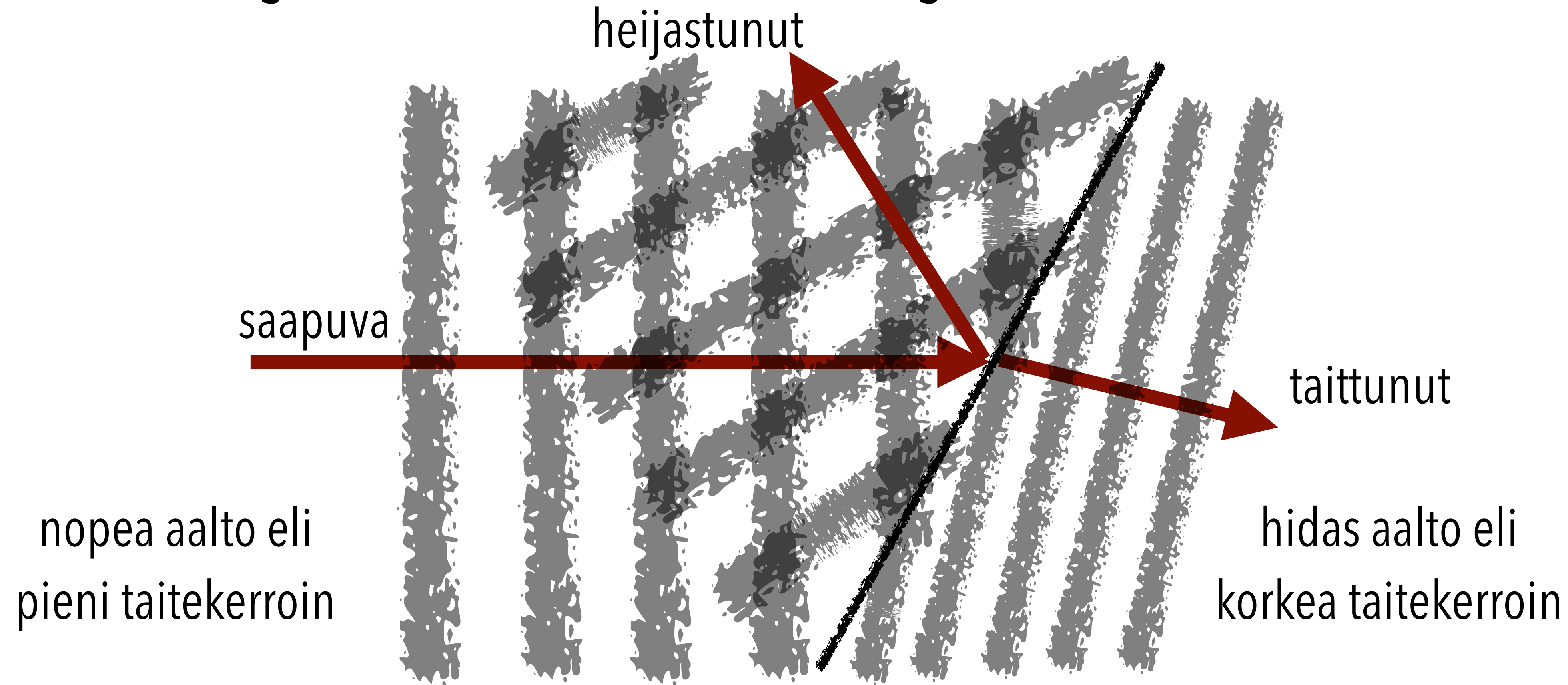
vihreä: harmonisesti värähtelevä aallon lähde

