

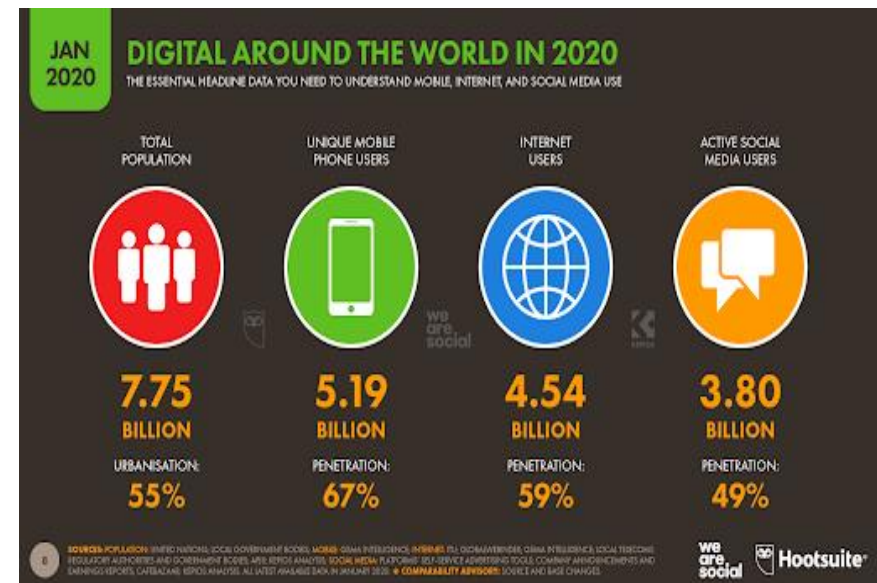
# Interactions Homme-Machine

- 6 – IHM pour les Interfaces Mobiles et**
- 7 – Accessibilité**

# Plan du cours

1. Mobile Friendly & Mobile First
2. Spécificités du mobile et de ses IHM
3. Guides de style mobile
4. Règles pour le web mobile
5. Règles pour les interfaces mobiles
6. Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap
7. Accessibilité - Karwai Pun infographics

- **Mobile First** : Consiste à concevoir un siteweb/app en mettant la **priorité sur la version mobile** et en adaptant progressivement le web design pour les écrans plus large.
- Le besoin de concevoir des IHM **Mobile Friendly** = Conviviales pour les utilisateurs des périphériques mobiles.
- = Ergonomie des IHM mobiles.

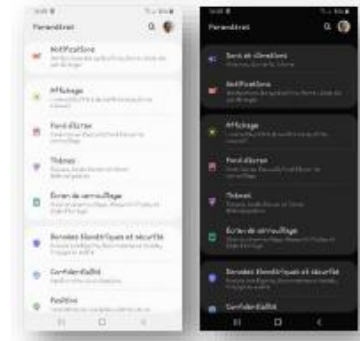


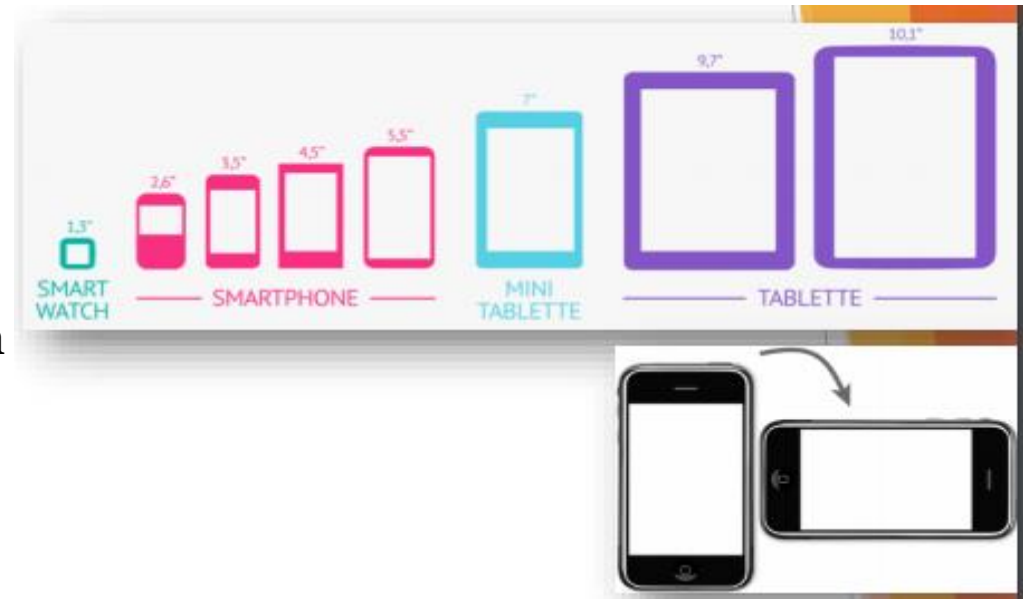
# Spécificités du mobile et de ses IHM

## Usages, lieux, et moments d'utilisation:



- Tous lieux : à la maison, au travail, en cours, en déplacement, dans les transports, etc.
- Changement de lieux pendant l'activité : conséquence sur la connexion
- Contextes différents:
  - ✓ extérieur/intérieur : luminosité, bruit, intimité.
  - ✓ public/privé: interface sonore acceptable ou pas
- Jour/nuit
- Au réveil/au couché
- Tâche principale ou secondaire : deux tâches en même temps, conduite, attente, etc.





