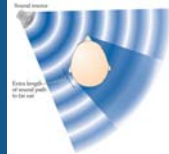


# 10

## *Ascoltare i suoni intorno a noi*



# 10

## Hearing in the Environment

- Localizzazione dei suoni
- Suoni complessi
- Analisi di una scena acustica
- Effetti di continuità e reintegrazione

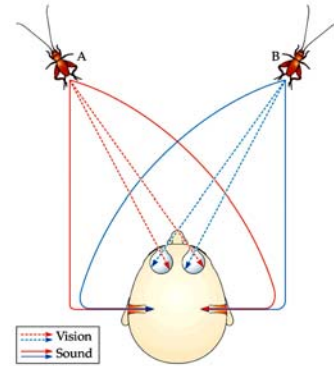
# 10

## Sound Localization

- Come localizziamo i suoni?
  - Un esempio: la localizzazione di un grillo
  - Un dilemma simile si ha anche quando si deve valutare la distanza di una fonte sonora
  - Due orecchi: Fattore critico per la localizzazione dei suoni

# 10

## Visual vs. Auditory Receptors



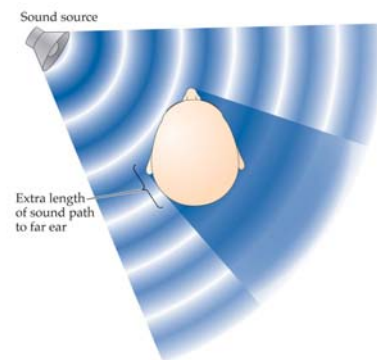
# 10

## Sound Localization (cont'd)

- Interaural time difference (ITD): La differenza in ordine di tempo (ritardo/anticipo) con cui un suono arriva ad un orecchio rispetto a quando arriva all'altro orecchio

# 10

## Different Inputs to the Two Ears



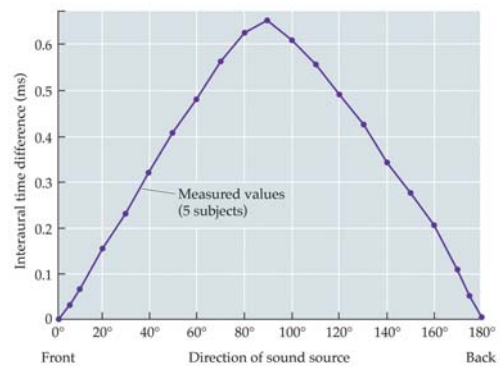
10

## Sound Localization (cont'd)

- Azimuth: Usato per descrivere le posizioni dei suoni su un cerchio immaginario che si estende intorno a noi sul piano orizzontale
  - L'analisi dell' ITD: Dove dovrebbe essere posizionata una fonte sonora per produrre il massimo ITD?
  - Quale è invece la dislocazione che provoca il più piccolo ITD?
  - Che cosa accade per dislocazioni intermedie?

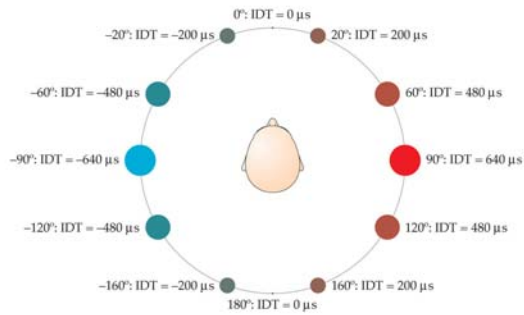
10

## Interaural Time Differences (Part 1)



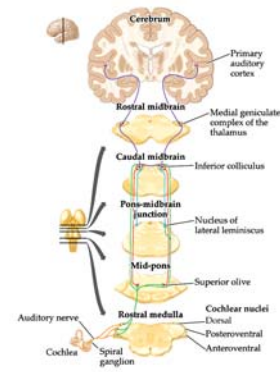
10

## Interaural Time Differences (Part 2)



10

## La fisiologia dell' ITD



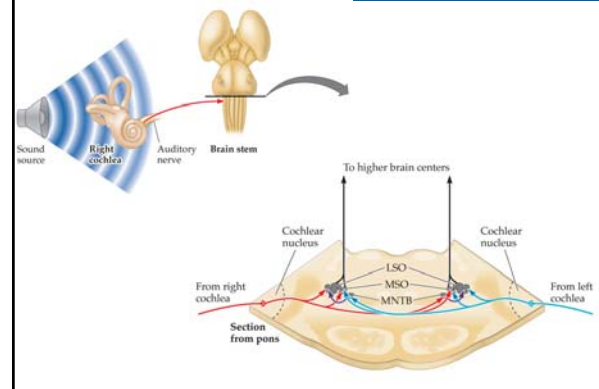
10

## Sound Localization (cont'd)

- La fisiologia dell' ITD
  - L'oliva mediale superiore (MSOs): E' il primo luogo dove gli inputs dei due orecchi convergono
  - Detettori dell'ITD formano connessioni con gli inputs provenienti dai due orecchi già nei primi mesi di vita