violetti: seinä

Heijastuminen ja taittuminen

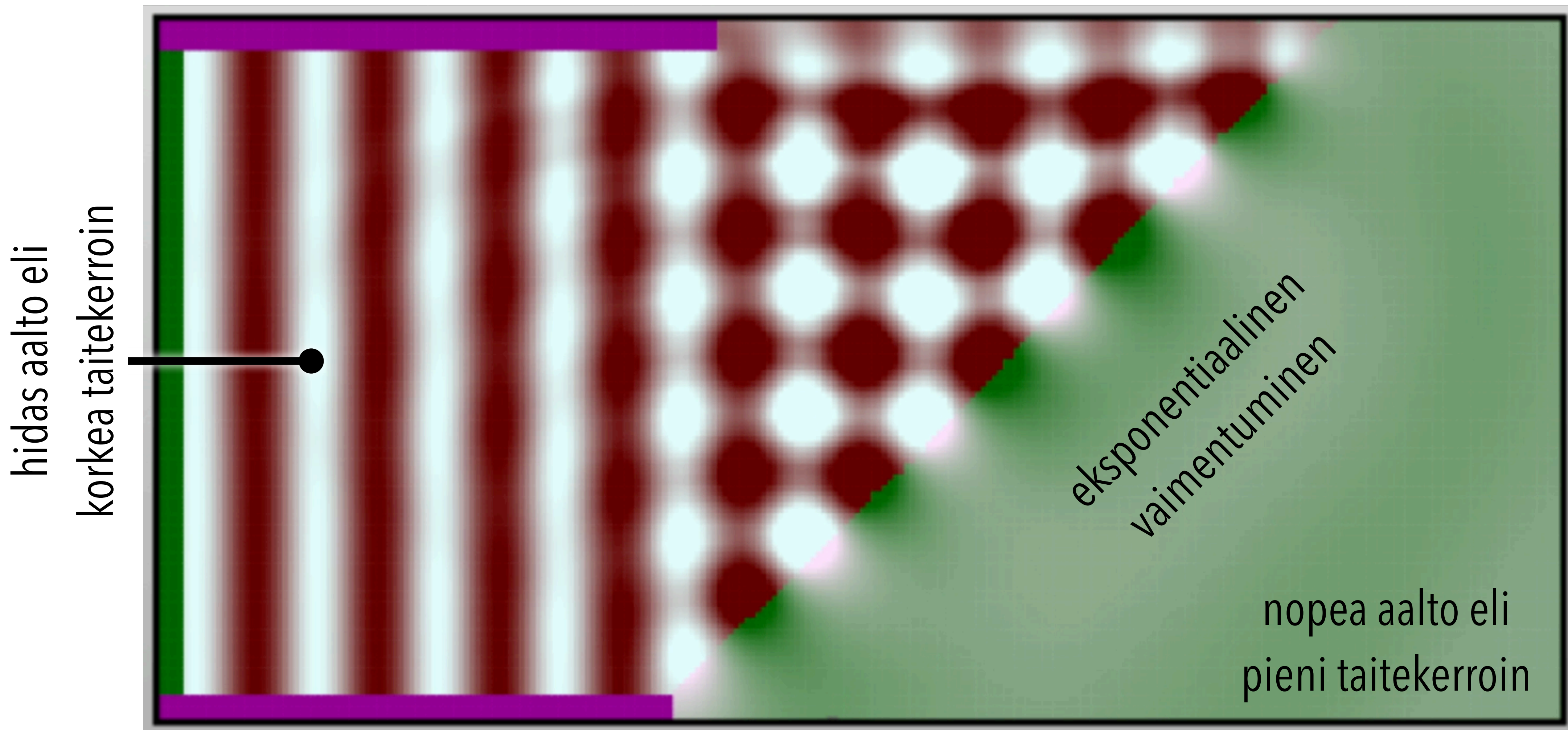


Heijastuminen ja taittuminen



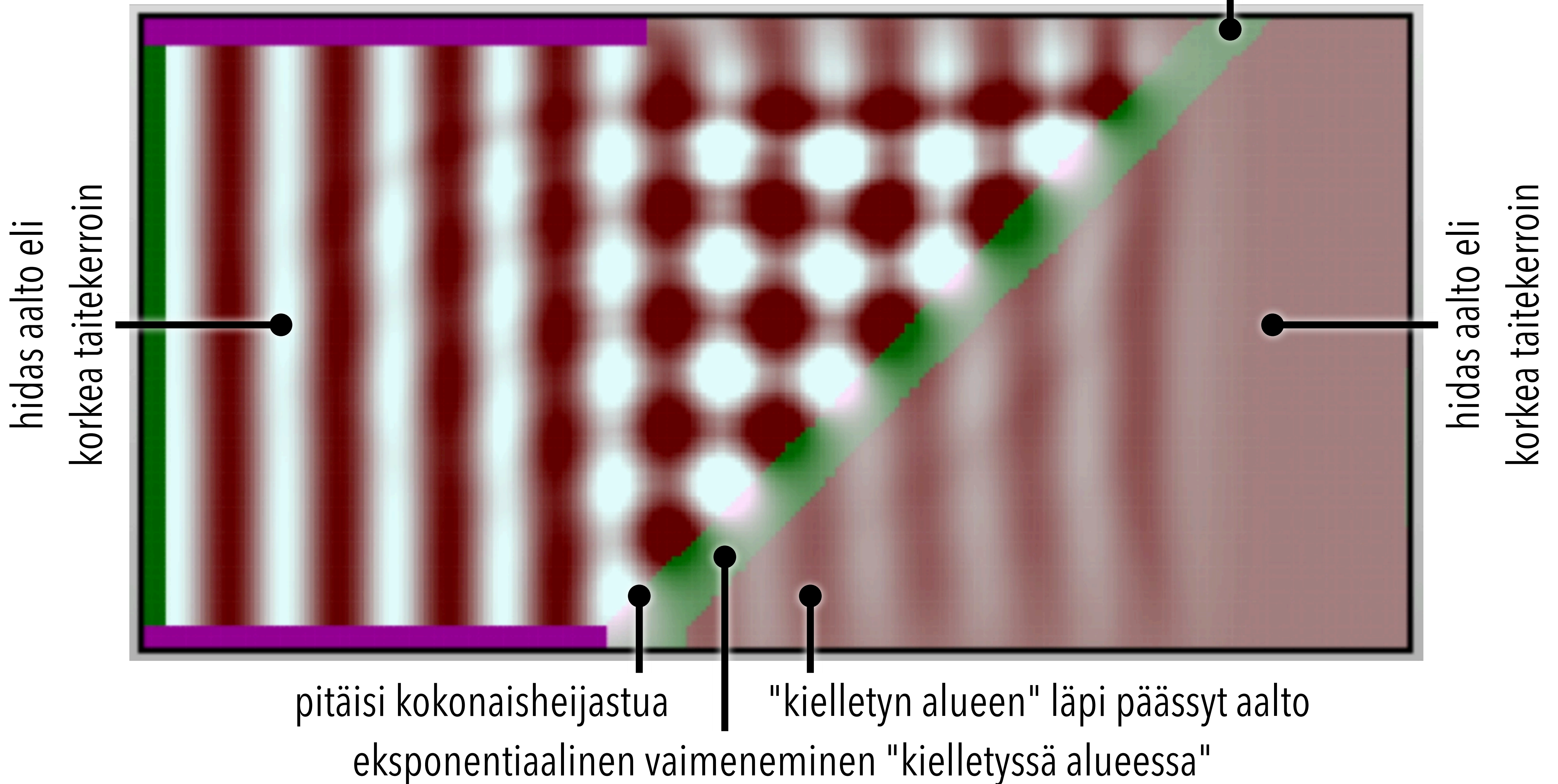
saapuvan ja heijastuneen aallon superpositio näkyy ruudullisena "shakkilautakuviona"

