

# Akustik 1 DIEM

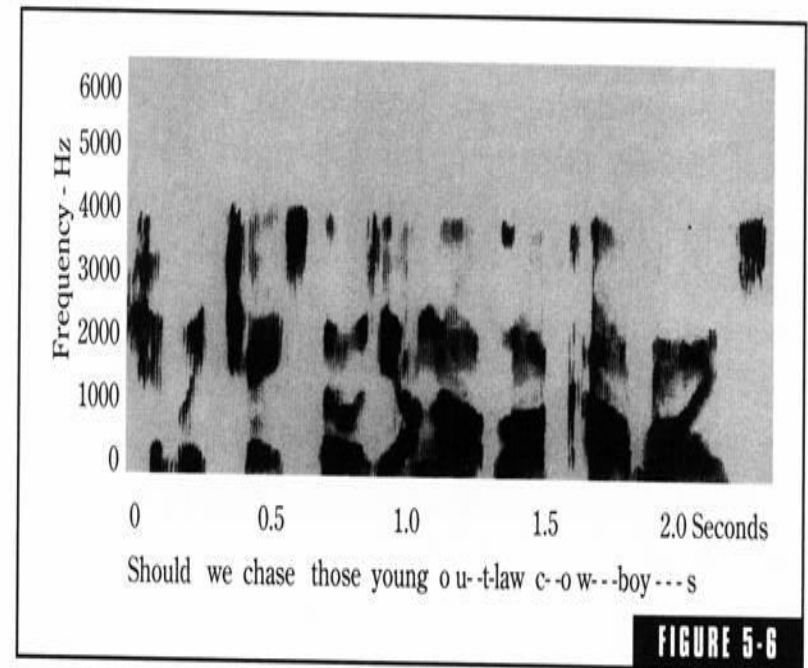
Tale, musik, støj og  
forvrængning

Litt.: Everest kap. 5



# Spektrografi

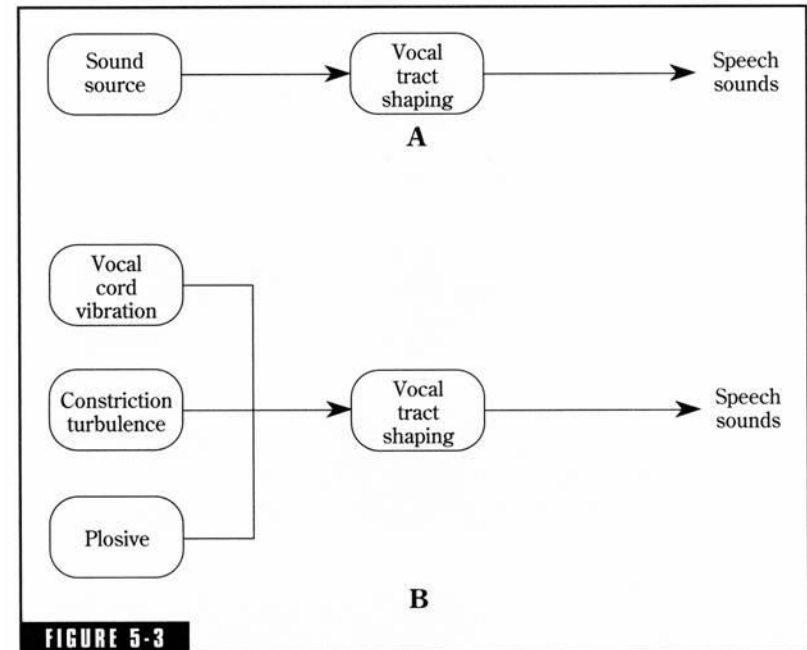
- "3D"-analyse
- Impulser indeholder alle frekvenser
- Frekvensaksen er lineær
- Find selv på en lyd!



Sound spectrogram of a sentence spoken by a male voice. AT&T Bell Laboratories.