10

## Auditory Information Pathway



10

## Sound Localization (cont'd)

- Interaural level difference(ILD): Differenza in intensità percepita da un orecchio rispetto a quella percepita dall'altro orecchio in relazione alla stessa stimolazione acustica

10

## Sound Localization (cont'd)

- I suoni sono più intensi per l'orecchio più vicino alla fonte sonora
  - ILD è massimo per 90 gradi e -90 gradi, mentre è nullo per 0 gradi e 180 gradi
  - ILD correla generalmente con l'angolo della fonte sonora, ma la correlazione non è così robusta come per l'ITDs
  - E' più importante per le frequenze alte.

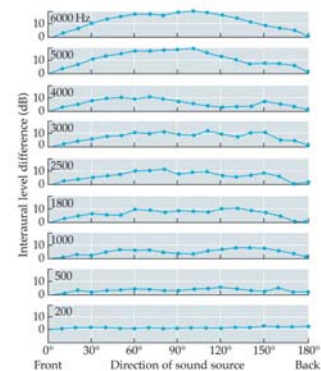
10

## Sound Localization (cont'd)

- Fisiologia dell'ILDs
  - Oliva superiore laterale (LSOs): Qui ci sono neuroni che sono sensibili alla differenza di intensità fra i due orecchi
  - Connessioni eccitatorie con LSO provengono dall'orecchio ipsilaterale
  - Connessioni inibitorie con LSO provengono dall'orecchio contralaterale

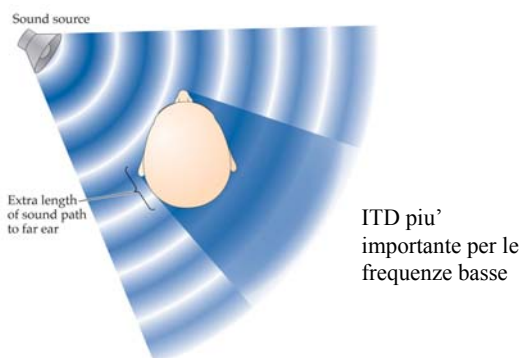
10

## Interaural Intensity Differences



10

## Different Inputs to the Two Ears

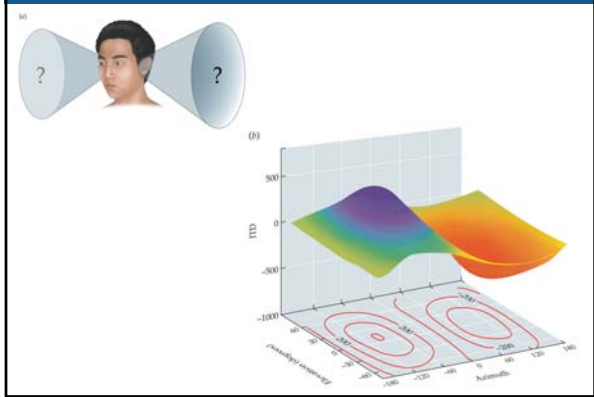


10

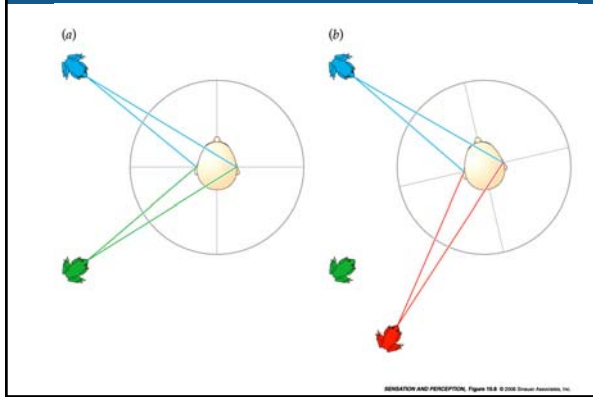
## Sound Localization (cont'd)