Kokonaisheijastuminen



Tunneoituminen

nopea aalto eli pieni taitekerroin



Linssit

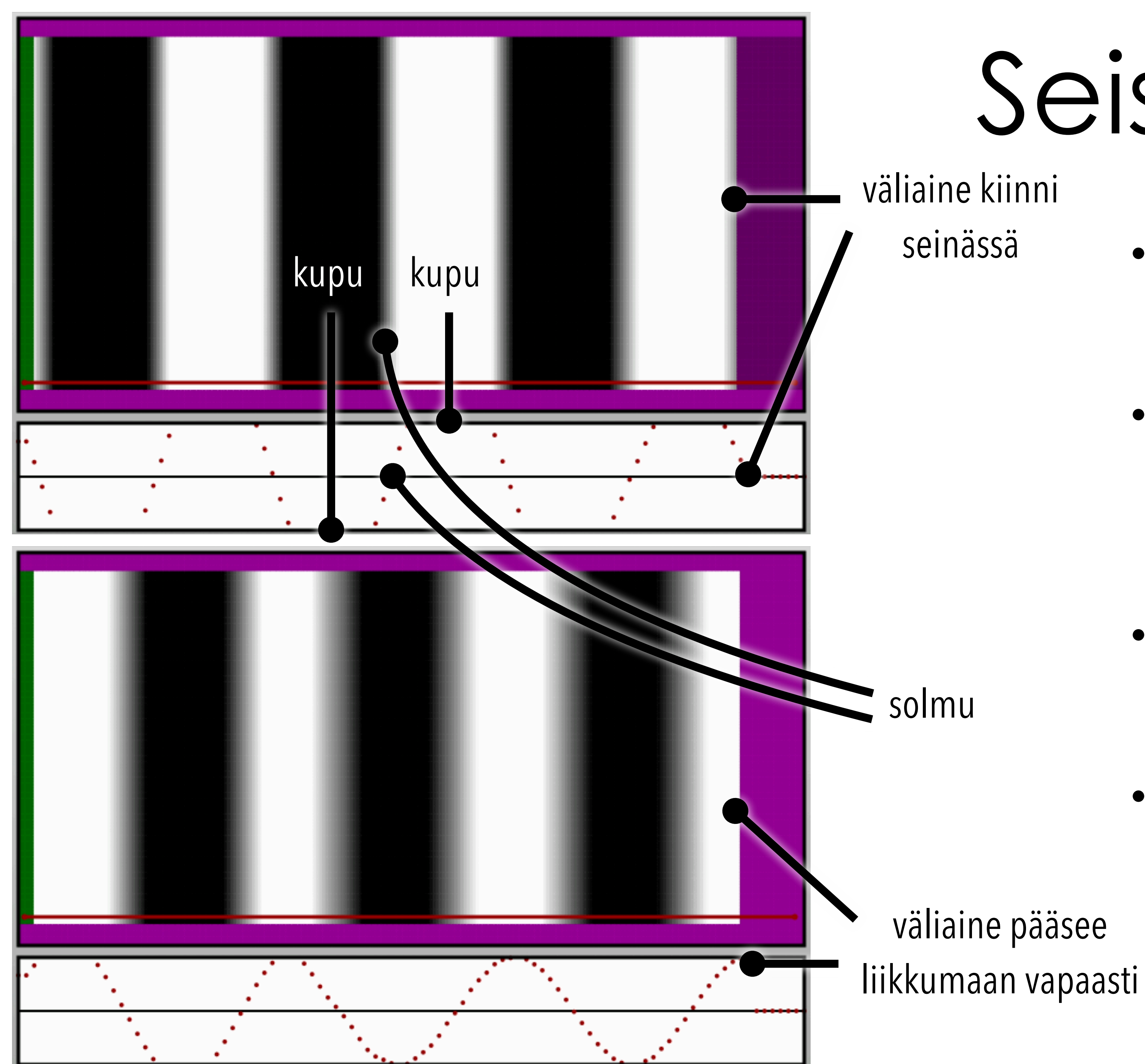
kupera linssi taittaa aallot toisiaan kohti

hidas aalto eli
korkea taitekerroin

hidas aalto eli
korkea taitekerroin

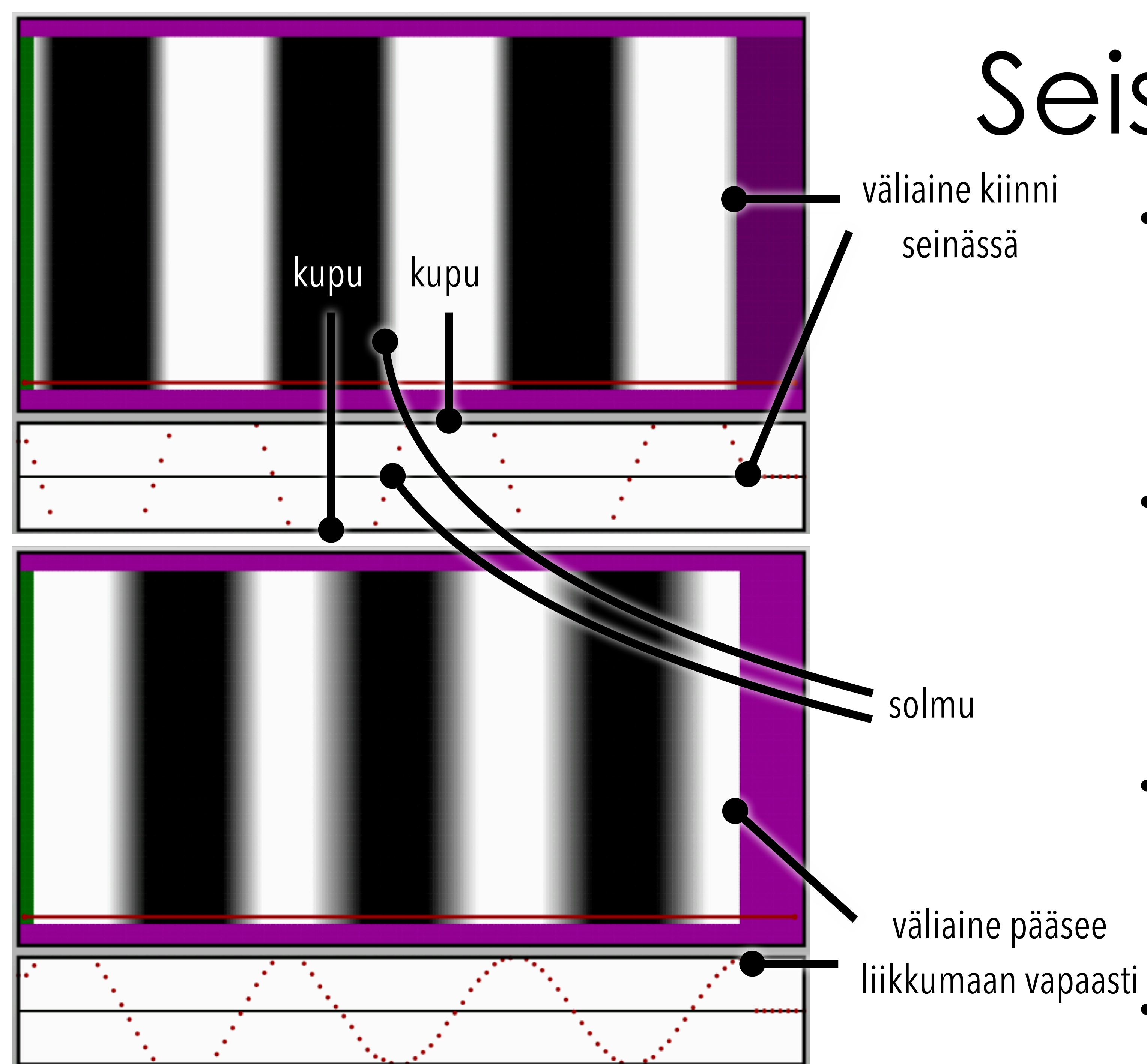
kovera linssi taittaa aallot poispäin toisistaan

