



télécom
saint-étienne

école d'ingénieurs
nouvelles technologies

La technologie tactile



GALLEY Nicolas
TABARANT Paul-Elian

TIPE 2015



Table des matières

<u>1.</u>	<u>Les technologies actuelles</u>	<u>3</u>
1.1.	Explication des différentes technologies	3
1.2.	Avantages et inconvénients	5
<u>2.</u>	<u>Les technologies les plus employées</u>	<u>6</u>
2.1.	La technologie résistive.....	6
2.2.	La technologie capacitive	9
<u>3.</u>	<u>L'implantation logicielle dans l'acquisition des coordonnées.....</u>	<u>12</u>
3.1.	De la couche matérielle à logicielle.....	12
3.2.	Développement d'une application tactile.....	13
3.3.	Aide du constructeur	14
<u>4.</u>	<u>Difficultés rencontrées</u>	<u>15</u>
<u>5.</u>	<u>Conclusion</u>	<u>15</u>
<u>6.</u>	<u>Bibliographie</u>	<u>16</u>
<u>7.</u>	<u>Annexes.....</u>	<u>17</u>
7.1.	Lexique	17
7.2.	Contact avec le support de 4D Systems	18
7.3.	Code du programme implanté sur la carte (langage 4DGL)	21

Introduction

La technologie tactile est aujourd'hui un élément incontournable des systèmes électroniques grand public. Celle-ci a commencé à intéresser certains industriels dès les années 70 (IBM et HP par exemple), avec la commercialisation des premiers ordinateurs tactiles, sans toutefois rencontrer le succès escompté. L'utilisation d'écrans permettant le contrôle d'appareils électroniques n'a que discrètement vu le jour dans la société durant les années 90 avec la mise sur le marché de PDA. Cependant, ce n'est qu'avec le succès du premier iPhone dans les années 2000 que les industriels ont vu en l'écran tactile une solution alternative tangible aux périphériques de saisie déjà disponibles, solution auparavant délaissée en raison du manque d'ergonomie et d'un prix souvent exorbitant. Cet événement a amorcé le développement fulgurant de cette technologie. Dès lors, le marché du tactile a commencé à convaincre de plus en plus d'industriels qui investissent dans la recherche encore aujourd'hui afin d'accélérer le progrès et obtenir des interfaces toujours plus performantes.

La facilité d'utilisation, l'immersion et l'intuitivité sont autant de points clés qui font des écrans tactiles conçus à l'heure actuelle de sérieux concurrents aux périphériques traditionnels. De plus, le concept de cette technologie offre une mobilité aujourd'hui de plus en plus recherchée par le grand public. A l'heure actuelle, une écrasante majorité des téléphones portables dispose d'un écran tactile et le marché des tablettes connaît une expansion notoire.

Il apparaît donc légitime de s'interroger sur les moyens mis en œuvre par la technologie tactile pour s'imposer aujourd'hui comme une des interfaces homme/machine les plus appréciées du grand public. Pour cela, notre étude se décomposera en trois parties. Nous nous intéresserons d'abord au principe de fonctionnement des écrans tactiles en développant les principales technologies employées. Ensuite, nous expliquerons de manière détaillée les deux technologies les plus utilisées à l'heure actuelle, à savoir résistive et capacitive. Enfin, nous terminerons par l'étude d'une application bénéficiant de l'intuitivité offerte par une interface tactile.

1. Les technologies actuelles

1.1. Explication des différentes technologies

Toute la difficulté des systèmes tactiles repose sur la détection d'un toucher et sur l'acquisition de ses coordonnées sur l'écran. C'est pour cela que plusieurs technologies ont vu le jour afin de répondre à ces problématiques. Il convient donc de s'intéresser aux phénomènes physiques exploités par ces technologies ainsi qu'aux avantages et inconvénients propres à chacune d'elles. Durant cette partie, seul l'aspect matériel sera brièvement explicité.

La technologie résistive : La méthode d'acquisition des coordonnées du doigt sur un écran tactile résistif repose sur la mesure des tensions au bord de celui-ci. En effet, considérons deux plaques conductrices de résistivité uniforme légèrement écartées l'une de l'autre. On impose une différence de potentiel entre les bords verticaux ou horizontaux d'une des plaques. Si une pression est appliquée sur l'une d'elles, de sorte à créer un point de contact, il apparaît que la tension ainsi créée sur l'autre plaque est proportionnelle à la distance séparant le point de contact et le bord relié à la masse [1] [2]. Effectivement, la présence de ce contact aboutit à la création d'un pont diviseur de tension, comme le décrit la figure 1 :

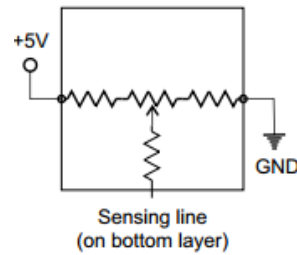


Figure 1 : pont diviseur de tension suite au point de contact

La technologie capacitive : Le phénomène physique exploité par la technologie capacitive permettant la détection d'un toucher se base quant à lui sur la conductivité du corps humain et le déplacement des charges électriques. Prenons deux armatures conductrices séparées par une couche isolante. On obtient un condensateur. Appliquons sur la partie conductrice extérieure une seconde couche isolante de protection. Le corps humain étant conducteur et électriquement neutre, à l'approche d'un doigt, une seconde capacité apparaît entre celui-ci et la plaque conductrice extérieure. De plus, une partie des charges sur les deux conducteurs vont être attirées vers celui-ci. La capacité formée par les deux conducteurs s'en trouve modifiée de manière d'autant plus franche que le doigt est proche de cette capacité chargée. Une mesure de capacité peut donc permettre de détecter la proximité d'un doigt.

Egalement, dans le cadre de deux conducteurs sous forme de plaques, la vitesse de déplacement des charges sur l'armature supérieure est d'autant plus grande que la distance les séparant du doigt est importante. Ainsi, la mesure du courant créé à chaque coin de la plaque permet de déterminer la position du doigt sur cette plaque. Une illustration du déplacement des charges est donnée par la figure 2 [3].

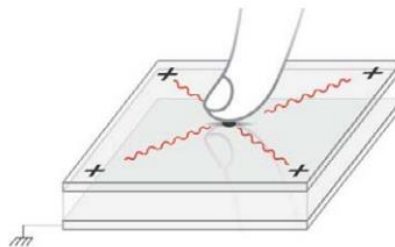


Figure 2 : déplacement de charges vers le doigt de l'utilisateur

La technologie infrarouge : Le principe à la base de la technologie infrarouge est extrêmement simple, puisqu'il repose sur l'opacité du corps humain. En effet, si un faisceau laser est coupé par une partie quelconque du corps humain, celui-ci ne la traversera pas. Ceci est bien entendu valable pour les faisceaux laser invisibles, donc les faisceaux infrarouges. Ainsi, l'écran se compose d'un ensemble de LEDs émettrices de faisceaux lumineux infrarouges placées sur sa partie supérieure, de telle sorte qu'elles forment un quadrillage sur toute sa surface (cf figure 3). A chaque LED correspond une photodiode. Lorsqu'un doigt touche l'écran, des faisceaux verticaux et horizontaux sont coupés, et leurs photodiodes correspondantes ne sont plus alimentées. Le microcontrôleur détecte les photodiodes inactives, permettant ainsi l'acquisition des coordonnées verticales et horizontales du doigt sur l'écran [4].