- Potenziali problemi legati all'utilizzo degli indizi di ITDs e ILDs per la localizzazione dei suoni
  - Cono di confusione: Insieme di posizioni spaziali in cui tutti i suoni producono gli stessi esatti valori di ITDs e ILDs
  - Sono stati gli esperimenti di Wallach (1940) ha dimostrato per primi questi problemi

10 Cones of Confusion



10 Ascolto attivo



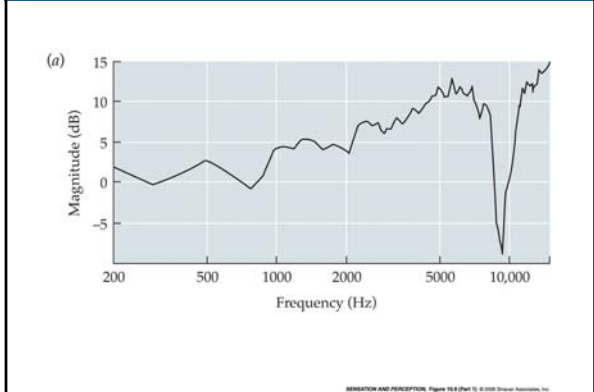
10 Sound Localization (cont'd)

- La sagoma e la forma della pinna danno un contributo per la localizzazione spaziale dei suoni
  - Head-related transfer function: Descrive come la pinna, il canale uditivo e il torso modificano l'intensità dei suoni di diversa frequenza che arrivano ad ogni orecchio da posizioni spaziali diverse (azimuth e elevazione)

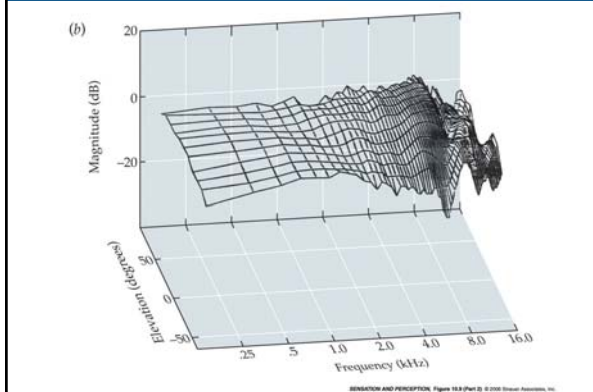
10 Human Pinnae



10 Head-Related Transfer Functions (Part 1)



10 Head-Related Transfer Functions (Part 2)



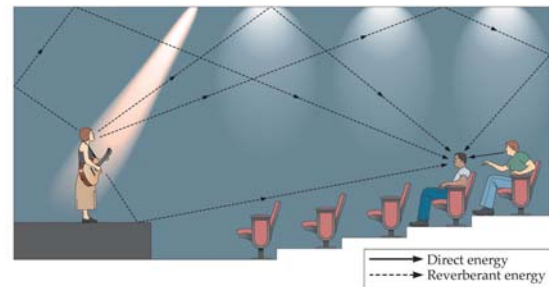
10

## Sound Localization (cont'd)

- Come si stima la distanza di una fonte sonora?
  - Indizi semplici: L'intensità relativa del suono
  - Legge dell'inverso del quadrato: Al crescere della distanza della sorgente sonora l'intensità sonora decresce con il quadrato della distanza
  - Componenti spettrali dei suoni: Le frequenze più alte dei suoni perdono energia più rapidamente rispetto alle basse frequenze mentre via via che i suoni si propagano nello spazio
  - Quantità relativa di energia diretta vs quella di ritorno

10

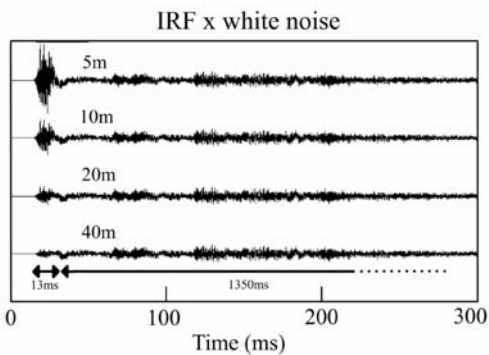
## Direct vs. Reverberant Energy



SENSATION AND PERCEPTION, Figure 16.11 © 2010 Sinauer Associates, Inc.