Seisovat aallot



- Seisova aalto ei etene vaan siinä on värähteleviä kupuja ja paikoillaan pysyviä solmuja.
- Simulaatiossa kuvut näkyvät alueina, jotka vaihtavat väriä mustan ja valkean välillä. (Varoitus välkkyvistä valoista!)
- Seisova aalto syntyy vastakkaisiin suuntiin kulkevien harmonisten aaltojen superpositiona.
- Simulaatio alkaa tilanteesta, jossa aaltoa ei ole. Siinä näkyy seisovan aallon synty vastakkaisiin suuntiin kulkevien aaltojen mennessä päällekkäin.

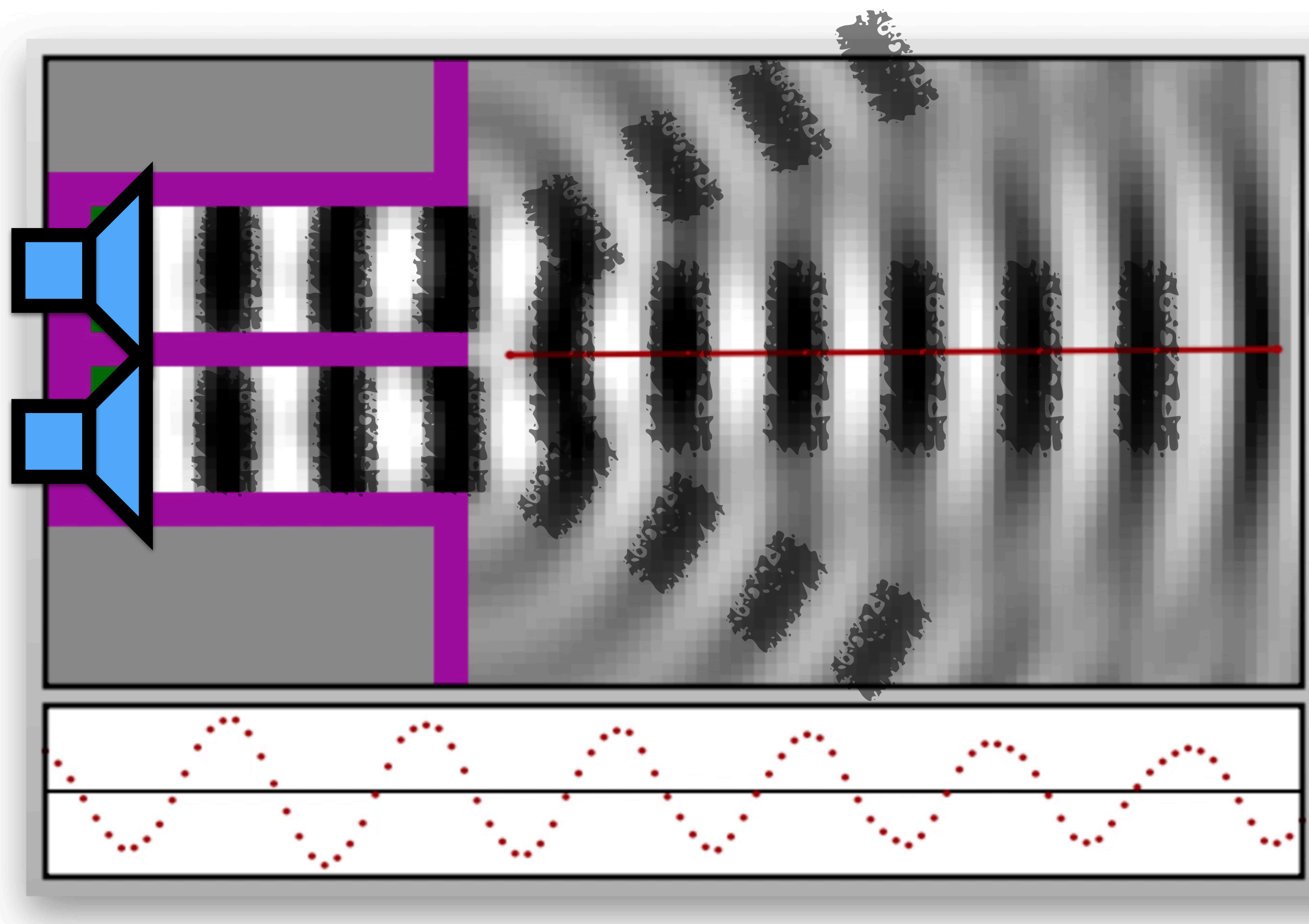
Seisovat aallot



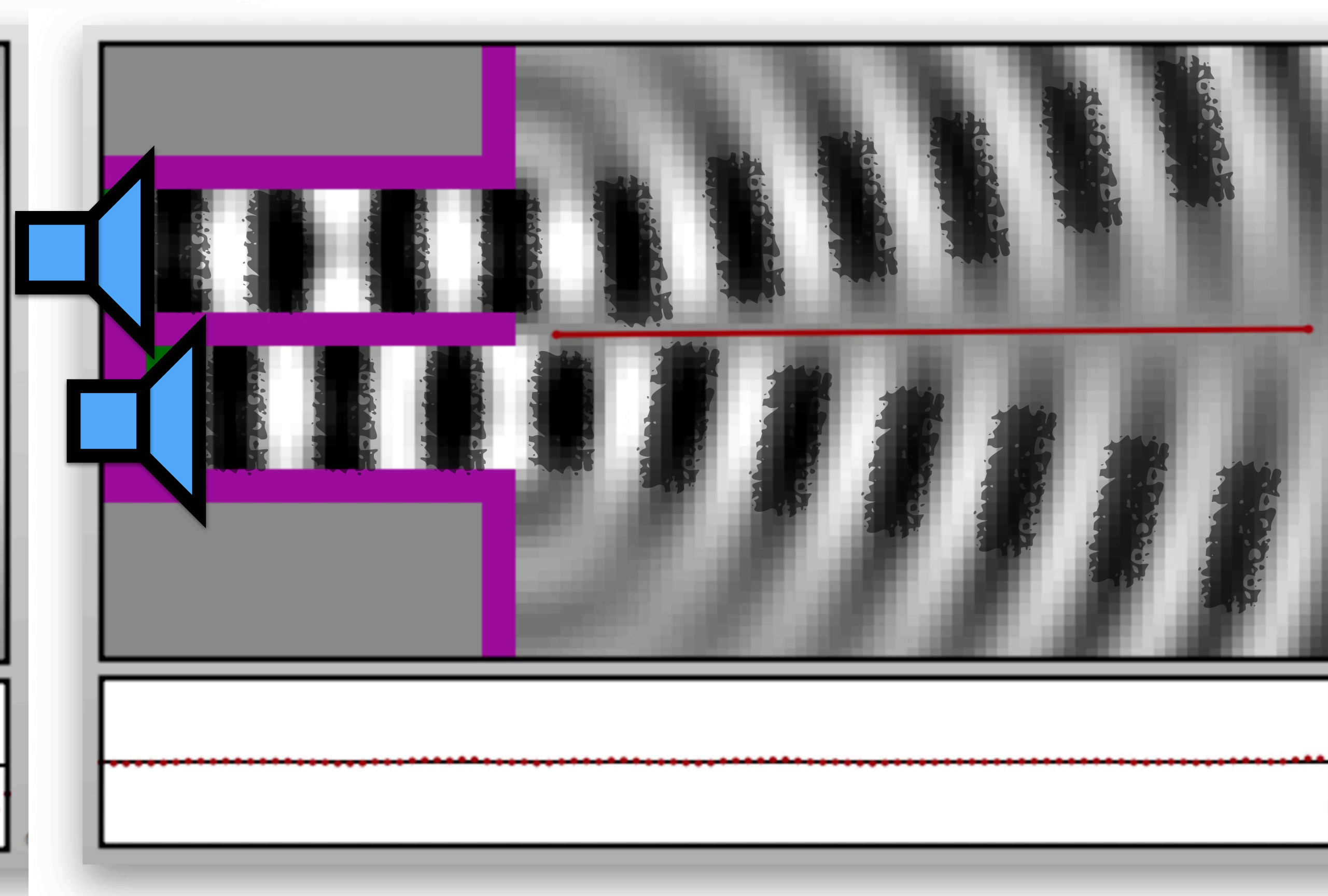
- Kun aalto kulkee suljetussa tilassa, se heijastuu seinämistä ja seisova aalto voi syntyä vastakkaisiin suuntiin kulkevien aaltojen superpositiona.
- Näin ei välttämättä käy. Aallot vahvistavat toisiaan vain jos niillä on sopiva taajuus (aallonpituus). Tällöin voi syntyä hyvin suurella amplitudilla värähteleviä seisovia aaltoja.
- Jos taajuus on väärä, aallot voivat hetkittäin vahvistaa ja hetkittäin heikentää toisiaan. Amplitudi ei kasva suureksi.

Interferenssi

Kahdesta tai useammasta lähteestä tulevat samantaajuiset aallot ohjautuvat siihen suuntaan, missä ne ovat samassa vaiheessa.