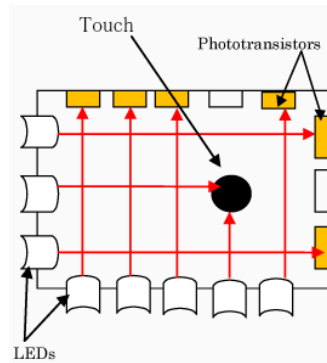


Figure 3 : représentation schématique d'un écran tactile infrarouge

La technologie à ondes de surface : Le phénomène physique exploité par la technologie à ondes de surface est l'absorption des ondes sonores. En effet, si une onde sonore entre en contact avec un objet, une partie de l'onde va lui être transmise. Ainsi, un écran tactile à ondes de surface se compose de transducteurs d'émission, positionnés sur deux coins opposés de l'écran. Les transducteurs convertissent un signal électrique en un signal sonore inaudible (fréquence ultrasonique). Des réflecteurs sont placés sur chaque bord de l'écran, permettant de répartir à la manière d'un quadrillage les ondes émises par les transducteurs sur toute la surface de l'écran, puis de les rediriger sur deux transducteurs de réception (cf figure 4). Ces transducteurs convertissent le signal sonore récupéré en signal électrique. A l'approche d'un objet sur l'écran, par exemple un doigt, une partie des ondes va être absorbée. Cette variation dans la propagation sonore va être transmise aux transducteurs de réception, et donc être convertie en variation du signal électrique créé. Cette variation est interprétée par le microcontrôleur et permet de déterminer la position du toucher [5].

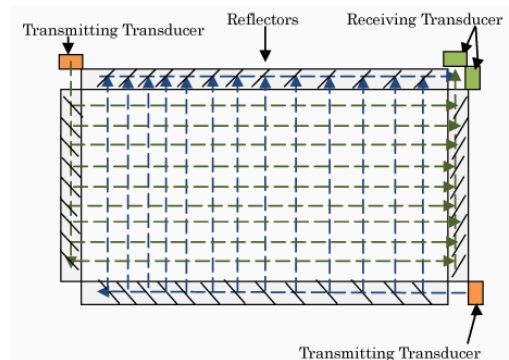


Figure 4 : répartition des ondes sur un écran à ondes de surface

1.2. Avantages et inconvénients

Les phénomènes physiques utilisés pour chacune des technologies étant différents, il en résulte des avantages et inconvénients propres à chacune d'elles qui vont être déterminants dans leur type d'utilisation et leur acceptation par le grand public [6] [7]

La technologie résistive : Le principal avantage de la technologie résistive réside dans son prix très attractif : la fabrication d'écrans résistifs étant relativement simple, les coûts de production sont assez faibles comparativement aux autres technologies. De plus, seule la pression exercée sur l'écran permet le fonctionnement de ce système et non la nature de l'objet utilisé. Un écran résistif fonctionne donc parfaitement avec des gants ou un stylo.

En revanche, la sensibilité de ces écrans ainsi que le confort d'utilisation sont en dessous de ce que peuvent offrir les autres technologies, en raison de la nécessité d'un contact entre les deux plaques. Concernant la durabilité de cette technologie, elle est assez faible et il est nécessaire de calibrer périodiquement l'écran pour limiter l'imprécision due à son vieillissement (ces deux derniers points peuvent néanmoins être supprimés par l'amélioration de la structure de l'écran, comme nous le verrons ultérieurement). Pour finir, la luminosité des écrans résistifs est assez faible, pouvant gêner l'utilisateur.

La technologie capacitive : Les écrans capacitifs sont pourvus de nombreux avantages : ils offrent une très bonne luminosité, ce qui est particulièrement appréciable lors d'une utilisation en extérieure. Ils profitent d'une bonne sensibilité et d'un confort d'utilisation grandement apprécié par le grand public. De plus, la technologie capacitive est la seule permettant la détection de plusieurs points de contact simultanés.

Cependant, ils ne sont utilisables qu'avec le doigt ou un stylet adapté, du fait de la nécessité d'un conducteur et leur coût de fabrication est assez élevé.

La technologie infrarouge : De par leur conception sans couche conductrice, la luminosité des écrans infrarouges est excellente. Ils peuvent bien évidemment être utilisés avec n'importe quel objet opaque. Leur durabilité est importante et ils peuvent être extrêmement résistants (possibilité d'équiper l'écran d'un verre de sécurité).

Malgré cela, leur résolution est moyenne et leur prix élevé. De plus, la présence des photodiodes les rend très épais, même avec un verre classique. C'est pourquoi ils sont adaptés pour des systèmes fixes, rarement remplacés et sujets aux dégradations, telles que les bornes électroniques.

La technologie à ondes de surface : De même que pour la technologie infrarouge, les écrans à ondes de surface profitent d'une luminosité et d'une résistance aux chocs excellente.

Malheureusement, leur prix est plus élevé que la technologie résistive et la moindre rayure sur l'écran (en cas de verre classique) perturbe leur fonctionnement. Ils sont donc eux aussi souvent réservés aux bornes électroniques.

Toutes ces spécificités font des technologies résistives et capacitives les plus utilisées à l'heure actuelle pour un usage quotidien. En effet, les appareils ne nécessitant pas une utilisation fréquente de leur écran profitent du coût réduit de la technologie résistive (les GPS et automates industriels notamment). En revanche, les systèmes où l'écran est souvent sollicité, tels que les Smartphones et tablettes, tirent parti du confort et des performances des écrans capacitifs. Nous allons maintenant expliquer ces deux technologies de manière détaillée.

2. Les technologies les plus employées

2.1. La technologie résistive

Un écran tactile résistif est composé d'une première plaque en polyester durci, afin de résister aux sollicitations de l'utilisateur. Sur la face inférieure de cette plaque est appliquée une fine couche de conducteur transparent (ITO*). Une seconde plaque en verre, recouverte sur sa face supérieure d'ITO, compose la deuxième partie de l'écran. Ces deux plaques sont séparées par des entretoises, évitant ainsi tout contact entre les deux couches conductrices en l'absence

de pression. La plaque en polyester étant flexible, lors d'un appui sur l'écran, celle-ci va se courber légèrement permettant le contact entre les deux parties conductrices (cf. figure 5) [8].