# Tale

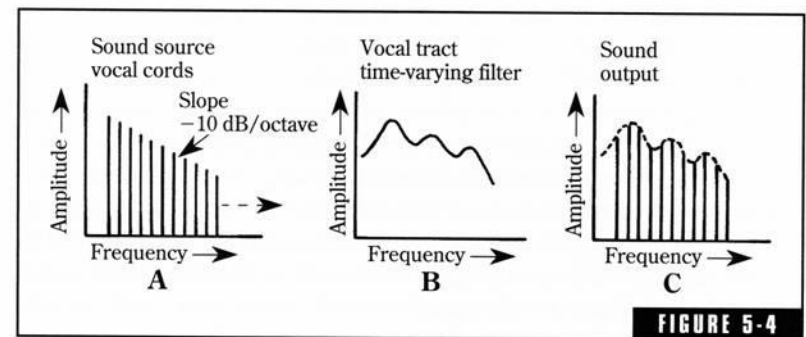
- Tale er meget komplekse signaler
- Består af 3 grundkomponenter:
  - Den harmoniske komponent
    - Stemmelæberne
    - Resonansrum
    - Vokaldannelse
  - Støj- eller turbulens komponenten
    - Luftstrøm omkring tungen (s- og f-lyde)
  - Perkussiv komponent
    - Trykopbygning som frigives pludseligt



**FIGURE 5-3**  
(A) The human voice is produced through the interaction of two essentially independent functions, a sound source and a time-varying-filter action of the vocal tract.  
(B) The sound source can be broken down into vocal-cord vibration for voiced sounds, the fricative sounds resulting from air turbulence, and the plosive sounds.

# De tre komponenter

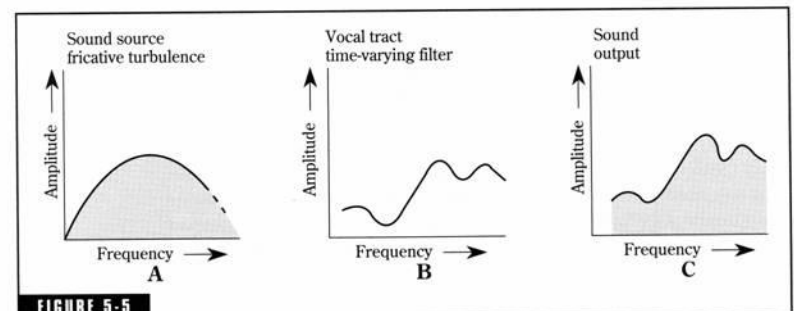
- Sammenligningen med den analoge synthesizer
- Stemmebåndene er grundoscillatoren
- Den vokale tragt er en meget avanceret modulator



Sound spectrograms of human sounds other than speech. AT&T Bell Laboratories.

# ...fortsat

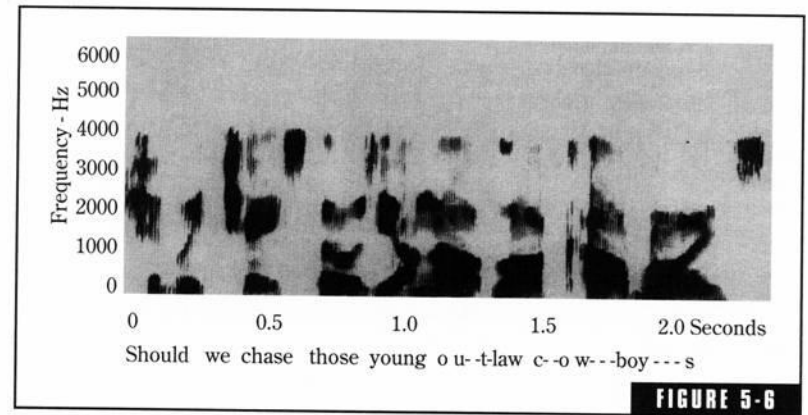
- Støj og attack/decay giver karakter
- Øvelse: Lav frekvensanalyse af sungne vokaler, og lav filtrering af overtonerne
- Sammenlign falset med belting, og andre syngemåder



A diagram of the production of unvoiced fricative sounds such as *f*, *s*, *v*, and *z*. (A) The distributed spectrum of noise due to air turbulence resulting from constrictions in the vocal tract. (B) The time-varying filter action of the vocal tract. (C) The output sound resulting from the filter action of the distributed sound of (A).