keskellä vahvistava interferenssi,
aalto kulkee suoraan

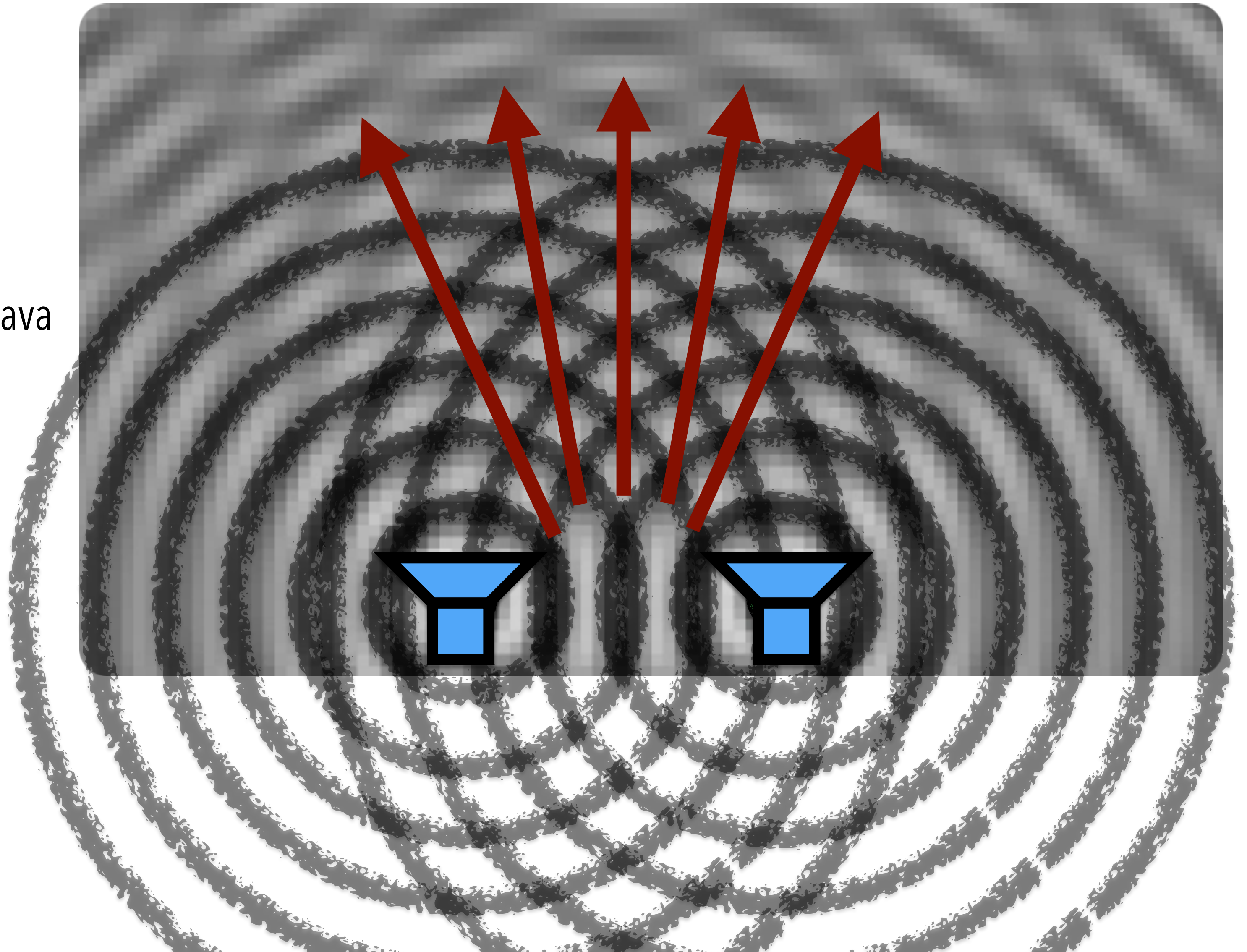


keskellä heikentävä interferenssi,