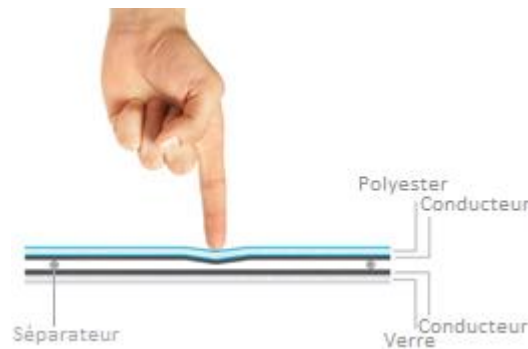


Figure 5 : représentation schématique d'un écran tactile résistif

Il existe principalement 3 types de technologies résistives, les constructions 4 fils, 5 fils et 8 fils, employées selon les performances désirées. Cependant, chacune d'elles exploite la structure expliquée ci-dessus. [2]

Dans la technologie 4 fils, la plaque supérieure (en contact avec l'utilisateur) est pourvue d'électrodes sur deux de ses côtés opposés, tandis que la plaque inférieure dispose d'électrodes sur les deux autres (cf. figure 6). Les deux électrodes de la couche inférieure matérialisent l'axe vertical (axe des Y), et celles de la couche supérieure l'axe horizontal (axe des X). Lorsque l'on touche la dalle, la pression exercée met en contact les parties conductrices des deux plaques. [2]

L'acquisition de l'information s'effectue alors en deux temps. On met l'une des deux électrodes de l'axe horizontal au potentiel maximal de l'alimentation (que l'on appellera V_{cc}) et l'autre à la masse. Un potentiel électrique va ainsi apparaître au niveau du point de contact entre les deux couches. La tension en ce point est récupérée sur l'une des deux électrodes de la couche inférieure. Par principe du pont diviseur (couche d'ITO de résistivité uniforme), cette tension est directement proportionnelle à la position X du point de contact. L'acquisition sur l'axe vertical s'effectue de la même manière mis à part que ce sont les deux électrodes de l'axe des Y qui sont mises l'une à V_{cc} et l'autre à la masse. On récupère le potentiel du point de contact au niveau d'une des deux électrodes de la couche supérieure. On obtient ainsi un point (X, Y) permettant de localiser le toucher. Les coordonnées sont donc données par les formules suivantes :

$$x = \frac{V_{mesurée}}{V_{cc}} \cdot \text{longueur} \quad y = \frac{V_{mesurée}}{V_{cc}} \cdot \text{hauteur} \quad [2]$$

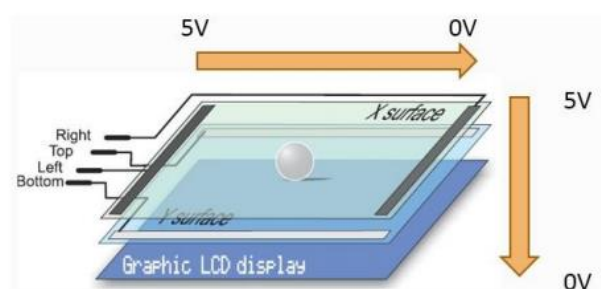


Figure 6 : électrodes au bord des plaques

La technologie 8 fils est un perfectionnement de la précédente. Le montage reste le même que précédemment, sauf qu'une sonde de tension est ajoutée à chacune des électrodes afin de pouvoir mesurer leur potentiel électrique lorsqu'elles sont alimentées. En effet, après une forte sollicitation de la dalle, les deux couches conductrices varient en résistivité. Il est donc possible que les potentiels au niveau des électrodes ne soient plus les mêmes qu'à la sortie d'usine, soit V_{cc} pour l'une et 0 V pour l'autre. La position sera déterminée en mesurant les tensions des 3 électrodes par les sondes, celles qui génèrent le potentiel électrique et l'électrode de mesure. Ainsi l'erreur due à la dégradation de la dalle est supprimée : la dalle tactile se calibre à chaque mesure contrairement à la technologie 4 fils. En revanche, l'ajout des sondes rend les coûts de fabrication plus élevés, et le nombre important de mesures peut nécessiter la mise en place d'un microcontrôleur plus puissant qu'avec la technologie 4 fils. On obtient les coordonnées de la manière suivante, avec V_{max} et V_{min} respectivement les tensions des électrodes originellement à V_{cc} et au potentiel nul :

$$x = \frac{V_{mesurée} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \cdot \text{longueur} \qquad y = \frac{V_{mesurée} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \cdot \text{hauteur} \quad [2]$$

L'usure touchant principalement la couche supérieure de la dalle, la technologie 5 fils place les quatre électrodes ponctuellement sur les 4 coins de la couche inférieure (cf. figure 7). Cela évite d'avoir un nombre conséquent de fils et d'effectuer un grand nombre de mesures, tout en gardant une fidélité correcte après forte sollicitation de la dalle [10].

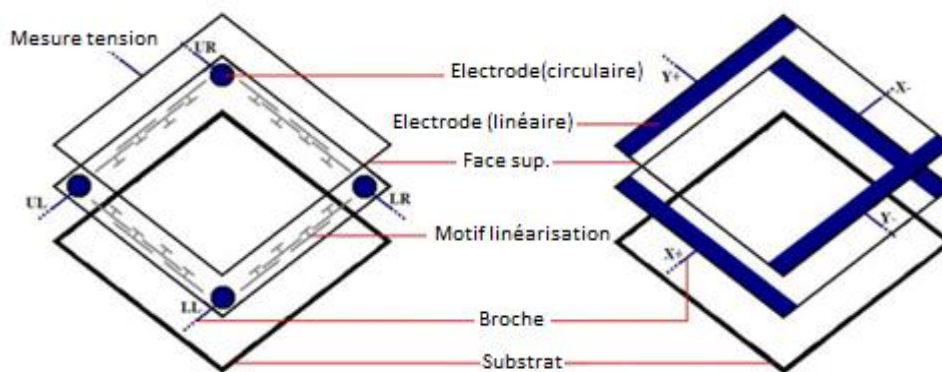


Figure 7 : Structure des dalles tactiles 4 fils (à droite) et 5 fils (à gauche)

La couche conductrice inférieure est dans ce cas conçue afin de créer un champ électrique linéaire entre deux côtés opposés de la dalle lorsqu'elle est alimentée verticalement entre V_{cc} et la masse (les deux électrodes du haut au potentiel V_{cc} et les deux du bas à la masse) et horizontalement (les deux de droite à V_{cc} et les deux de gauche à la masse). Lorsqu'un point de contact est créé par une sollicitation, la tension à son niveau est récupérée sur la couche supérieure, qui ne sert qu'à la mesure dans cette configuration. Cette tension, comme précédemment, est directement proportionnelle aux coordonnées X et Y dans chacun des cas [2] [10].

La technologie résistive représente une partie majeure du marché du tactile actuel, bien qu'elle tende depuis quelques années à être délaissée au profit de la technologie capacitive.

2.2. La technologie capacitive

Les écrans capacitifs se décomposent généralement en trois parties. On retrouve un substrat en verre sur lequel est déposée une couche de conducteur ITO, protégée de l'extérieur par une seconde plaque de verre isolante (cf. figure 8). L'ensemble constitué de ce conducteur et de la référence de masse isolée de celui-ci (souvent établie à partir du boîtier de l'appareil tactile) possède une certaine capacité électrique et se comporte donc comme un condensateur. Le conducteur ITO est utilisé de différentes manières selon la technologie employée [2].

La technologie capacitive de surface exploite cette structure en gravant des électrodes sur la couche d'ITO afin d'avoir les quatre coins au même potentiel électrique et ainsi former un champ électrique uniforme.