# Sproganalyse

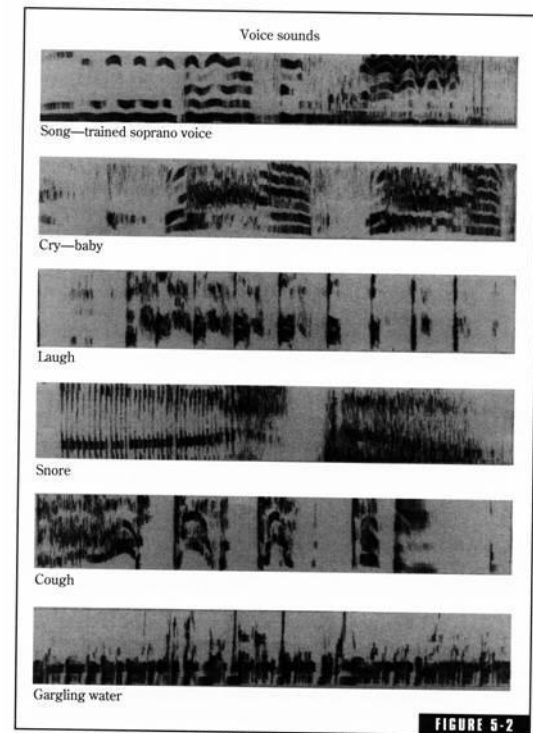
- Frekvensområde fra ca. 170Hz til 4kHz
- OBS: betoning i øret sammenfaldende med det vigtige formantområde



Sound spectrogram of a sentence spoken by a male voice. AT&T Bell Laboratories.

# Spektrografi af menneskelige lyde

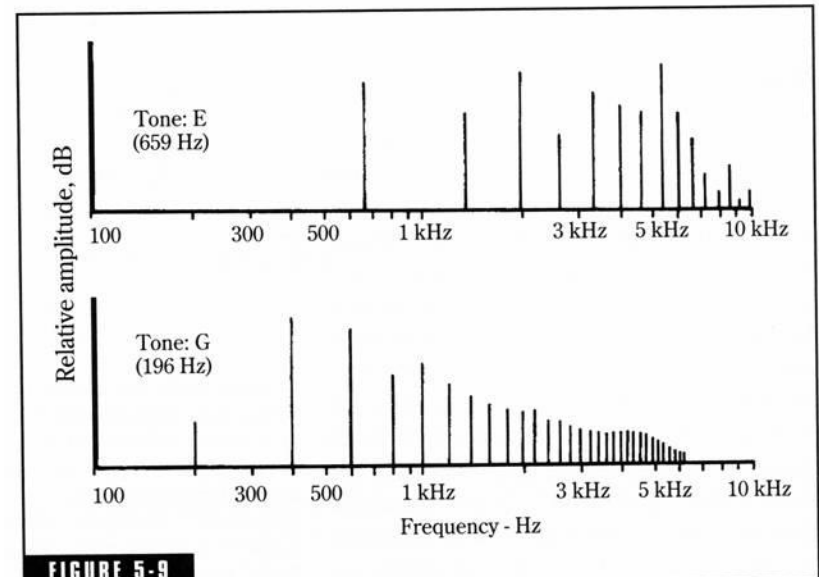
- Bemærk forskellen mellem sang og hoste – harmonisk kontra perkussiv ikke-resonant lyd.



Sound spectrograms of human sounds other than speech. AT&T Bell Laboratories.

# Instrumenternes spektre

- Strenginstrumenter har mange overtoner
- Instrumentstørrelsen bestemmer hvilke frekvenser der udstråles mest effektivt
- Strengetykkelsen afgør klangkarakteren
- Den spektrale tæthed fra 500Hz til 3kHz er afgørende for den oplevede "fylde"



**FIGURE 5-9**

Harmonic content of open strings of the violin. The lower tones sound richer because of the closely packed harmonics.



# ...fortsat

- Fløjten
- Træblæserne
- Messingblæserne
- Orgelpiber
  - Rørstemmer
  - Labialstemmer
- Øvelse: eftervis nogle spektre
- Instrumenter med ikke-harmoniske overtoner
  - Klaveret
  - Slagtøj