# Spécificités du mobile et de ses IHM

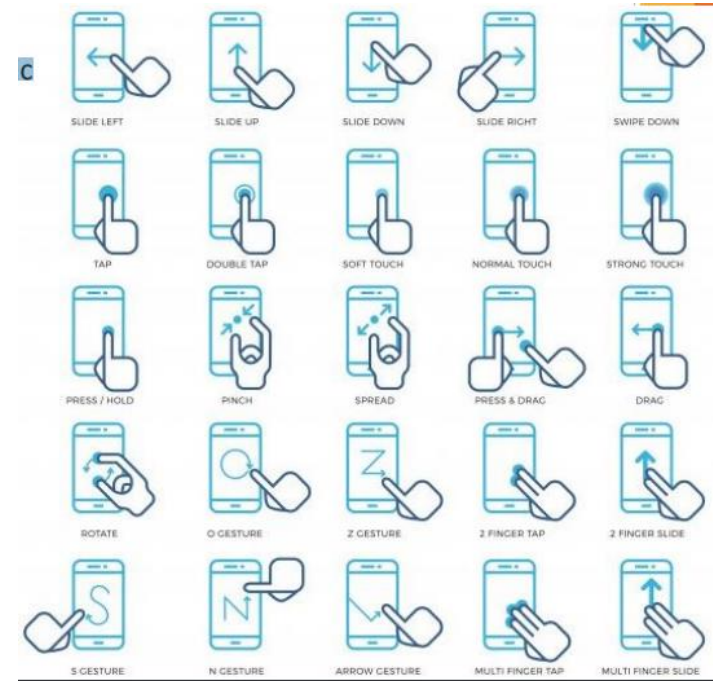
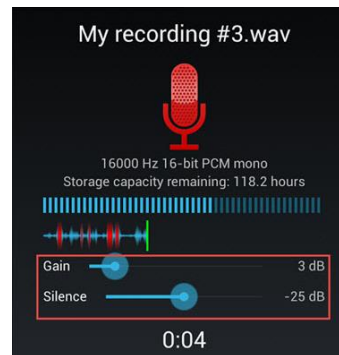
## Hétérogénéité des périphériques et leur IHM

### ■ Entrées/sorties:

- ✓ Textuelle
- ✓ Visuelle: image, animation
- ✓ Sonore: bip, sortie vocale
- ✓ Haptique (vibration du smartphone)

### ■ Capteurs

### ■ Tactile (Gestuelle)



# Spécificités du mobile et de ses IHM

## Hétérogénéité des périphériques et leur IHM

### ■ Clavier virtuel:

#### *Spécificités:*

- moins d'espace, moins de touches
- pas de combinaison de touches, pas de raccourcis

#### *Risques:*

- risque accru d'erreurs de saisie

#### *Conséquences:*

- clavier adapté (alphanum / num)
- aides à la saisie / proposer des valeurs
- autocomplétion
- accès à la saisie vocale