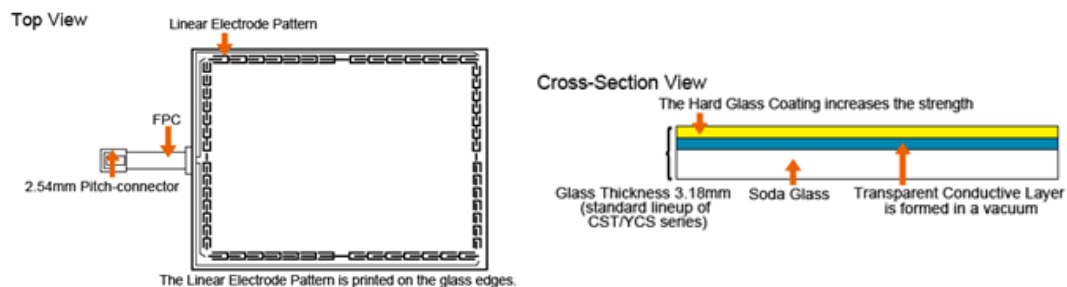


Figure 8 : structure classique et implantation des électrodes de la technologie capacitive de surface

Lorsqu'un toucher est effectué, une seconde capacité apparaît entre le doigt, élément conducteur, et la couche d'ITO puisqu'ils sont séparés par un verre protecteur, donc isolant. Un doigt étant électriquement neutre, celui-ci va entraîner un mouvement de charge des quatre coins de la dalle vers lui et donc un courant électrique. Or, le courant s'acheminant d'une électrode vers le doigt est inversement proportionnel à la distance entre le point de contact et cette même électrode [8]. Ainsi, en mesurant le courant au niveau de chacune des quatre électrodes, on obtiendra la distance du doigt par rapport à celles-ci et donc la position exacte du point de contact (cf. figure 9).

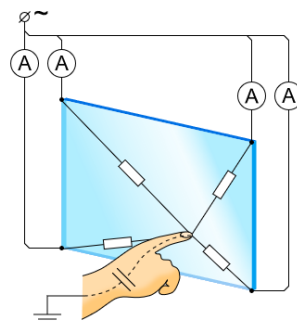


Figure 9 : Détermination d'une position grâce à la technologie capacitive de surface

Pour que ce système fonctionne correctement, il faut que le potentiel nul auquel est référencée la couche conductrice afin de former une capacité soit très stable, ce qui rend son utilisation difficile dans le cas de dispositifs tactiles possédant une référence de masse instable (appareils portables par exemple) [2]. La méthode de détermination permet la détection d'un seul toucher à la fois.

La couche conductrice de la dalle peut aussi être composée d'un réseau d'un grand nombre d'électrodes en ITO sous forme de fils microscopiques, disposés en ligne et en colonne avec différentes configurations géométriques possible, afin de former une matrice de points matérialisant l'intersection d'une ligne et d'une colonne. Les électrodes en ligne sont souvent séparées des électrodes en colonne par un isolant. C'est la structure conductrice exploitée par les technologies capacitives projetées. On distingue deux variantes, les technologies capacitives intrinsèques et mutuelles [11].

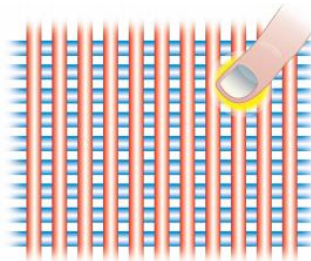


Figure 10 : disposition des électrodes pour la technologie capacitive projetée

La technologie capacitive intrinsèque projetée va chercher à localiser la ligne et la colonne la plus proche du point de contact. Comme précédemment, chaque électrode possède une certaine capacité par rapport à la référence de masse. Lorsqu'un doigt entre en contact avec la dalle tactile, une seconde capacité vient se rajouter à celle de chaque électrode. Cette capacité est d'autant plus importante que le point de contact est près de l'électrode considérée (l'épaisseur d'isolant est plus faible, cf formule). Ainsi, on compare les capacités des différentes lignes et colonnes afin de localiser un maximum de capacité sur une électrode-ligne et une électrode-colonne. Les deux électrodes trouvées définissent par leur intersection un point, qui n'est autre que le point le plus proche du point de contact du doigt [12].

$$C = \epsilon \frac{S}{e}$$

avec C la capacité, S la surface des conducteurs, ϵ une constante liée aux conducteurs, e la distance entre les conducteurs

Le principal problème de cette technologie, comme celle présentée précédemment, est son incapacité à détecter convenablement plusieurs touches à la fois : par exemple, la détection s'effectuant grâce à une localisation en ligne et en colonne, deux points de contact vont entraîner un maximum de capacité au niveau de deux électrodes-lignes et deux électrodes-colonnes. Le microcontrôleur va déterminer le point d'intersection de chacune de ces lignes et colonnes et donc détecter 4 points au lieu de 2. C'est ce que l'on appelle le phénomène des « points fantômes » (cf. figure 11) [12].

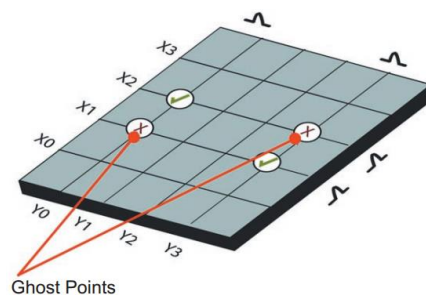


Figure 11 : « Points fantômes » sur une dalle capacitive intrinsèque projetée

Si l'on souhaite détecter plusieurs touches, il faut plutôt se tourner vers la technologie capacitive mutuelle projetée. Ici, on ne s'intéresse plus à la capacité d'une électrode X ou Y par rapport à une référence de masse, mais à la capacité formée par une électrode X et une électrode Y à leur intersection, du fait qu'elles forment 2 conducteurs séparés par un isolant, appelée capacité mutuelle. Chaque point d'intersection peut donc être matérialisé par un condensateur [11]. Lorsqu'un doigt se rapproche de l'un de ces points, il va automatiquement réduire la valeur de la capacité, du fait qu'il va en quelque sorte « subtiliser » des charges à ce condensateur-point (cf. figure 12) [12].

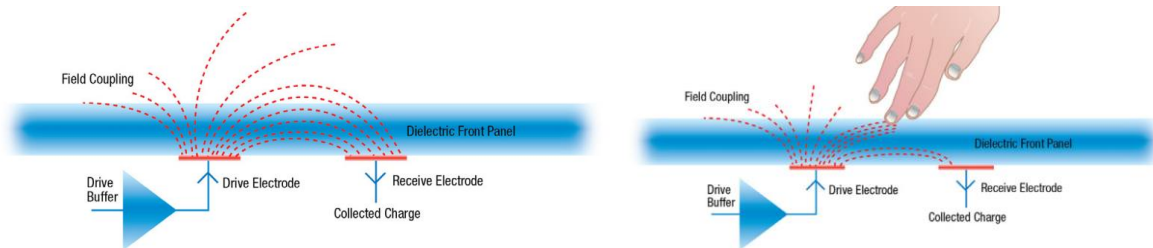


Figure 12 : Influence du toucher sur la capacité mutuelle de deux électrodes

La capacité mutuelle entre les deux électrodes au point d'intersection concerné sera d'autant plus diminuée que le doigt sera proche de ce point. Ainsi, en localisant le minimum de capacité mutuelle sur les différentes capacités (points) de la dalle tactile, on obtiendra la position du doigt, d'autant plus fidèle que la résolution (nombre de points disponibles) sera importante. La détection de plusieurs touches sera donc possible du fait que cette même détection ne s'effectue plus par lignes indépendamment des colonnes et inversement, mais directement par l'intersection de ces lignes et colonnes. Les effets « fantômes » observés précédemment sont donc supprimés [12].