10

## Direct vs. Reverberant Energy



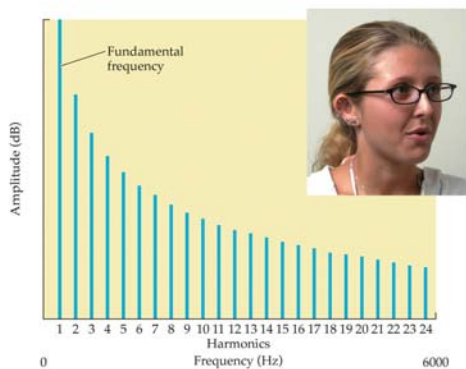
10

## Complex Sounds

- Armoniche
  - La più bassa frequenza nello spettro delle armoniche: Frequenza fondamentale
  - Il sistema acustico è molto sensibile alle rapporti naturali fra le armoniche
  - Cosa accade quando la prima armonica viene a mancare?
  - Effetto della mancanza della fondamentale

10

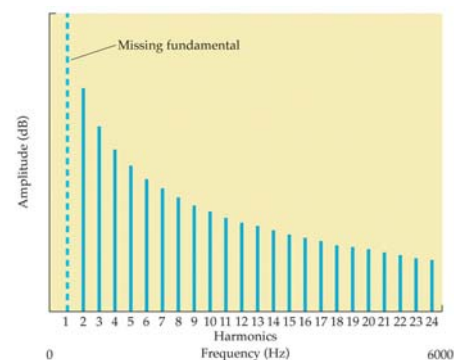
## Harmonic Sounds



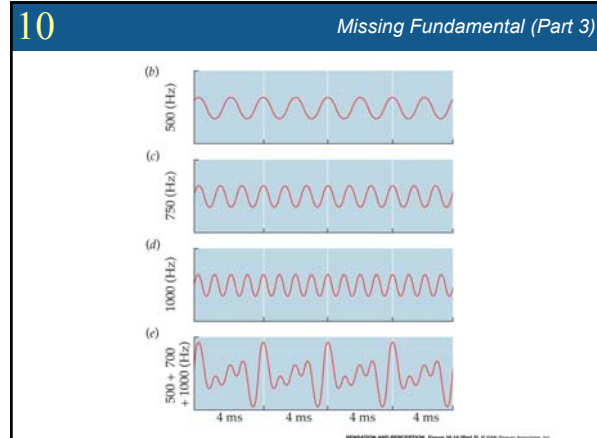
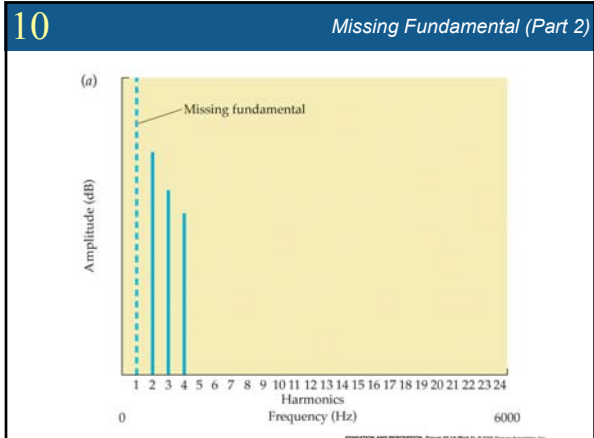
SENSATION AND PERCEPTION, Figure 16.12 © 2010 Sinauer Associates, Inc.

10

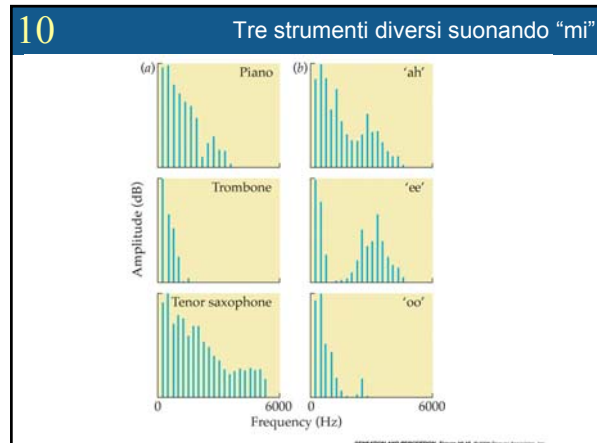
## Missing Fundamental (Part 1)