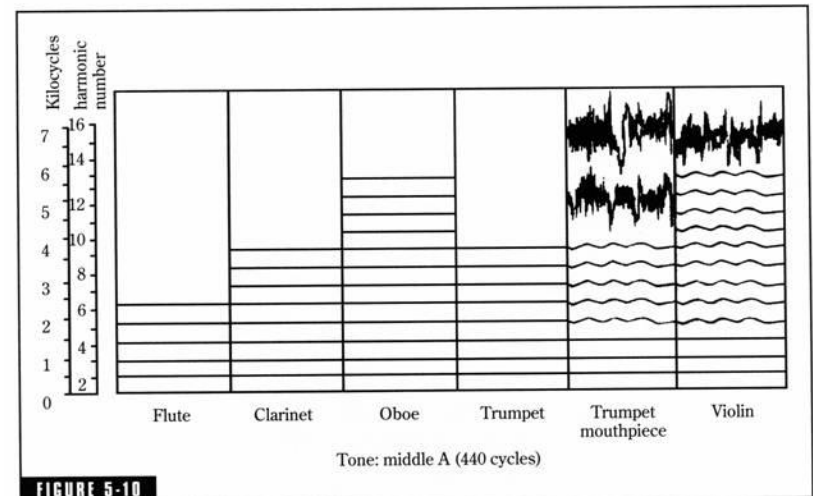


FIGURE 5-10

Spectrogram comparison of the harmonic content of woodwind instruments and the violin as middle A (440 Hz) is played. The differences displayed account for the difference in timbre of the different instruments. AT&T Bell Laboratories.



# Instrumenternes effektudstråling

- Den udstrålede effekt er overraskende lille (sammenlignet med fx en 60W pære)
- En fordobling er 3 dB
  - 1 blokfløjte = 0,06W (fx 70dB)
  - 128 (!) blokfløjter = 7,5W (91dB)
  - ( $2^7 = 128$ ,  $7 \cdot 3\text{dB} = 21\text{dB}$ )
- Afhænger af evnen til at koble til luften (udstrækning og hornladning), den spektrale sammensætning og type (harpe kontra bækken)

**Table 5-1** Power of Musical Sources.<sup>5</sup>

| Instrument      | Peak, power (watts) |
|-----------------|---------------------|
| Full orchestra  | 70                  |
| Large bass drum | 25                  |
| Pipe organ      | 13                  |
| Snare drum      | 12                  |
| Cymbals         | 10                  |
| Trombone        | 6                   |
| Piano           | 0.4                 |
| Trumpet         | 0.3                 |
| Bass saxophone  | 0.3                 |
| Bass tuba       | 0.2                 |
| Double bass     | 0.16                |
| Piccolo         | 0.08                |
| Flute           | 0.06                |
| Clarinet        | 0.05                |
| French horn     | 0.05                |
| Triangle        | 0.05                |

# Dynamik- og frekvens-områder

- Tale er ret enkelt
  - Snævert frekvensområde
  - Lille dynamikområde
  - ”Telefonagtigt”
- 170 til 4000Hz
- 40 til ca. 80dB SPL
- Hjernen er god til abstrahere fra farvninger. Talen er ”kodningen”.

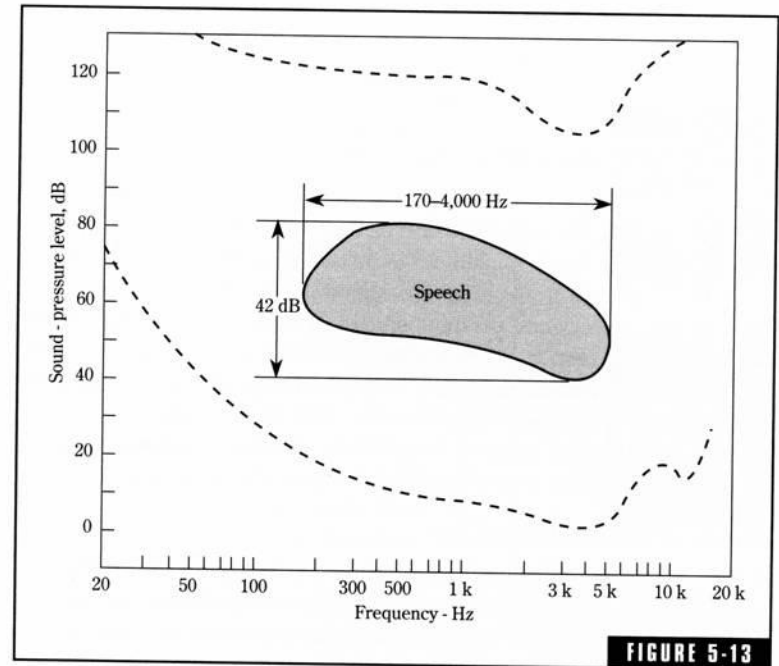


FIGURE 5-13  
The portion of the auditory region utilized for typical speech sounds.