Contrairement à une simple mesure de tension comme dans la technologie résistive ou de courant dans la technologie capacitive de surface, la méthode d'acquisition de la position via la technologie capacitive projetée est plus complexe du fait que l'on doit mesurer une variation de capacité. A ce jour, il existe deux méthodes de mesure [2].

La première consiste à charger et décharger les différentes capacités grâce à un signal échelon appliqué à leurs bornes. Chacune de celles-ci présentant une constante de charge RC commune sans contact humain avec la dalle, on peut mesurer le nouveau temps de chargement lors d'un toucher (cf. figure 13). Par exemple, dans la technologie intrinsèque projetée, on cherchera sur quelle électrode le chargement est le plus long (capacité maximale) [2].

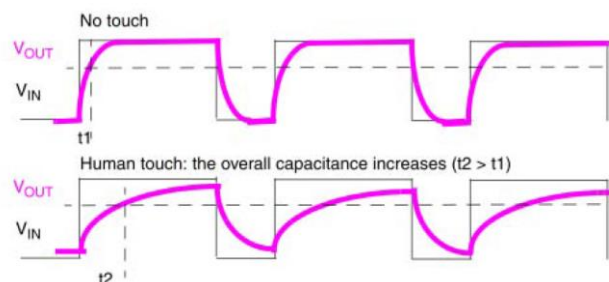


Figure 13 : influence d'un toucher de la dalle sur le chargement d'une électrode

On peut également charger, puis décharger les électrodes dans une capacité de mesure, de valeur plus importante. Le principe est de compter le nombre de cycles de chargement/déchargement de l'électrode nécessaires afin d'atteindre une tension seuil fixée au niveau de la capacité de mesure. Ce nombre de cycles est directement proportionnel à la capacité de l'électrode concernée donc un toucher pourra être détecté comme une variation de ce nombre de cycles au niveau de chaque électrode [2].

3. L'implantation logicielle dans l'acquisition des coordonnées

Dans cette partie, nous allons faire le lien entre la partie matérielle d'un écran tactile résistif 4 fils expliquée précédemment et la partie logicielle. Pour cela, nous nous appuierons sur la carte uLCD 32-PTU de 4D Systems et nous étudierons les possibilités logicielles offertes par le tactile grâce à cette carte en développant un programme sommaire de lecture musicale.

3.1. De la couche matérielle à logicielle

L'information de position du doigt de l'utilisateur, une fois acquise par le dispositif de pointage, doit être convertie en une information interprétable au niveau logiciel. Cette information peut être pour les écrans résistifs une tension, ou encore les charges/décharges successives d'une capacité pour les écrans capacitifs. Il faut donc convertir la grandeur analogique en une information numérique puis transformer cette information si nécessaire, afin d'obtenir numériquement la position du doigt sur l'écran.

Le système d'exploitation (ou le firmware pour les systèmes les plus modestes), grâce au pilote du dispositif, va ensuite interpréter l'information de manière à ce qu'elle soit traitable par l'application qui souhaite l'exploiter. Ce fonctionnement s'étend à tous les événements tactiles gérables par l'OS tels qu'un toucher, un glissement de doigt dans une direction précise ou encore un mouvement de plusieurs doigts pour les dispositifs tactiles multi-points. Par exemple, si l'utilisateur effectue un simple toucher de l'écran, le système d'exploitation va traduire l'information en un événement « toucher » qui pourra ensuite être récupéré par les applications avec les fonctions de l'API. Ces mêmes applications pourront ainsi donner des instructions au processeur en fonction des différents événements, par le biais du système d'exploitation. De ce fait, l'application pourra agir sur les ports de sortie du système afin de communiquer avec l'utilisateur. Ces sorties peuvent être la commande d'un écran LCD, d'un afficheur 7 segments ou d'un haut-parleur par exemple.



Figure 14 : Les différentes étapes entre les aspects matériel et logiciel

Cette structure de fonctionnement met en évidence le rôle prépondérant du système d'exploitation dans le développement d'une application tactile. En effet, il effectue la conversion des informations tactiles primaires, spécifiques à chaque technologie, en événements qui pourront être utilisés par le développeur (un glissement de doigt par exemple) de la même manière quelle que soit la technologie utilisée. Les possibilités offertes au niveau de la programmation seront étudiées plus en détail dans la partie suivante.

3.2. Développement d'une application tactile

L'étude précédente nous a permis de comprendre de manière théorique le fonctionnement des différentes technologies tactiles actuelles. Nous allons maintenant nous intéresser à la programmation des écrans tactiles, en nous appropriant cette notion de manière pratique par le développement d'une application de lecture musicale sur écran résistif. Ce programme, très sommaire, dispose d'un menu permettant à l'utilisateur de choisir parmi trois musiques (hymnes français, américains et irlandais). Lorsque l'un des trois hymnes est sélectionné par un appui sur l'écran, le drapeau du pays correspondant s'affiche. L'utilisateur a la possibilité de mettre la musique en pause, de la relancer, de diminuer et d'augmenter le volume. La figure suivante présente le menu de notre application dans le cas où l'utilisateur a choisi l'hymne américain :

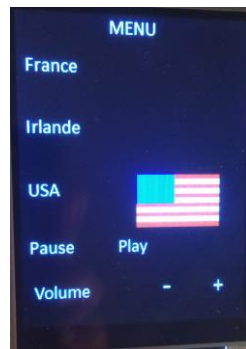


Figure 15 : Interface de notre lecteur audio

Nous avons développé notre application sur une carte uLCD 32-PTU. Cette carte, conçue par 4D Systems, dispose entre autres d'un écran tactile résistif 4 fils 240 x 320 pixels, d'un amplificateur audio, d'un port microSD et d'un GPIO, le tout géré par un processeur PICASO. Nous avons utilisé l'IDE distribué par 4D Systems, Workshop. Un des principaux avantages du développement d'applications sur écrans tactiles réside dans la facilité de programmation.

En effet, seule l'utilisation d'un langage de haut niveau a été requise pour nous permettre de développer notre programme (code source présenté en annexe). Le langage de programmation supporté par l'IDE Workshop est 4DGL, un langage haut niveau très proche du C. Ainsi, la programmation de notre lecteur MP3 n'a aucunement nécessité la manipulation des registres processeur : seule l'utilisation des fonctions préexistantes propres à notre carte et gérées par l'IDE a été nécessaire.

Nous allons maintenant nous intéresser au développement du programme. Ce programme se décompose en deux parties, une partie statique, contenant les instructions appelées au début du programme et qui ne sont jamais modifiées, et une partie dynamique permettant de prendre en compte les actions de l'utilisateur sur l'écran et d'agir en conséquence.

Les constituants de l'interface ont été placés dans la partie statique du code. En effet, les éléments de base constituant les touches du menu du lecteur sont affichés en permanence, peu importe les actions de l'utilisateur sur l'écran. Outre ces éléments, cette partie contient toutes les autres initialisations, telles que le niveau sonore par défaut, l'activation du module tactile et la transparence de l'écran. Le placement des différentes zones de texte constituant le menu du lecteur a été rendu très simple grâce à l'interface Visi de l'IDE, qui propose un visuel modifiable de l'écran de la carte par le développeur et traduit ce visuel en instructions 4DGL.

