

# Oblig 1 i FYS2130 våren 2009

## ***Tema: Hørselen vår***

*MERK: I oblig 1 og 3 må man bruke numeriske metoder. Gjelder ikke oblig 2.*

### **Innledning**

I øret vårt vil trykkforandringer i luft omsettes til en vibrasjon i basilarmembranen (se f.eks. Wikipedia under "Basilar membrane"). Ulike deler av membranen vil svinge ved ulike lydfrekvenser. Amplituden på svingningene blir plukket opp av følehår, og informasjonen kjørt videre til hjernen (via ulike signalbehandlingsentre underveis).

Vi har i kurset vårt drøftet tvungne svingninger. Analysen vi foretok kan forsøkes anvendt også for svingningene i basilarmembranen. Ulike deler av basilarmembranen må kunne anses som resonatorer med hver sin  $Q$ -verdi. Det betyr at det tar tid å bygge opp en vibrasjon i membranen som i sin tur igjen gir et signal videre til hjernen.

Nerveimpulser kan ikke sendes over nervefibre med en repetisjonsfrekvens stort høyere enn ca 1000 Hz. Det er derfor umulig for øret å sende signaler til hjernen med en bedre tidsoppløsning enn ca 1 ms. Det betyr at øret i prinsippet ikke kan gi opplysninger om fasen til en lydsvingning for frekvenser høyere enn noen få hundre hertz (Men noen er uenige og hevder at man kan følge faser opp til 2000 Hz). Mest vanlig er å si at lydinntrykkene blir de samme uansett fasen på de ulike frekvenskomponentene i et Fourierspekter.

### **Selve oppgavene**

Tre ulike aspekter av vår hørsel skal undersøkes:

Deloppgave 1:

Estimer ved eksperiment kvalitetsfaktoren for svingninger i basillarmembranen for to ulike frekvenser.

Deloppgave 2:

Hvor lang tid må en lyd vare for at man skal kunne oppfatte hvilken tonehøyde (frekvens) lyden har?

Deloppgave 3:

Fjern opprinnelig faseinformasjon i to angitte lydbilder og lytt til den modifiserte lyden. Gjør deg opp en mening om øret kan oppfatte forskjeller i fase i lyden eller ikke.

### **Formaliteter**

Hver student må levere sin egen besvarelse. Husk å notere navnet på besvarelsen! Man kan levere elektronisk til [a.i.vistnes@fys.uio.no](mailto:a.i.vistnes@fys.uio.no) eller i papirutgave på ekspedisjonskontoret. Tidsfrist 9. februar 2009 kl 1500.

Det er fullt lovlig å samarbeide om løsning av oppgavene. Det er til og med anbefalt at man diskuterer egne funn og oppfatninger med medstudenter og lærere. Oppgavene er nemlig gitt med så få tips og opplysninger at det er naturlig at man må støtte seg på hjelp fra andre kilder. Husk å notere hvilke ekstra kilder du har brukt, i alle fall dersom du har brukt internett eller bøker. Å angi slike kilder styrker besvarelsen (i prosjektoppgaven senere i vår er dette et *krav*, ellers blir den ikke godkjent!).

Legg ved programlisting av de dataprogrammene du har brukt for å løse oppgavene. Vi foretrekker at du programmerer i Python eller Matlab (velger du et annet programmeringsspråk, kan du ikke forvente at vi kan hjelpe deg om du stopper opp).

## Tips til gjennomføringen

1.

For å estimere kvalitetsfaktoren for basilmembranen for ulike frekvenser, anbefaler vi at du lager et program som genererer et rent sinussignal med en konstant basisfrekvens og som skifter etter f.eks. 0.5 sek til en nærliggende frekvens. Du bør sørge for at det ikke blir et hopp i fasen idet du skifter fra en frekvens til den neste.

Finn minste frekvensforskjell som skal til for at du praktisk talt hver gang du prøver kan høre at de to lydene har ulik tonehøyde. Q-verdien kan da grovt estimeres som frekvens dividert med minste forskjell i frekvens vi kan oppfatte.

Når du genererer lydsignalet på datamaskinen, bør du ha en amplitude mindre enn 1.0 (for frekvenser vi hører godt, bør amplituden være 0.1 eller lavere). Bruk høretelefon når du lytter til lyden, men hold IKKE høretelefonene rett mot øret før du har sjekket lydnivået (ellers kan du få hørselsskader!).

Velg en samplingsfrekvens på 22050 Hz.

Vi deler oppgavene mellom oss slik:

Studenter som har etternavn som starter på A - F velger frekvenser i intervallet 100 - 300 Hz.

Studenter som har etternavn som starter på G - L velger frekvenser i intervallet 300 - 1000 Hz.

Studenter som har etternavn som starter på M - R velger frekvenser i intervallet 1000 - 3000 Hz.

Studenter som har etternavn som starter på S - Å velger frekvenser i intervallet 3000 - 10000 Hz.

Hver student velger TO vilkårlige basisfrekvenser innenfor sitt frekvensområde.

2.

Modifiser programmet du laget i deloppgave 1. Velg litt ulike frekvenser i det frekvensområdet som er spesifisert ovenfor, og test om du kan klare å bestemme tonehøyden, kanskje ved at du spiller lyden to ganger hver gang du starter programmet; en kort gang, og deretter (etter en pause) minst 0.5 s slik at du kan sjekke om du klarte å gjette tonehøyden.

Vi er bare interessert i å finne en minste tidslengde for lyden hvor du praktisk talt *hver gang* du prøver, klarer å bestemme tonehøyden *nøye* før du lytter til den mer langvarige lyden.

Forsøk å grovt sett relatere resultatene i deloppgave 2 til resultatene i deloppgave 1. [Finere analyse krever at man tenker gjennom tidsutviklingen av tvunge svingninger, og ikke forventer full stabilisering før man får et synsinntrykk. Det er imidlertid nok å finne en grov sammenheng, selv om den ikke stemmer helt "med boka".]

3.

Vi er inspirert av websiden <http://www.jhu.edu/~signals/listen-new/listen-newindex.htm>, og ber dere om å gjøre egne beregninger på to lydsnutter som vi har lagt ut på kursets websider.

Fourier omvend en egnet tidsstreng fra hver av de to lydsnuttene, og omvend signalet tilbake til et tidssignal før du spiller det av (lytter til det via en høretelefon). Gjennomfør deretter en randomisering av fasen før du transformerer tilbake og lytter til lyden på ny. Husk at du må gjøre randomiseringen korrekt, siden det er krav om hvordan den speilede delen av Fourier-spekteret må se ut. Forsøk til slutt å *nullstille* alle fasene, Fourier tilbake til tidsbildet, og lytt igjen til lyden.

Du må fortelle nøye hvordan du gjennomfører detaljene, og plot et passe utsnitt av tidsbildene i de tre tilfellene for å kunne se at de blir forskjellige.

Forsøk å vurdere de resultatene du har kommet fram til. [Dette er en krevende oppgave dersom du skal gjøre den meget bra fordi det krever ganske mye fysisk teft for å trekke gode konklusjoner her. Det er en utfordring til de som liker krevende oppgaver! Andre kan nøye seg med en mer mekanisk gjennomføring av deloppgaven.]