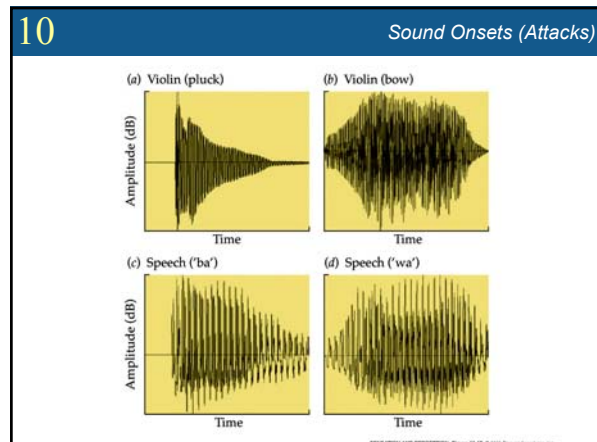
SENSATION AND PERCEPTION, Figure 16.13 © 2010 Sinauer Associates, Inc.



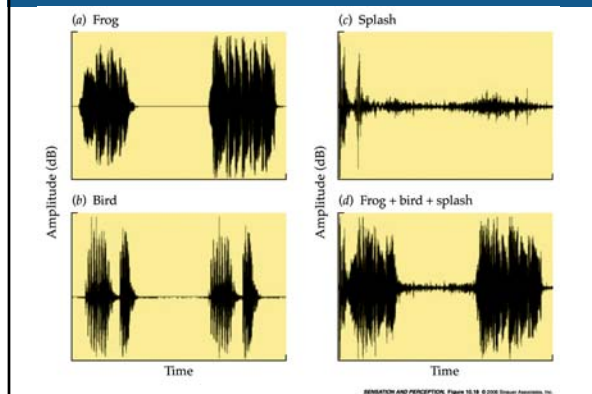
- 10** Complex Sounds (cont'd)
- Timbro: Sensazione psicologica tramite la quale un osservatore riesce a distinguere come diversi due suoni che hanno la stessa altezza e lo stesso volume. Il timbro è estrapolato dalle armoniche e da altre alte frequenze
    - La percezione del timbro dipende dal contesto in cui il suono viene udito
    - Esperimenti di Summerfield et al. (1984)
    - “Il contrasto del timbro” o “Post illusione del timbro”



- 10** Complex Sounds (cont'd)
- Attacco e caduta di un suono
    - Attacco: La parte di un suono durante la quale l'ampiezza cresce (onset)
    - Caduta: Parte di un suono durante il quale l'ampiezza desce (offset)



10



10

## Auditory Scene Analysis

- Che cosa accade in situazioni ecologiche (naturali)?
  - Un ambiente acustico può essere un luogo molto complesso
  - Fonti acustiche multiple
  - Come fa il sistema acustico a distinguere fra queste diverse fonti?
  - Segregazione della fonte o analisi della scena acustica

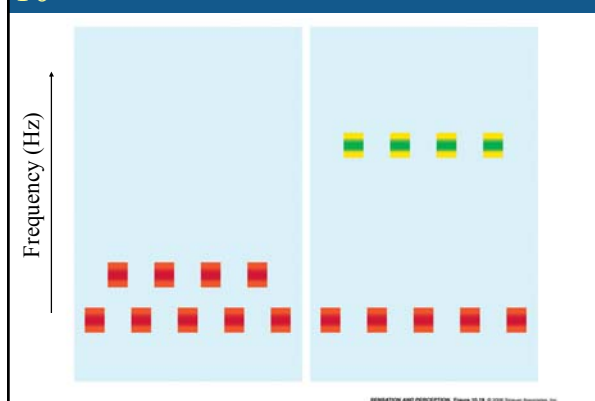
10

## Auditory Scene Analysis (cont'd)

- Ecco alcune strategie per differenziare/segregare le fonti acustiche
  - Separazione spaziale fra i suoni
  - Separazione sulla base dello spettro dei suoni o sulle qualità temporali (temporal qualities)
  - Segregazione del flusso audio: Organizzazione percettiva di un segnale acustico complesso in diversi eventi acustici che vengono percepiti come flussi acustici distinti