aalto kulkee sivuille

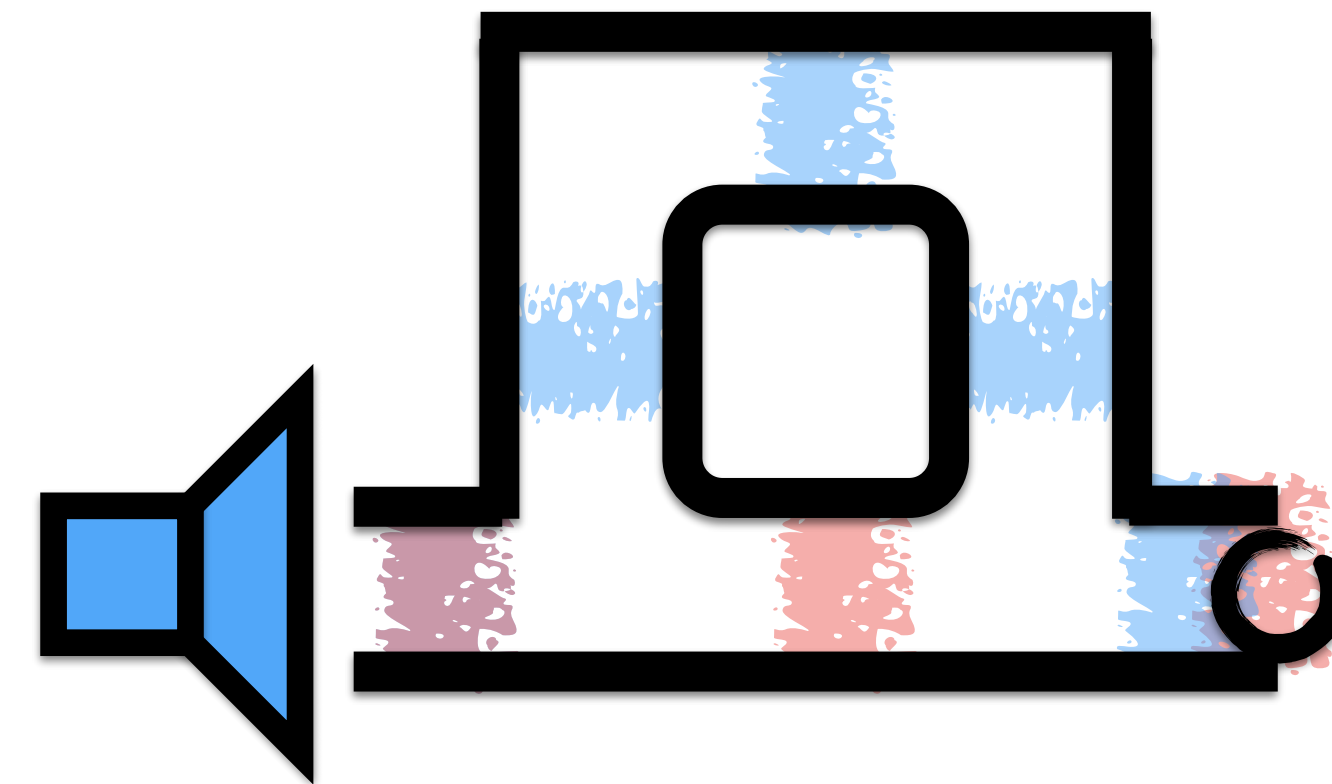
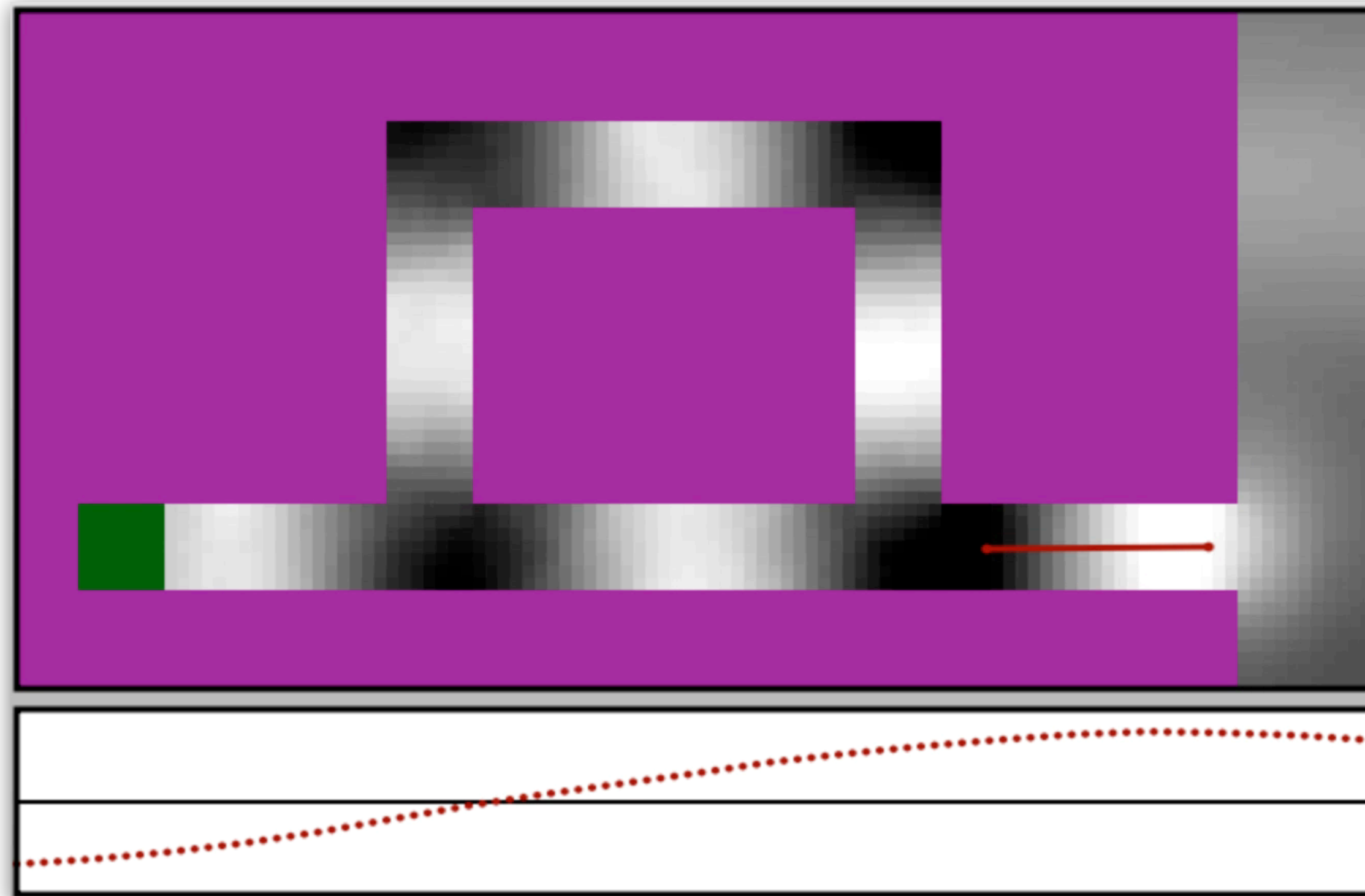
Interferenssi