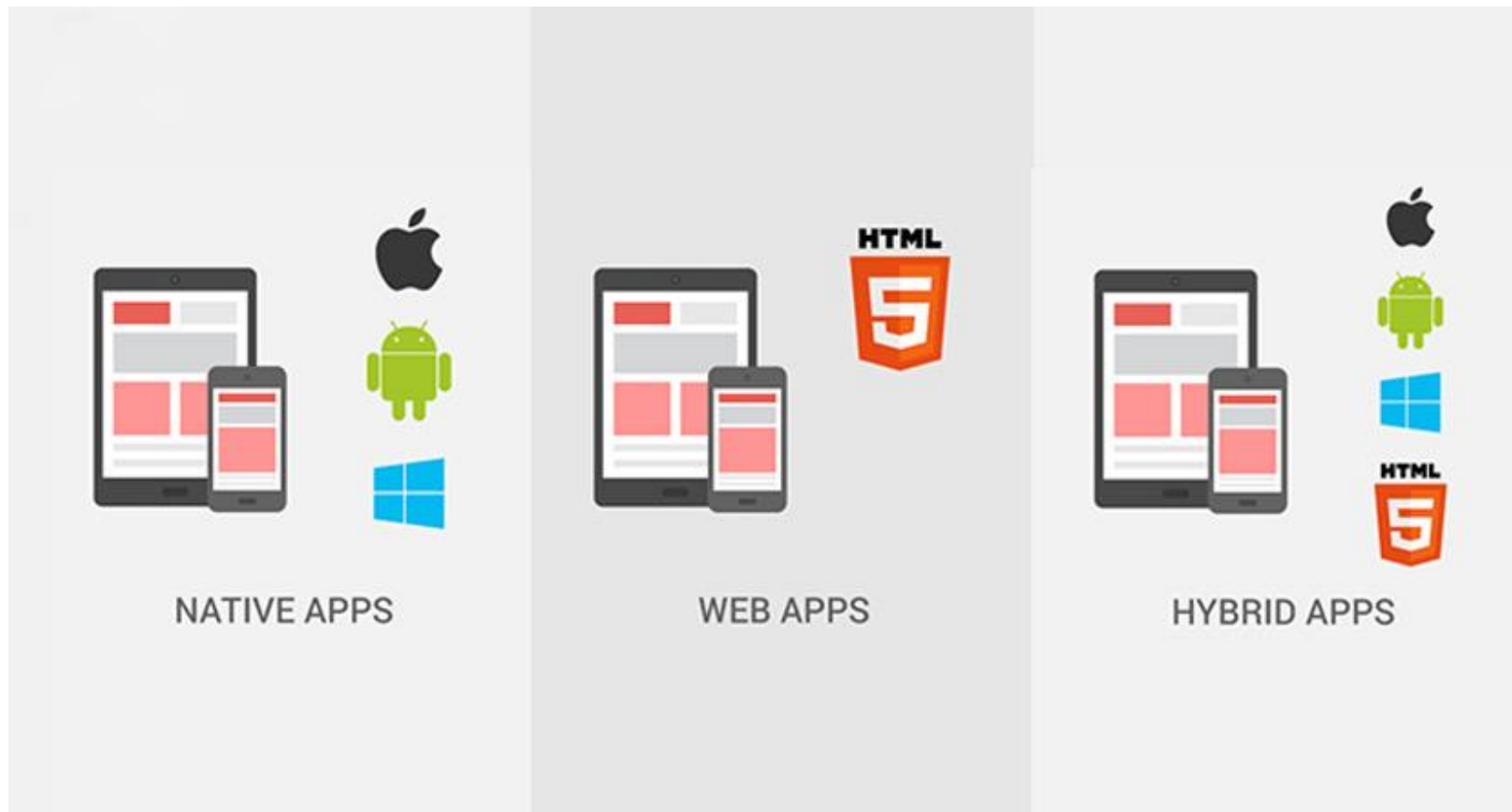




# Spécificités du mobile et de ses IHM

## Hétérogénéité des périphériques et leur IHM

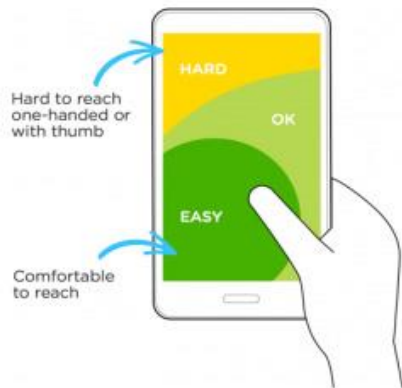
- Technologies de développement:





# Spécificités du mobile et de ses IHM

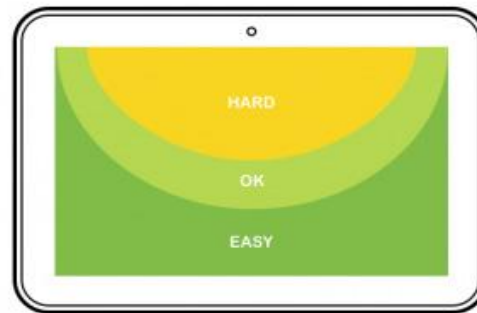
## Accessibilité et Position des mains



Interaction



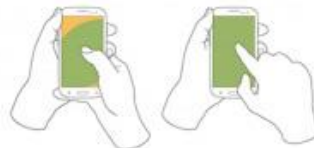
SINGLE-HANDED



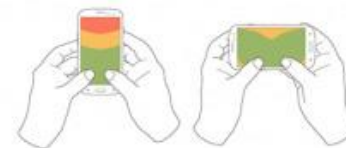
Reading



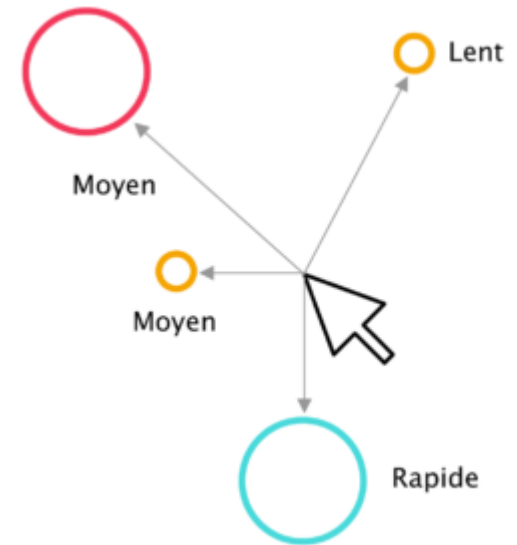
CRADLING



TWO-HANDED

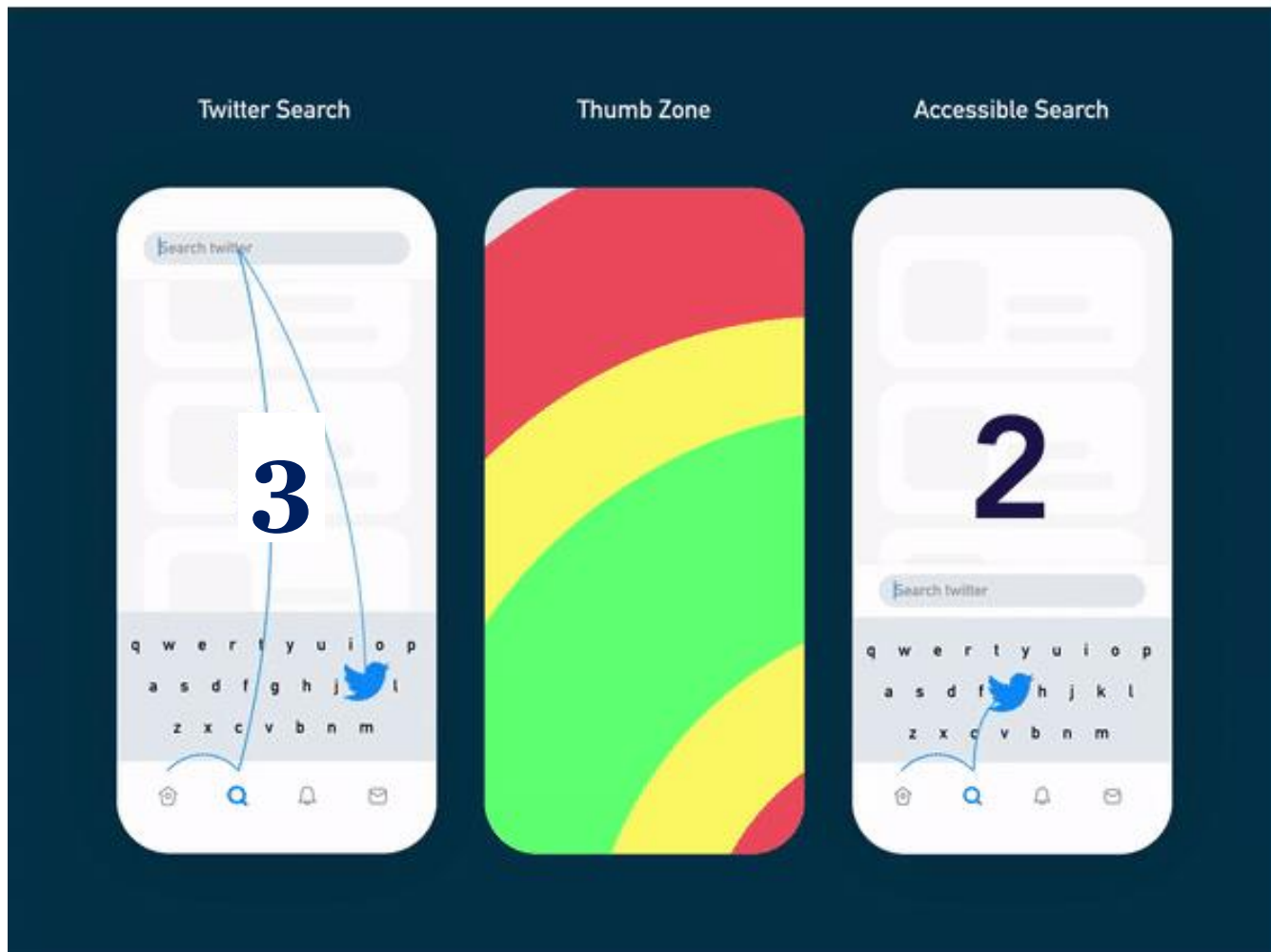


## Loi de Fitts



# Spécificités du mobile et de ses IHM

## Accessibilité et Position des mains



# Guides de style mobile

## iOS

- <https://developer.apple.com/ios/humaninterface-guidelines>

## Android

- [https://developer.android.com/guide/practices/ui\\_guidelines](https://developer.android.com/guide/practices/ui_guidelines)

## Material Design (Google)

- <https://material.io/>
- icônes : <https://material.io/resources/icons/>

## Android Wear

- <https://designguidelines.withgoogle.com/wearos/wear-os-by-google/designing-forwatches.html>



# Règles pour le web mobile

- **Les Bonnes Pratiques ergonomiques du Web Mobile.**
- Du standard W3C Mobile Web Best Practices 1.0 – MWBP
- "Mobile Web Best Practices 1.0" est un standard Web du W3C qui facilite la création et la diffusion de contenu aisément lisible sur les terminaux mobiles.
- 60 bonnes pratiques détaillées et définies dans la spécification : <https://www.w3.org/TR/mobile-bp/>
- Résumées en 10 règles et recommandations les plus essentielles : 10 Flipcards - [https://www.w3.org/2007/02/mwbp\\_flip\\_cards.html.fr](https://www.w3.org/2007/02/mwbp_flip_cards.html.fr)



# Règles pour le web mobile

## ■ 10 règles du W3C – Mobile Web Initiative:

1. Créer pour un seul Web
2. Respecter les standards Web
3. Eviter les risques connus
4. Connaître les limitations des terminaux
5. Optimiser la navigation
6. Vérifier graphiques & couleurs
7. Penser "petit"
8. Utiliser le réseau avec parcimonie
9. Aider & guider les utilisateurs
10. Penser aux utilisateurs en déplacement

mobiliser en 10 points



**Créer** pour un seul Web



**Respecter** les standards Web



**Eviter** les risques connus



**Connaître** les limitations des terminaux



**Optimiser** la navigation



**Vérifier** graphiques & couleurs



**Penser** "petit"



**Utiliser** le réseau avec parcimonie



**Aider & guider** les utilisateurs



**Penser** aux utilisateurs en déplacement

# Règles pour le web mobile



## Créer pour un seul Web

Créer du contenu qui fonctionne sur un maximum de terminaux peut permettre de réduire les coûts, d'améliorer la flexibilité et de répondre aux besoins du plus grand nombre.