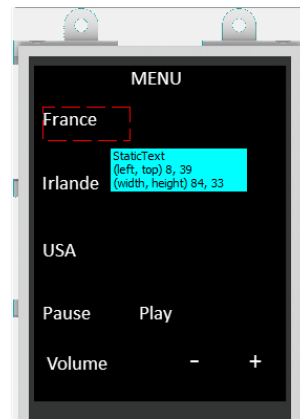


Figure 16 : Aperçu visuel des éléments de l'écran grâce à l'interface Visi

Tous les éléments dynamiques de notre programme sont placés dans une boucle infinie, afin de tester continuellement les éventuelles interactions de l'utilisateur avec l'écran tactile. Tout d'abord, un test de pression est effectué en permanence grâce à la fonction `touch_Get` qui renvoie une valeur permettant de distinguer différentes actions sur l'écran (pas d'action, pression, relâchement...). En cas de pression détectée, on s'intéresse à la zone touchée sur l'écran. Pour cela, la fonction `touch_Get` est appelée à deux reprises, cette fois-ci dans le but de récupérer les coordonnées en pixels x y de l'emplacement du doigt sur l'écran. Ces coordonnées sont ensuite testées par une succession de structures conditionnelles de sorte à permettre différentes actions selon l'emplacement de la zone de contact. Par exemple, si l'utilisateur appuie sur la zone de l'écran correspondant au texte « France », alors le programme lance la Marseillaise qui sera chargée depuis la carte SD de l'appareil. Grâce aux fonctionnalités proposées par l'IDE, il nous a été très facile d'obtenir les coordonnées correspondant à chaque élément de l'interface (cf figure 16).

Il convient ici de bien comprendre que la dénomination `touch_Get` est un nom générique utilisé pour regrouper les différentes fonctions permettant d'extraire des informations tactiles, afin de rendre la programmation plus claire. Le paramètre passé à la fonction `touch_Get` permet de spécifier le type d'information souhaité. Par exemple, avec le paramètre 0, `touch_Get` fait appel à la fonction retournant le type de d'action sur l'écran (pression, relâchement, glissement).

Le développement sur cette carte nous a permis de nous rendre compte d'un des aspects essentiels de la programmation sur dispositifs tactiles : l'universalité du code source. En effet, un programmeur n'a pas à se soucier de la technologie tactile utilisée sur l'écran qu'il programme : seule l'acquisition des coordonnées, gérée à un plus bas niveau par le fabricant, dépend de la technologie de l'écran. Ainsi, sous certaines conditions, un même code source pourra être utilisé sur un écran résistif et capacitif, sans nécessité d'adaptation. Par exemple, la fonction `touch_Get` pourrait parfaitement être réutilisée sur un écran capacitif, si le firmware est programmé en conséquence.

3.3. Aide du constructeur

Au cours de l'étude de notre carte et de l'implantation du programme sur celle-ci, nous avons fait appel au support du constructeur (4D Systems) afin d'obtenir des renseignements complémentaires. Nos questions étaient davantage orientées vers le lien entre l'aspect logiciel et le dispositif tactile sur la carte que nous utilisions, comme par exemple la taille et la localisation des registres permettant le stockage des coordonnées du doigt.

La personne qui nous a pris en charge nous a cependant répondu que la majeure partie des renseignements « bas niveau » que nous demandions n'étaient pas accessibles au public. Ces demandes étaient évidemment plus à titre informatif pour nous puisque les fonctions de l'API s'occupent directement des événements tactiles comme expliqué précédemment. Nous avons cependant obtenu des informations supplémentaires concernant les fonctions tactiles de la carte et des exemples de code qui nous ont permis de comprendre le squelette général d'une application tactile en 4DGL et de l'optimiser. Nous avons enfin pu obtenir un récapitulatif des différentes caractéristiques de la μ LCD-32PTU.

4. Difficultés rencontrées

Bien que nos travaux nous aient permis d'atteindre nos objectifs de compréhension théorique des technologies actuelles et d'implantation d'une application sur dispositif tactile, nous avons rencontré quelques difficultés, aussi bien de recherche documentaire, d'organisation, et de programmation.

En effet, la nécessité d'obtenir des informations scientifiques complètes et de qualité dans un domaine aussi pointu que la technologie tactile nous a contraints à rechercher des documentations rédigées en anglais. Un travail de traduction a donc été nécessaire afin d'exploiter les ressources techniques utilisées.

A cela s'ajoute des difficultés de compréhension de certaines parties complexes, principalement pour la technologie capacitive mutuellement projetée et les méthodes d'acquisition des coordonnées pour cette même technologie. Ces difficultés de compréhension ont été surmontées grâce au travail de traduction dont nous avons fait mention précédemment, et en regroupant un nombre important de ressources différentes.

Ensuite, le choix de notre valeur ajoutée s'est avéré délicat. Au début de notre étude nous souhaitions réaliser notre propre dispositif tactile. Cependant, au fur et à mesure de nos recherches, nous nous sommes rendu compte que la fabrication à notre échelle d'un tel système, même sommaire, n'était pas envisageable. L'implantation d'une application sur dispositif tactile déjà conçu s'est donc finalement avérée être une des seules réalisations raisonnables compte tenu de nos moyens techniques, de nos connaissances et des contraintes de temps imposées. Nous tenons donc à remercier M. Raymond RAMAROSAONA pour le prêt de la carte que nous avons utilisée dans notre réalisation.

Enfin, des ajustements en termes d'organisation ont été nécessaires à mesure de notre avancement. Effectivement, au début de nos travaux nous rédigeons séparément l'intégralité de notre synthèse, sans répartition des tâches, afin de garder les points positifs du travail de chacun. Cette technique s'est avérée trop peu efficace compte tenu du temps imparti, c'est pourquoi nous avons rapidement opté pour une répartition des tâches avec feedbacks et modifications éventuelles afin de prendre en compte les remarques de chacun.

5. Conclusion

En conclusion de cette étude, la progression spectaculaire des écrans tactiles, tant dans le domaine technologique qu'économique, est largement justifiée par les nombreux avantages qu'ils offrent.

Tout d'abord, les différentes technologies existantes permettent un usage de ces dispositifs dans un large domaine d'application. Par exemple, bien que les consommateurs

côtoient très majoritairement la technologie capacitive au quotidien, celle-ci n'est pas forcément la plus adaptée à certains contextes, compte tenu des problématiques de cout, de protection ou d'usure. D'autres technologies vont parfois s'avérer plus adéquates. On peut notamment penser aux consoles Nintendo DS où la précision (usage d'un stylet) est primordiale, ce qui justifie l'utilisation d'écrans résistifs.

Il convient tout de même de relativiser les avantages offerts par la technologie tactile, notamment en termes de praticité pour certains usages. La difficulté d'entrée sur le marché financier des ordinateurs portables tactiles en est un bon exemple. En effet, notre physiologie rend la saisie d'un long texte beaucoup plus laborieuse sur écran tactile qu'avec un clavier. Ainsi, pour certaines applications la technologie tactile s'avère moins efficace que les dispositifs de saisie traditionnels.