10

## Auditory Stream Segregation



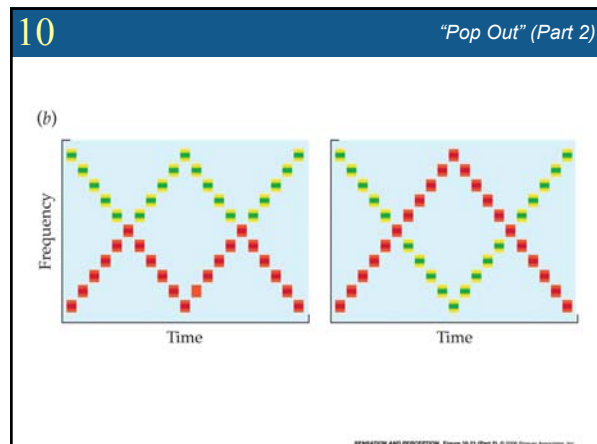
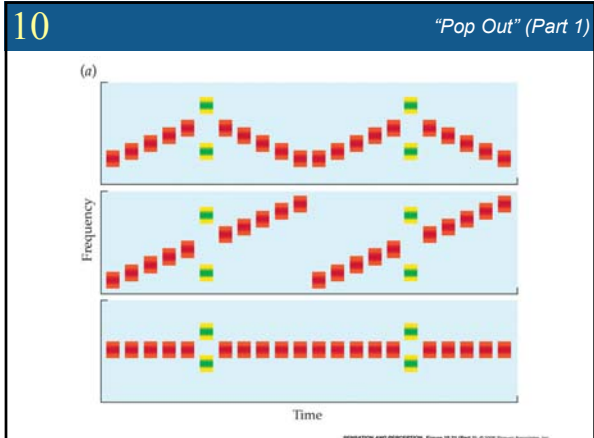
## 10 "Auditory steam segregation" in Bach's "Tocatta and Fughe"

SENSATION AND PERCEPTION, Figure 10.20 © 2010 Sinauer Associates, Inc.

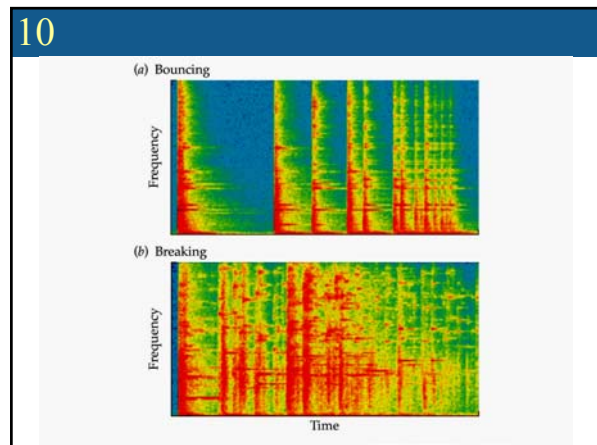
10

## Auditory Scene Analysis (cont'd)

- Raggruppamento per timbro
  - Toni che hanno frequenze che salgono e decrescono o toni che si differenziano da questo andamento di salita/discisa risaltano immediatamente (pop out) nella scena acustica



- 10 Auditory Scene Analysis (cont'd)
- Raggruppamento per inizio (on set)
    - Armoniche dei suoni del linguaggio o della musica
    - Raggruppare armoniche diverse in un singolo tono complesso
    - Rasch (1987) mostrò che è molto più semplice distinguere fra due toni quando l'inizio di uno precede quello dell'altro di un tempo molto piccolo
    - Legge della Gestalt del destino comune



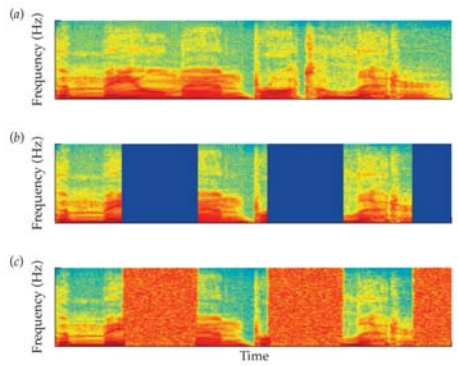
- 10 Continuity and Restoration Effects
- Come facciamo a sapere che chi ascolta i suoni li sente come patterns continui?
    - Principio della buona continuità: In particolari condizioni, nonostante la presenza di interruzioni, si è sempre in grado di sentire i suoni
    - Esperimenti che usano un compito di detezione del segnale (e.g., Kluender and Jenison) suggeriscono che in un qualche momento i suoni fisicamente mancanti nella sequenze vengono reintegrati da sistema percettivo ed analizzati come se fossero stati presentati davvero!

- 10 Continuity and Restoration Effects (cont'd)
- Reintegrazione di suoni complessi (e.g., music, speech)
    - Fonti di informazione di alto livello "Higher-order" non solo informazioni acustiche



# 10

## The Restoration Effect



SENSATION AND PERCEPTION, Figure 11.21. © 2010 Sinauer Associates, Inc.