### Créer pour un seul Web

- ✓ **THEMATIC CONSISTENCY:**  
Faire en sorte que le contenu accessible via une URI à partir de différents terminaux procure une expérience thématique cohérente.
- ✓ **CAPABILITIES:**  
Exploiter les capacités des terminaux pour contourner les implémentations défectueuses
- ✓ **DEFICIENCIES:**  
Faire le nécessaire pour améliorer les implémentations défectueuses.
- ✓ **TESTING:**  
Effectuer des tests sur des terminaux réels et sur des émulateurs.

# Règles pour le web mobile



## Respecter les standards Web

Dans le marché extrêmement fragmenté des terminaux et des navigateurs, les standards sont la meilleure garantie d'interopérabilité.

### Respecter les standards Web

- ✔ **VALID MARKUP:** Créer des documents conformes aux grammaires formelles publiées.
- ✔ **CONTENT FORMAT SUPPORT:** Envoyer le contenu dans un format que l'on sait être pris en charge par le terminal.
- ✔ **CONTENT FORMAT PREFERRED:** Dans la mesure du possible, envoyer le contenu dans un format préféré.
- ✔ **CHARACTER ENCODING SUPPORT:** Utiliser un encodage de caractère pris en charge par le terminal ciblé.
- ✔ **CHARACTER ENCODING USE:** Indiquer dans la réponse l'encodage de caractères utilisé.
- ✔ **STYLE SHEETS USE:** Utiliser des feuilles de style pour contrôler la disposition et la présentation, sauf si le terminal ne les prend pas en charge.
- ✔ **STRUCTURE:** Définir la structure logique du document en utilisant les fonctions adéquates.
- ✔ **ERROR MESSAGES:** Fournir des messages d'erreur informatifs et un moyen de passer d'un message d'erreur à des informations utiles.



# Règles pour le web mobile



## Eviter les risques connus

Une conception soignée peut permettre de limiter les problèmes liés à la petite taille des claviers et des écrans, ainsi qu'à d'autres caractéristiques des terminaux mobiles.

### Eviter les risques connus

- ✓ **POP UPS:**  
Proscrire l'affichage de pop ups ou autres fenêtres et ne pas modifier la fenêtre en cours sans en informer l'utilisateur.
- ✓ **TABLES NESTED:**  
Ne pas utiliser de tableaux imbriqués.
- ✓ **TABLES LAYOUT:**  
Ne pas utiliser de tableaux à des fins de présentations.
- ✓ **GRAPHICS FOR SPACING:**  
Ne pas utiliser de graphiques pour l'espacement.
- ✓ **NO FRAMES:**  
Ne pas utiliser de cadres.
- ✓ **IMAGE MAPS:**  
Ne pas utiliser de mappes d'images, sauf si le terminal les prend en charge.

# Règles pour le web mobile



## Connaître les limitations des terminaux

Lorsque vous choisissez une technologie Web, tenez compte de la diversité des capacités des terminaux mobiles.

### Connaître les limitations des terminaux

- ✦ **COOKIES:**  
Ne pas compter sur la disponibilité des cookies.
- ✦ **OBJECT OR SCRIPT:**  
Ne pas compter sur les objets ou les scripts intégrés.
- ✦ **TABLES SUPPORT:**  
Ne pas utiliser de tableaux, sauf si le terminal les prend en charge.
- ✦ **TABLES ALTERNATIVES:**  
Dans la mesure du possible, ne pas faire appel à la présentation tabulaire.
- ✦ **STYLE SHEETS SUPPORT:**  
Organiser les documents de sorte qu'ils puissent être lus sans feuille de style, si nécessaire.
- ✦  **FONTS:**  
Ne pas compter sur la prise en charge des effets de style liés aux polices.
- ✦ **USE OF COLORS:**  
S'assurer que les informations transmises par les couleurs le sont également lorsque les couleurs sont absentes.

# Règles pour le web mobile



## Optimiser la navigation

Sur un petit écran, avec un petit clavier et une bande passante limitée, il faut que la navigation et la saisie soient faciles.

### Optimiser la navigation

- ✎ **NAVBAR:**  
Fournir des options de navigation minimale en haut de la page.
- ✎ **NAVIGATION:**  
Offrir des mécanismes de navigation cohérents.
- ✎ **LINK TARGET ID:**  
Identifier clairement la cible de chaque lien.
- ✎ **LINK TARGET FORMAT:**  
Noter le format des fichiers cible à moins qu'il ne soit connu du terminal.
- ✎ **ACCESS KEYS:**  
Affecter des touches d'accès aux liens dans les menus de navigation et les fonctionnalités fréquemment utilisées..
- ✎ **URIS:**  
Utiliser des URI courtes pour les points d'entrée de sites.
- ✎ **BALANCE:**  
Trouver un compromis entre le fait de placer des liens trop nombreux sur une page et le fait de demander à l'utilisateur de suivre trop de liens pour accéder aux informations recherchées.