# Dynamik- og frekvens-områder

- Musik stiller større krav
- 50 til 8500Hz
  - (Akustisk musik, grundtoner)
  - (Elektronisk 20 – 20.000 eller mere!)
- 25 til 100dB
  - (Akustisk)
  - (Elektronisk 60 – 110dB)
- Farvninger kan være stærkt generende ved akustisk musik med absolut reference

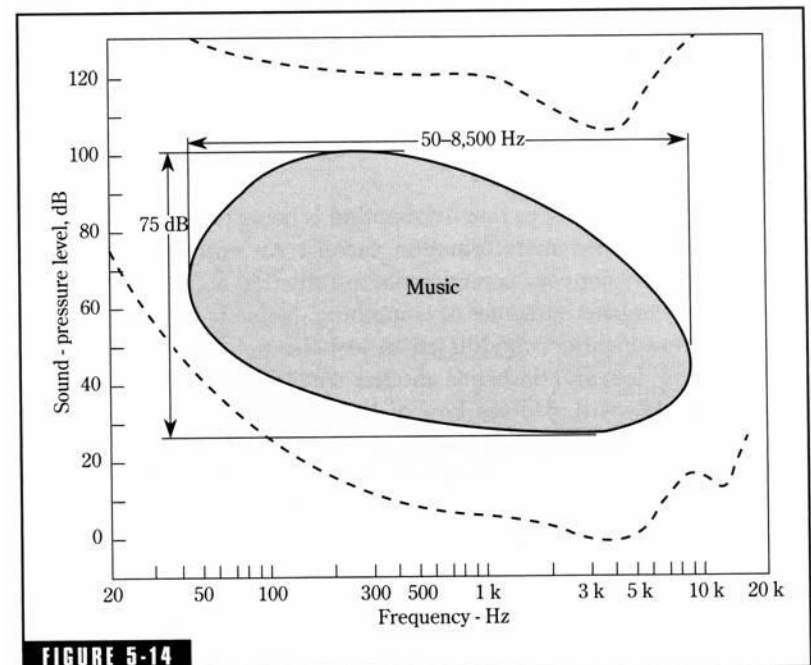
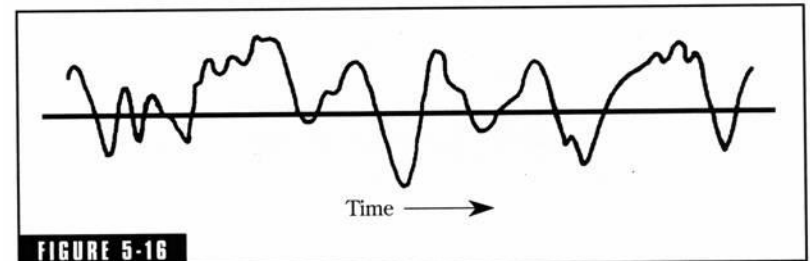


FIGURE 5-14

The portion of the auditory region utilized for typical music sounds.

# Støj

- Negativt
  - "Sus"
  - Baggrundsstøj
- Positivt
  - Giver instrumenter og tale karakter
  - Realistiske målesignaler



A section of the random noise signal of Fig. 5-15 spread out in time. The nonperiodic nature of a noise signal is evident, the fluctuations are random.

# Støj

- Tilfældig struktur
- Normalfordelt
- Hvid støj
- Lyserød støj
- Parallel til lysets farver
- Konstant *absolut* båndbredde
- Konstant *relativ* båndbredde