Interferenssi on vahvistavaa suunnissa, joihin aallonharjat (tai -pohjat) osuvat keskenään samanaikaisesti.

Tästä johtuu mm. valon kaksoisrakokokeessa havaittava maksimien ja minimien vuorottelu.

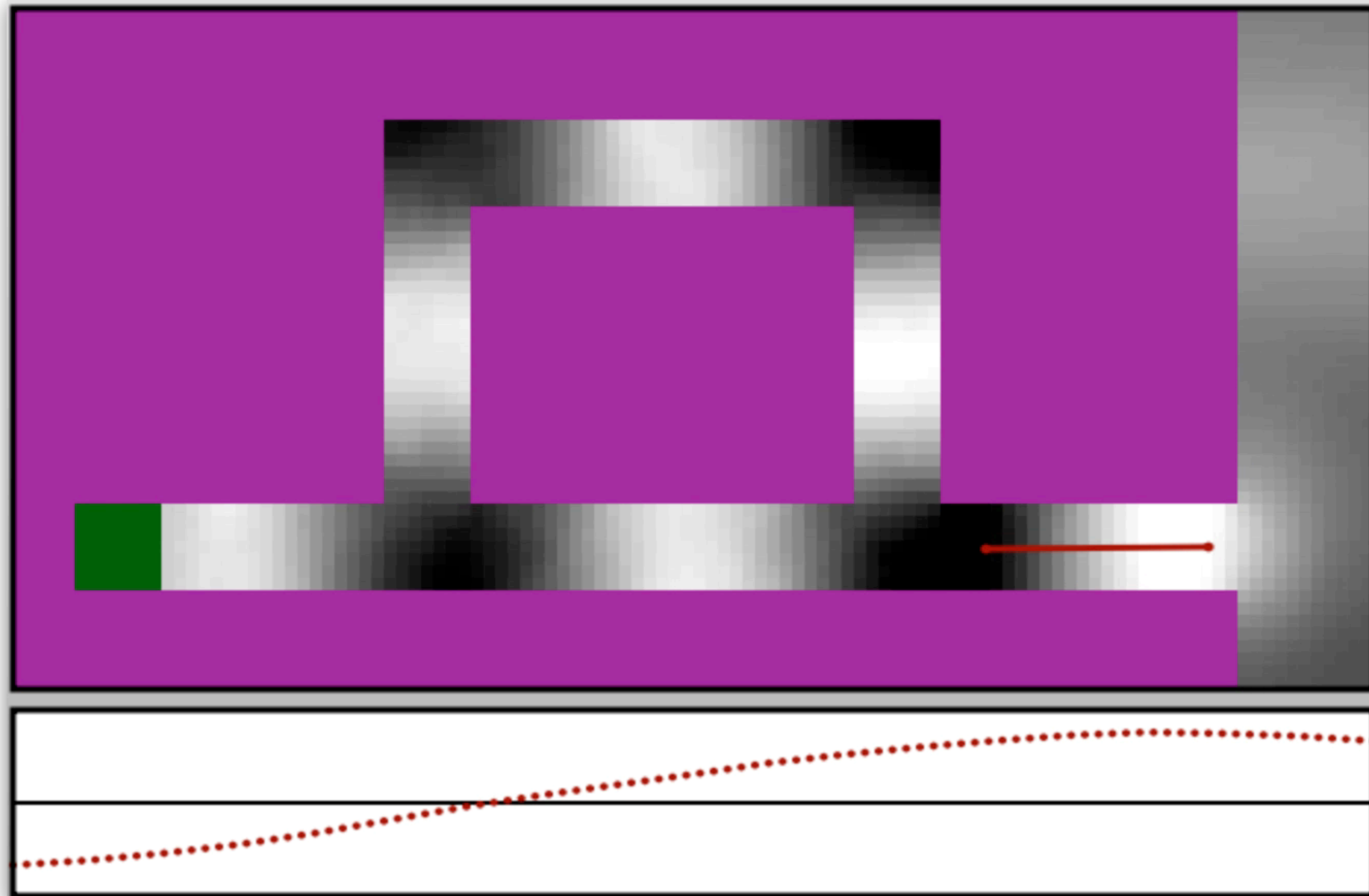


Interferenssi



Myös yksi ja sama aalto voi interferoida itsensä kanssa kuten nähtiin jo seisovien aaltojen tapauksessa. Tässä aalto pääsee kulkemaan putken läpi kahta eri reittiä. Putkeen syntyy seisovia aaltoja, kun sitä vastakkaisiin suuntiin kiertävät aallot ovat superpositiossa. Putken suulla on vahvistava interferenssi (seisovan aallon kupu), jos eri reittejä kulkenneet aallot ovat siellä samassa vaiheessa.