# Règles pour le web mobile



## Vérifier graphiques & couleurs

Les images, couleurs et styles mettent le contenu en valeur, mais doivent être utilisés avec précaution car certains terminaux disposent d'écrans à faible contraste ou ne prennent pas en charge tous les formats.

### Vérifier graphiques & couleurs

- ✦ **IMAGES RESIZING:**  
Redimensionner les images à taille intrinsèque sur le serveur.
- ✦ **LARGE GRAPHICS:**  
Ne pas utiliser d'images que le terminal ne pourra pas afficher. Éviter les images haute résolution, sauf si cela entraîne une perte d'informations importantes.
- ✦ **IMAGES SPECIFY SIZE:**  
Indiquer la taille des images dans le balisage, si leur taille est intrinsèque.
- ✦ **NON-TEXT ALTERNATIVES:**  
Pour tout élément non textuel, fournir un équivalent textuel.
- ✦ **COLOR CONTRAST:**  
S'assurer que les combinaisons de couleurs d'avant-plan et d'arrière-plan offrent un contraste suffisant.
- ✦ **BACKGROUND IMAGE READABILITY:**  
Lorsque des images d'arrière-plan sont utilisées, s'assurer que le contenu reste lisible sur le terminal.
- ✦ **MEASURES:**  
Ne pas utiliser de mesures en pixels ni d'unités absolues dans les valeurs d'attribut du langage de balisage et les valeurs de propriété des feuilles de style.

# Règles pour le web mobile



## Penser "petit"

Les sites de petite taille satisfont les utilisateurs car ils sont moins coûteux en temps et en argent.

### Penser "petit"

- ✎ MINIMIZE:  
Utiliser un balisage succinct et efficace.
- ✎ PAGE SIZE LIMIT:  
S'assurer que la taille des pages tient compte des limitations du terminal en terme de mémoire.
- ✎ STYLE SHEETS SIZE:  
Utiliser des feuilles de style de petite taille.
- ✎ SCROLLING:  
Dans la mesure du possible, limiter le défilement à une seule direction.

# Règles pour le web mobile



## Utiliser le réseau avec parcimonie

Les fonctions des protocoles Web peuvent limiter l'impact des goulots d'étranglement et des temps d'attente réseau, améliorant ainsi l'expérience utilisateur.

### Utiliser le réseau avec parcimonie

- ✎ **AUTO REFRESH:**  
Ne pas créer de pages qui s'actualisent automatiquement, sauf si l'utilisateur est informé et dispose d'une solution de rechange.
- ✎ **REDIRECTION:**  
Ne pas utiliser de balisage permettant de rediriger les pages automatiquement. Il est préférable de configurer le serveur pour qu'il effectue les redirections via des codes HTTP 3xx.
- ✎ **EXTERNAL RESOURCES:**  
Utiliser un nombre minimal de ressources externes liées.
- ✎ **CACHING:**  
Fournir les informations de mise en cache dans les réponses HTTP.

# Règles pour le web mobile



## Aider & guider les utilisateurs

L'utilisation des claviers et des autres dispositifs de saisie des terminaux mobiles peut être fastidieuse ; une conception efficace peut permettre de les minimiser.

### Aider & guider les utilisateurs

- ✦ **MINIMIZE KEYSTROKES:**  
Limiter les frappes au maximum.
- ✦ **AVOID FREE TEXT:**  
Dans la mesure du possible, éviter les entrées de texte libre.
- ✦ **PROVIDE DEFAULTS:**  
Dans la mesure du possible, fournir des valeurs par défaut présélectionnées.
- ✦ **DEFAULT INPUT MODE:**  
Spécifier un mode d'entrée de texte, une langue et/ou un format d'entrée par défaut, si le terminal cible le prend en charge.
- ✦ **TAB ORDER:**  
Ordonner logiquement les liens, les contrôles et les objets.
- ✦ **CONTROL LABELLING:**  
Utiliser des intitulés de contrôle appropriés et les associer explicitement aux contrôles.
- ✦ **CONTROL POSITION:**  
Positionner les intitulés de sorte qu'ils soient placés correctement par rapport aux contrôles auxquels ils se rapportent.



# Règles pour le web mobile



## Penser aux utilisateurs en déplacement

Ceux qui utilisent le Web en déplacement ont peu de temps et sont peu disponibles ; ils ont besoin d'informations succinctes.

### Penser aux utilisateurs en déplacement

- ✓ **PAGE TITLE:**  
Fournir des titres de page brefs mais descriptifs.
- ✓ **CLARITY:**  
Utiliser un langage clair et simple.
- ✓ **CENTRAL MEANING:**  
S'assurer que les informations pertinentes précèdent celles qui ne le sont pas.
- ✓ **LIMITED:**  
Limiter le contenu à ce que l'utilisateur a demandé.
- ✓ **SUITABLE:**  
S'assurer que le contenu peut être utilisé dans un contexte mobile.
- ✓ **PAGE SIZE USABLE:**  
Diviser les pages en portions de taille utilisable mais limitée.