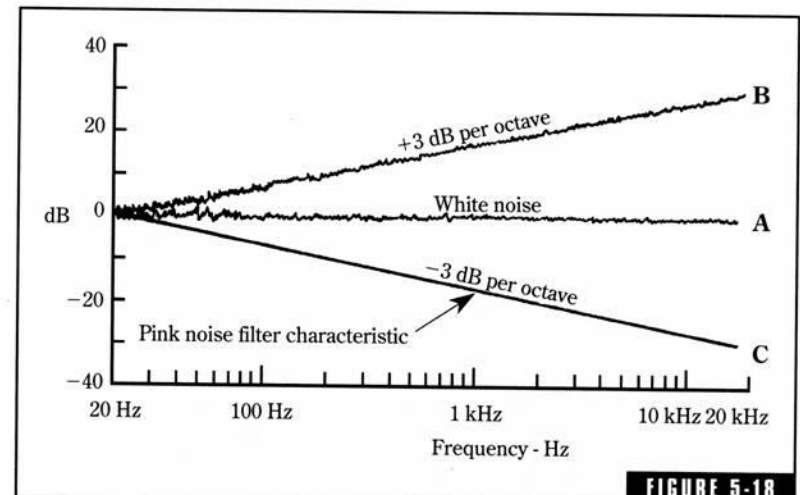


FIGURE 5-18

Random noise has constant energy per Hz. If the spectrum of random noise is measured (white) with a wave analyzer of fixed bandwidth, the resulting spectrum will be flat with frequency as in *A*. If measured with an analyzer whose passband width is a given percentage of the frequency to which it is tuned, the spectrum will slope upward at 3 dB per octave, as in *B*. By processing the white noise spectrum of *A* with a filter that slopes downward at 3 dB per octave, such as in *C*, a flat response results when constant percentage bandwidth filters are used such as octave or one-third octave filters. In measuring a system, pink noise is applied to the input and, if the system is flat, the read out response will be flat if one-third octave filters, for example, are used.

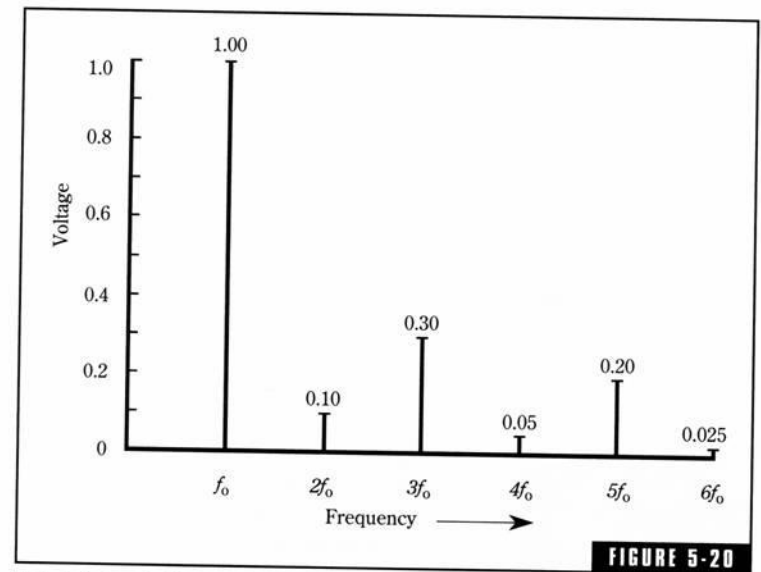
# Forvrængning

- Båndbreddebegrænsning (i det hørbare område)
- Ulineær frekvensgang (mere end  $\frac{1}{2}$  dB)
- Wow & flutter (jitter i digitale systemer)
- Fasefejl (tidsforsinkelse ikke frekvenslineær)
- Dynamiske fejl (compressor, expander)
- Crossover forvrængning (klasse B forstærkere)
- Linearitetsfejl (egenstøj, strømbegrænsning)
- Transientfejl (ringning, strømbegrænsning, fasefejl)



# Harmonisk forvrængning

- Grundtonen ledsages af et antal harmoniske overtoner
- De ulige er "umusikalske"
- Rør kontra transistorer
- Klipping medfører mange overtoner
- Udtrykkes i %
  - Summen af overtoner delt med grundtonen
  - RMS-betragtning



A distorted periodic wave is measured with a constant bandwidth wave analyzer. The fundamental,  $f_0$ , is set for some reference voltage, taken here as 1.00 volt. Tuning the wave analyzer to  $2f_0$  the second harmonic amplitude is measured as 0.10 volt. The wave analyzer is tuned successively to  $3f_0$ ,  $4f_0$  and other harmonics yielding amplitudes of each harmonic as shown. The root-mean-square of the harmonic voltages is then compared to the 1.00 volt fundamental to find the total harmonic distortion expressed in percentage.

# Øvelser, datablade og tests

- Lav test med harmonisk forvrængning
  - Hvad hører vi tydeligst?
  - Er 1% tydeligt?
  - I hvilket frekvensområde er vi mest følsomme for THD?
  - Ved hvilken overtone er 1% tydeligst?
  - Mål THD på en HT ved forsk. f og A
  - Mål så mange typer forvrængning som muligt på en kassettebåndoptager
- Udvalgte eksempler:
  - CD-maskiner
  - Analoge og switching forstærkere
  - Højtalere, hvilke typer forvrængning optræder og hvorfor?