Interferenssi



aallot (likimain) samassa vaiheessa

- vahvistava interferenssi
- suuri amplitudi
- suuri intensiteetti

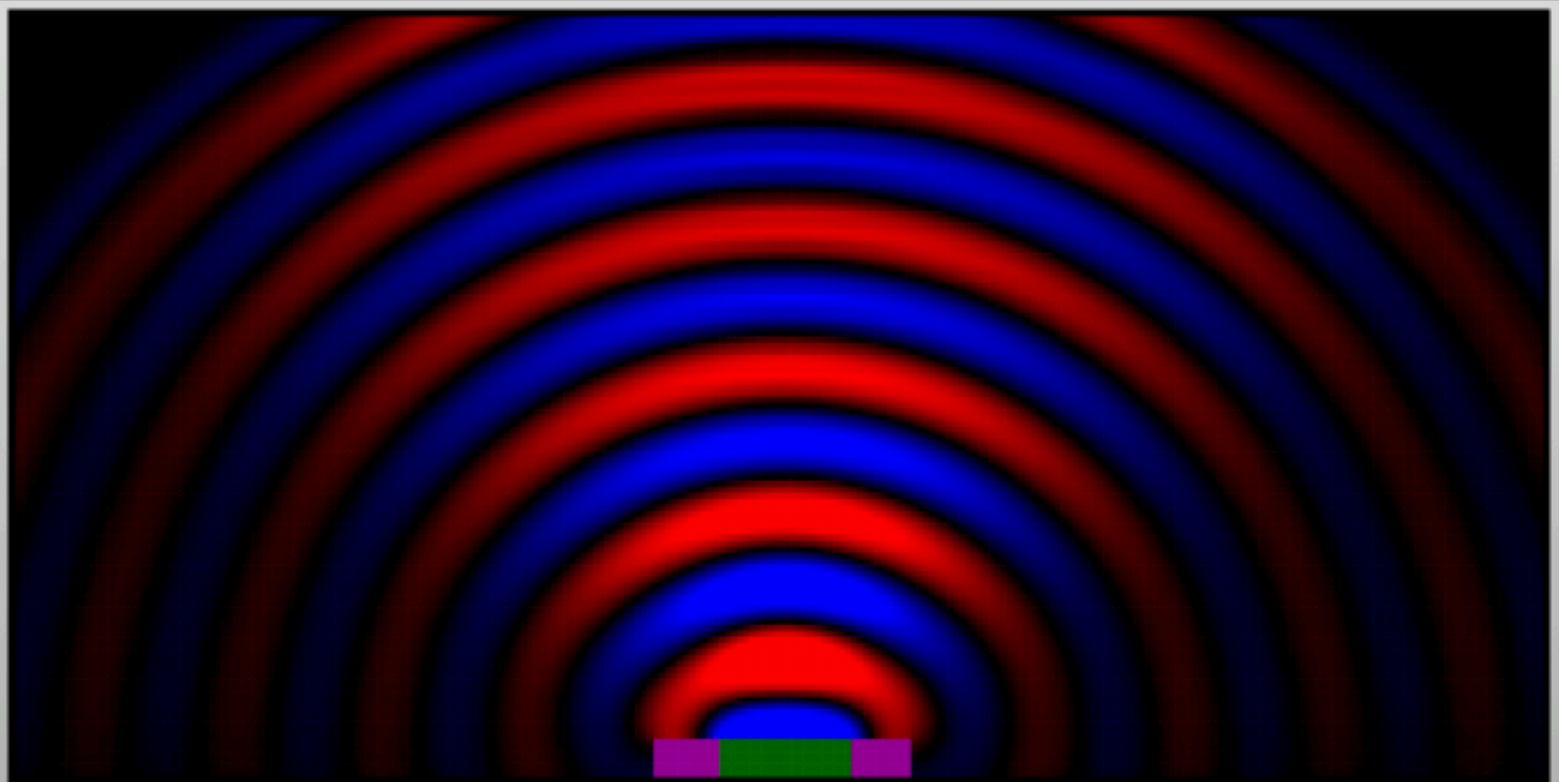


aallot (likimain) vastakkaisessa vaiheessa

- heikentävä interferenssi
- pieni amplitudi
- pieni intensiteetti

Aallonpituuteensa nähden kapeasta raosta kulkeva aalto leviää raon takana kaikkiin suuntiin.

Diffraaktio



Kun raon leveys on muutamia aallonpituuksia,
syntyy vuorottelevia korkean ja matalan
intensiteetin suuntia.

Diffraktio

keskusmaksimi

sivumaksimi

sivumaksimi