# Règles pour les interfaces mobiles

Quelques règles pour rendre les interfaces mobiles ergonomique :

- Adapter l'affichage à l'écran
- Faciliter le clic tactile
- Agrandir les zones cliquables
- Limiter la quantité d'information
- Simplifier la navigation
- Texte en grande taille et lisible
- Éviter l'utilisation du clavier
- Utiliser des composants adaptés
- Permettre la récupération des erreurs
- Exploiter les spécificités du mobile (tactile, capteurs, etc.)
- Assurer la continuité entre les dispositifs
- Accélérer la navigation
- Penser à l'accessibilité
- Prévoir un mode dégradé (sans son, hors connexion, etc.)
- Informer sur les autorisations

# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- Accessibilité des systèmes interactifs.
- = « Mettre le système interactif et ses services à la disposition de tous les individus quel que soit leur matériel ou logiciel, leur infrastructure réseau, leur langue maternelle, leur culture, leur localisation géographique, ou **leurs aptitudes physiques ou mentales**. »
- Utilisateurs en situation de handicap :
  - ✓ Handicap **visuel** : fatigue visuelle, troubles visuels, cécité, etc.
  - ✓ Handicap **auditif**: déficience auditive, surdité, etc.
  - ✓ Handicap **moteur**: faible amplitude de mouvements, membres supérieurs non disponibles, etc.
  - ✓ Handicap **cognitif**: attention, mémoire, dyslexie, etc.



# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- Accessibilité des systèmes interactifs.
- = faire en sorte que personne ne soit en situation de handicap devant le logiciel / IHM conçu.
- Conception inclusive : inclusive design.
- Conception universelle : design for all.
- Conception éthique : Ethical Design.
- Concevoir des interactions et des interfaces accessible pour tous.

# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- Quelques interactions adaptées :



# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- Adaptations logicielles :
- Touches **rémanentes** : pour faire une combinaison de touches une touche à la fois.
- Touches **bascules** : pour provoquer un signal sonore à l'appui de certaines touches.
- Touches **filtres** : pour éviter les répétitions : bbboooooonjourrr

Rendre la saisie plus facile

☐ Activer les touches rémanentes

Appuyer sur les raccourcis clavier (tels que Ctrl+Alt+Suppr) une touche à la fois.

[Configurer les touches rémanentes](#)

☐ Activer les touches bascules

Entendre un son lorsque vous appuyez sur VERR. MAJ, VERR. NUM ou ARRÊT DÉFIL.

☒ Activer les touches bascules en maintenant la touche Verr. Num. enfoncée pendant 5 secondes

☐ Activer les touches filtres

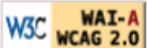


Ignorer ou ralentir les frappes brèves ou répétées et ajuster la fréquence de répétition du clavier.

[Configurer les touches filtres](#)



# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- **Normes pour l'accessibilité des contenus du Web :**
- **WCAG** : Web Content Accessibility Guidelines - Web Accessibility Initiative
- = norme internationale du W3C pour l'accessibilité des contenus du Web
- Spécification complète : <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-fr/>

Niveau		Objectif
A		Atteindre un niveau d'accessibilité minimal
AA		Améliorer le niveau d'accessibilité
AAA		Atteindre un niveau supérieur d'accessibilité

- **AccessiWeb** : Méthodes, labels et mesure de conformité pour l'accessibilité du web selon les WCAG.
- <https://www.accessiweb.org/>





# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- **WCAG** : Web Content Accessibility Guidelines - Web Accessibility Initiative.
- Les recommandations se déclinent en 4 grands principes :

## 1 - Des contenus perceptibles:

- Proposer des équivalents textuels à tout contenu non textuel qui pourra alors être présenté sous d'autres formes selon les besoins de l'utilisateur : grands caractères, braille, synthèse vocale, symboles ou langage simplifié.
- Proposer des versions de remplacement aux média temporels.
- Créer un contenu qui puisse être présenté de différentes manières sans perte d'information ni de structure (par exemple avec une mise en page simplifiée).
- Faciliter la perception visuelle et auditive du contenu par l'utilisateur, notamment en séparant le premier plan de l'arrière-plan.

# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- **WCAG** : Web Content Accessibility Guidelines - Web Accessibility Initiative.
- Les recommandations se déclinent en 4 grands principes :

## 2 - Des contenus utilisables:

Rendre toutes les fonctionnalités accessibles au clavier.

- Laisser à l'utilisateur suffisamment de temps pour lire et utiliser le contenu.
- Ne pas concevoir de contenu susceptible de provoquer des crises (épilepsie notamment).
- Fournir à l'utilisateur des éléments d'orientation pour naviguer, trouver le contenu et se situer dans le site.

# Accessibilité et critères ergonomiques liés au handicap

- **WCAG** : Web Content Accessibility Guidelines - Web Accessibility Initiative.
- Les recommandations se déclinent en 4 grands principes :

## 3 - Des contenus compréhensibles:

Rendre le contenu textuel lisible et compréhensible

- Faire en sorte que les pages apparaissent et fonctionnent de manière prévisible.
- Aider l'utilisateur à éviter et à corriger les erreurs de saisie.

## 4 - Des contenus robustes:

Optimiser la compatibilité avec les agents utilisateurs actuels et futurs, y compris avec les technologies d'assistance.