En revanche, la programmation d'applications tactiles pour des appareils adaptés offre une grande facilité et liberté au développeur. Celui-ci s'appuie souvent sur des fonctions préexistantes intégrées au système d'exploitation et peut donc se contenter d'un langage haut niveau indépendant de la technologie d'acquisition. Il est libre d'occasionner des actions variées en fonction des événements tactiles multiples (pincement avec deux doigts, glissement d'un doigt...). Le format d'un écran tactile accroît ainsi l'interactivité de l'utilisateur avec l'application qu'il utilise. L'incroyable diversité d'applications présentes sur les plateformes d'applications mobiles telles que l'App Store d'Apple en est une conséquence.

Cependant, la diminution des ressources matérielles (ITO) représente à plus long terme un nouveau défi pour les chercheurs, qui devront trouver de nouvelles alternatives pour permettre à la technologie tactile de perdurer.

6. Bibliographie

- [1] Handtouch USA. SparkFun Electronics [en ligne]. Disponible sur :
<https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HOW%20DOES%20IT%20WORK.pdf>
- [2] Texas Instruments. Analog, Embedded Processing, Semiconductor Company [en ligne]. Disponible sur : <http://www.ti.com/lit/an/slaa384a/slaa384a.pdf>
- [3] Thèse : GONCALVES, Guillaume - Intégration d'une fonction de discrimination intelligente du type d'appui sur une dalle tactile résistive multipoints - UNIVERSITÉ BORDEAUX 1 - 21 novembre 2011 – 202 pages
- [4] DMC Co Ltd. Technologies of Touch Screen (Basic Infrared technology) [en ligne]. Disponible sur :
<http://www.dmccoltd.com/english/museum/touchscreens/technologies/BasicInfrared.asp>
- [5] DMC Co Ltd. Technologies of Touch Screen (Surface Acoustic Wave) [en ligne]. Disponible sur :
<http://www.dmccoltd.com/english/museum/touchscreens/technologies/AcousticWave.asp>*
- [6] Mesures groupe Newsco. Mesures - Optimisation des process industriels [en ligne]. Disponible sur : http://www.mesures.com/pdf/old/054_057_SOL.pdf

[7] Institut d'électronique et d'informatique Gaspard-Monge. Les technologies tactiles – Dispositif de pointage [en ligne]. Disponible sur : http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2008/Les%20technologies%20tactiles/compo_pointage.html

[8] 3M Touch Systems. Touch Screen and Touch Systems Solutions from 3M [en ligne]. Disponible sur : <http://multimedia.3m.com/mws/media/6052950/techbrief-sctvsresistive.pdf>

[9] ES France. ES Equipements Scientifiques [en ligne]. Disponible sur : http://www.es-france.com/produit2962/product_info_print.html?osCsid=3e526ecb06684c543bdabcca574a64cb

[10] Publitek Marketing Communications. DigiKey Electronics – Electronic Components Distributor [en ligne]. Disponible sur : <http://www.digikey.com/en/articles/techzone/2013/jun/evaluating-different-approaches-for-interfacing-touchscreens>

[11] 3M Touch Systems. Touch Screen and Touch Systems Solutions from 3M [en ligne]. Disponible sur : <http://multimedia.3m.com/mws/media/7884630/tech-brief-projected-capacitive-technology.pdf>

[12] Gary BARRETT et Ryomei OMOTE. Professor Robert B. Laughlin, Department of Physics, Stanford University [en ligne]. Disponible sur : <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph250/lee2/docs/art6.pdf>

7. Annexes

7.1. Lexique

ITO : Indium Tin Oxyde (Oxyde d'indium-étain). Principal matériau utilisé dans l'industrie du tactile pour ses propriétés transparentes et conductrices afin de permettre une circulation de charges sur une couche de l'écran.

Entretoise : Pièce placée entre deux objets afin de conserver un certain écartement entre eux.

Substrat : Support (dans le cas d'un écran tactile, en verre) destiné à assurer la solidité de l'élément qui lui est superposé.

API : Application Programming Interface (Interface de programmation). Dans le cas d'un système d'exploitation, librairie de fonctions, classes et méthodes (interprétables par ce même OS) permettant aux différents logiciels d'accéder plus facilement aux ressources du processeur.

SRAM : Static Random Access Memory (Mémoire vive statique). Type de mémoire vive (donc volatile) reposant sur un système à bascules, ayant pour particularité de ne pas avoir besoin d'être rafraîchie périodiquement contrairement à son équivalent dynamique.

GPIO : General Purpose Input/Output (Entrée/Sortie pour un Usage Général). Ensemble de ports logiques d'un système à microcontrôleur pouvant être programmées aussi bien comme des entrées que comme des sorties.

7.2. Contact avec le support de 4D Systems

Q: Informations about uLCD 32PTU

4DTE9C312A0

Date Created: 21/11/2015

To whom it may concern

I'm writing in connection with information about your product μ LCD-32PTU. Indeed, we are two French engineering students and we are working on a project about touch screens. As an object, we decided to study a display module with a touch screen, and our teacher gave us the μ LCD-32PTU. In the context of this project, we would be very grateful if you could answer a few questions about your product.

First, we haven't found on the datasheets the basis frequency of the PICASO data bus.

We have also questions about the touch screen internal functions of the CPU. With regard to the TouchDetectRegion and TouchSet, we would like to know how we can enable or disable a part or the whole touch screen, on the hardware level. Then, we would be interested in the way to detect the different states of the touch screen, used in the function "touch_Get(TOUCH_STATUS)", and in the storage of the X and Y coordinates in case of a touch. Indeed, we know with the datasheet that XR and YU are analog pins, whose signals are converted into numeric signals with an ADC but we haven't found neither the name nor the size of the registers storing the information of X and Y coordinates.

If you need any further information, feel free to contact us on my e-mail.

— GALLEY Nicolas

Posted 13 days ago — 21/11/2015

Dear GALLEY Nicolas,

Thanks for your message.

"First, we haven't found on the datasheets the basis frequency of the PICASO data bus."

Please clarify what you're after here, and why?

In regards of the touch panel.

Please read the internal functions manual properly: touch_Set(mode);

This command has 3 modes, please look into this.

As of recognition this app note may help you to understand.

<http://www.4dsystems.com.au/appnote/4D-AN-00054/>

Well as of the registers, you have basically no access to this part of the controller and you do not need to.

That's why our technology is so simple and easy to use, we handle all the nasty bits.

With best regards,

— Dario Huth

Posted 10 days ago — 23/11/2015

Dear Dario Huth,

Thank you for your fast answer, and sorry for late ours.

In fact, as we will have to give a presentation of our project, we have to know some features of the display module as the jury may want to know them.

In regards of the PICASO processor, when we asked "First, we haven't found on the datasheets the basis frequency of the PICASO data bus.", we wanted to know the frequency at which the processor can read or write into the different memories (registers, Flash, SRAM for example).

About the touch panel, in fact we have understood how to use the different functions to program the display module but we would like further information about these functions: how are they translated on the hardware level? If that's all right with you of course.

With TouchSet we can enable or disable the touch panel, but we were wondering how the processor can choose to interact with the touch-panel pins or not, and what could be the possible interests to disable it.

Concerning Touch_DetectRegion your link answered our questions, thank you.

For the last question (about the acquisition of the X and Y coordinates), we know that we don't have to handle the registers which store the X and Y information, but we just wanted to know how many bytes are used to store the X-position as well as the Y-position (on how many bytes the information is coded).

Thank you in advance for your answer.

Nicolas GALLEY and Paul-Elian TABARANT

— GALLEY Nicolas

Posted 7 days ago — 27/11/2015

With TouchSet we can enable or disable the touch panel, but we were wondering how the processor can choose to interact with the touch-panel pins or not, and what could be the possible interests to disable it.

Concerning Touch_DetectRegion your link answered our questions, thank you.

For the last question (about the acquisition of the X and Y coordinates), we know that we don't have to handle the registers which store the X and Y information, but we just wanted to know how many bytes are used to store the X-position as well as the Y-position (on how many bytes the information is coded).

Thank you in advance for your answer.

Nicolas GALLEY and Paul-Elian TABARANT

— GALLEY Nicolas

Posted 7 days ago — 27/11/2015

Dear GALLEY Nicolas,

Thanks for your follow up.

The information you asking for is not public as this is all handled by our EVE core. Thats why you cannot find it in the datasheet.

All public information we can give out can be found in the datasheets and in the attached file.

So for learning display and touch technologies in detail, our platform may not be suitable. We have embedded most of this stuff into our EVE core.

With best regards,



— Dario Huth

Posted 6 days ago — 27/11/2015

7.3. Code du programme implanté sur la carte (langage 4DGL)

```

                                mp3_code [1498254].4Dg
1#platform "uLCD-32PTU"
2#inherit "4DGL_16bitColours.fnc"
3#inherit "VisualConst.inc"
4#inherit "mp3_codeConst.inc"
5
6func main()
7
8  var x,y; //Coordonnees toucher
9  var sound := 50; //Initialisation du volume sonore dans la variable
10
11  putstr("Mounting...\n"); //Detection carte SD
12  if (!(file_Mount()))
13    while(!(file_Mount()))
14      putstr("Drive not mounted...");
15      pause(200);
16      gfx_Cls();
17      pause(200);
18    wend
19  endif
20
21  gfx_TransparentColour(0x0020);
22  gfx_Transparency(ON);
23  hndl := file_LoadImageControl("mp3_code.dat", "mp3_code.gci", 1);
24
25  //Debut elements interface
26  //Code genere automatiquement grace à l'interface Visi de Workshop (
27  // Marseillaise
28  img_Show(hndl,iMarseillaise) ;
29  // USA
30  img_Show(hndl,iMusique_3) ;
31  // Irlande
32  img_Show(hndl,iMusique_2) ;
33  // Vol_up (+)
34  img_Show(hndl,iVol_up) ;
35  // Vol_down (-)
36  img_Show(hndl,iVol_down) ;
37  // Volume
38  img_Show(hndl,iVolume) ;
39  // Pause
40  img_Show(hndl,iPause) ;
41  // Play
42  img_Show(hndl,iPlay) ;
43  // MENU
44  img_Show(hndl,iMENU) ;
45  //Fin elements interface
46
47  touch_Set(TOUCH_ENABLE); //Activation tactile
48  snd_Volume(sound); //Reglage du son initial selon la variable sound
49  repeat //Debut boucle infinie
50
51  if (touch_Get(TOUCH_STATUS) == TOUCH_PRESSED) //Si pression sur l'écr
52    x := touch_Get(TOUCH_GETX); //Recuperation coordonnée X
53    y := touch_Get(TOUCH_GETY); //Recuperation coordonnée Y
54    //PARTIE MUSIQUES
55    //Si pression exercée dans une zone de selection de musique...
56    if (x<120 && ((y>35 && y<70) || (y>90 && y<145) || (y>160 && y<210
57
58      if (y>35 && y<70) //Si toucher sur zone correspondant à la M
59        file_PlayWAV("france.WAV"); //Lancement du fichier audio
60        snd_Pitch(11000); //Reglage frequence echantillonnage de

```

```

61
62 //Affichage du drapeau français (decompose en 3 rectangl
63 gfx_RectangleFilled(120, 40, 150, 90, BLUE);
64 gfx_RectangleFilled(150, 40, 180, 90, WHITE);
65 gfx_RectangleFilled(180, 40, 210, 90, RED) ;
66 else
67 //Affichage d'un rectangle noir à l'emplacement du drape
68 //de selection d'une autre musique
69 gfx_RectangleFilled(120, 40, 210, 90, BLACK) ;
70 endif
71 if (y>90 && y<145) //Si toucher sur zone correspondant à l'h
72 file_PlayWAV("Irl.WAV");
73 snd_Pitch(46000); //Reglage frequence echantillonnage de
74
75 //Affichage du drapeau irlandais
76 gfx_RectangleFilled(120, 100, 150, 150, ORANGE);
77 gfx_RectangleFilled(150, 100, 180, 150, WHITE);
78 gfx_RectangleFilled(180, 100, 210, 150, GREEN) ;
79 else
80 gfx_RectangleFilled(120, 100, 210, 150, BLACK) ;
81 endif
82 if (y>160 && y<210) //Si toucher sur zone correspondant à l'
83 file_PlayWAV("Usa.WAV");
84 snd_Pitch(50000); //Reglage frequence echantillonnage de
85
86 //Affichage du drapeau américain
87 gfx_RectangleFilled(120, 160, 210, 165, RED) ;
88 gfx_RectangleFilled(120, 165, 210, 170, WHITE) ;
89 gfx_RectangleFilled(120, 170, 210, 175, RED) ;
90 gfx_RectangleFilled(120, 175, 210, 180, WHITE) ;
91 gfx_RectangleFilled(120, 180, 210, 185, RED) ;
92 gfx_RectangleFilled(120, 185, 210, 190, WHITE) ;
93 gfx_RectangleFilled(120, 190, 210, 195, RED) ;
94 gfx_RectangleFilled(120, 195, 210, 200, WHITE) ;
95 gfx_RectangleFilled(120, 200, 210, 205, RED) ;
96 gfx_RectangleFilled(120, 205, 210, 210, WHITE) ;
97 gfx_RectangleFilled(120, 210, 210, 215, RED) ;
98 gfx_RectangleFilled(120, 160, 160, 190, BLUE) ;
99
100 else
101 gfx_RectangleFilled(120, 160, 210, 215, BLACK) ;
102 endif
103 //FIN PARTIE MUSIQUE
104 //Si pression exercee dans une autre zone (zone de reglage volu
105 else
106
107 //PARTIE VOLUME
108 if (x>200 && y>260) //Si toucher sur zone correspondant au
109 sound := sound +10; //Augmentation de la variable soun
110 snd_Volume(sound); //Actualisation du volume sonore av
111 endif
112 if ((x>140 && x<170) && y>260) //Si toucher sur zone corres
113 sound := sound -10;
114 snd_Volume(sound);
115 endif
116 //FIN PARTIE VOLUME
117
118 //PARTIE PAUSE/PLAY
119 if ((x>5 && x<70) && (y >220 && y<285)) //Si toucher sur z
120 snd_Pause(); //Mise en pause de la musique

```

```
121         endif
122         if ((x>90 && x<140) && (y >220 && y<290)) //Si toucher sur
123             snd_Continue(); //Relance de la musique
124         endif
125         //FIN PARTIE PAUSE/PLAY
126     endif
127 endif
128
129 forever //Fin boucle infinie
130endfunc
```