# Karwai Pun infographics

## Designing for users on the autistic spectrum



### Do...

use simple colours



write in plain English

**Do this.**

use simple sentences and bullets



make buttons descriptive

**Attach files**

build simple and consistent layouts



### Don't...

use bright contrasting colours



use figures of speech and idioms



create a wall of text



make buttons vague and unpredictable

**Click here!**

build complex and cluttered layouts



## Designing for users who are Deaf or hard of hearing



### Do...

write in plain English

**Do this.**

use subtitles or provide transcripts for videos



use a linear, logical layout



break up content with sub-headings, images and videos



let users ask for an interpreter when booking appointments



### Don't...

use complicated words or figures of speech



put content in audio or video only



make complex layouts and menus



make users read long blocks of content



don't make telephone the only means of contact for users



# Karwai Pun infographics

## Designing for users with dyslexia



### Do...

use images and diagrams to support text



align text to the left and keep a consistent layout



consider producing materials in other formats (for example, audio or video)



keep content short, clear and simple



let users change the contrast between background and text



### Don't...

use large blocks of heavy text



underline words, use italics or write in capitals

*DON'T DO THIS*

force users to remember things from previous pages - give reminders and prompts



rely on accurate spelling - use autocorrect or provide suggestions



put too much information in one place



## Designing for users with low vision



### Do...

use good colour contrasts and a readable font size



publish all information on web pages



use a combination of colour, shapes and text



follow a linear, logical layout

200% magnification



put buttons and notifications in context



### Don't...

use low colour contrasts and small font size



bury information in downloads



only use colour to convey meaning

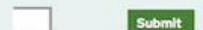


spread content all over a page

200% magnification



separate actions from their context



# Karwai Pun infographics

## Designing for users with physical or motor disabilities

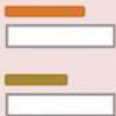


### Do...

make large clickable actions



give form fields space



design for keyboard or speech only use



design with mobile and touchscreen in mind



provide shortcuts

Postcode

### Don't...

demand precision



bunch interactions together



make dynamic content that requires a lot of mouse movement



have short time out windows



tire users with lots of typing and scrolling

Address

## Designing for users of screen readers



### Do...

describe images and provide transcripts for video

`<alt>`

follow a linear, logical layout



structure content using HTML5

`<h1>`  
`<nav>`  
`<label>`

build for keyboard use only



write descriptive links and headings

[Contact us](#)

### Don't...

only show information in an image or video



spread content all over a page



rely on text size and placement for structure

36pt, bold  
**Header**

force mouse or screen use



write uninformative links and headings

[Click here](#)



# Interactions Homme-Machine

## Contenu de la matière :

- 1) IHM, Interaction Homme-Machine : problématique et enjeux du domaine,
- 2) Apports de la Psycho Cognitive, Méthodes de conception
- 3) Principes d'Ergonomie des Logiciels, critères ergonomiques de qualité
- 4) IHM pour les interfaces mobiles.
- 5) Accessibilité
- 6) Principes de conception, spécification d'interfaces
- 7) Toolkits Graphiques : Java-Swing, Web – JS JQuery, Arduino/ Processing
- 8) Normes et de mesures pour les systèmes interactifs
- 9) Evaluation des interfaces
- 10) Analyse des besoins, des acteurs et de leur activité, modélisation des activités

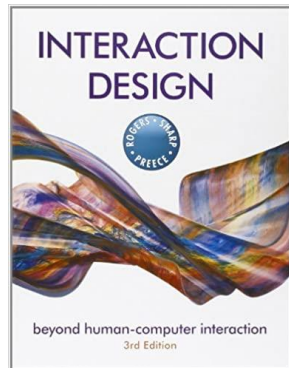


# Références



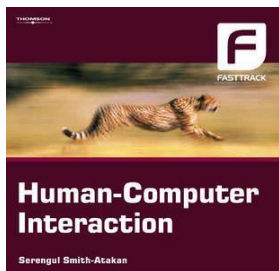
## ***Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX and Interaction Design, 3rd Edition***

- ✓ Auteur : David Benyon
- ✓ Éditeur : Pearson
- ✓ Edition : 2013



## **Interaction Design: beyond human-computer interaction (3rd edition)**

- ✓ Auteur : Yvonne Rogers, Helen Sharp & Jenny Preece
- ✓ Éditeur : Wiley
- ✓ Edition : 2011



## **The FastTrack to Human-Computer Interaction**

- ✓ Auteur : Serengul Smith-Atakan
- ✓ Éditeur : Thomson Learning
- ✓ Edition : 2006

# Références

BrailleNet

✓ <https://www.brailenet.org/accessibilite-numerique/cadre-technique//>

Cours – Stéphanie Jean-Daubias - IHM

✓ <https://perso.liris.cnrs.fr/stephanie.jean-daubias/enseignement/IHM//>

Cours – Philippe Truillet - IHM

✓ [https://www.irit.fr/~Philippe.Truillet/ens/ens/m2ice/cours/survol\\_ihm\\_3\\_3.pdf](https://www.irit.fr/~Philippe.Truillet/ens/ens/m2ice/cours/survol_ihm_3_3.pdf)

Habilitation – Christophe Kolski - Méthodes et modèles de conception et d'évaluation des interfaces homme-machine

✓ <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01300869/document>