

**Livre blanc**

# Contacts de masse à action anticipée dans l'industrie automobile

Une chance de réduire le nombre de défaillances des systèmes électroniques



Téléchargement gratuit:  
[www.zvei.org/first-mate-last-break](http://www.zvei.org/first-mate-last-break)



Défaillances,  
causes et  
solutions



## Mentions légales

Livre blanc

Contacts de masse à action anticipée dans l'industrie automobile

Une chance de réduire le nombre de défaillances des circuits électroniques

Défaillances, causes et solutions

-----○

### Publié par:

ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association e.V.

Fachverband Electronic Components and Systems (ECS)

Fachverband PCB and Electronic Systems (PCB ES)

Lyoner Straße 9, 60528 Francfort-sur-le-Main, Allemagne

Tél : +49 (0)69 6302 - 276

Fax : +49 (0)69 6302 - 407

E-mail : [zvei-be@zvei.org](mailto:zvei-be@zvei.org)

[www.zvei.org/ecs](http://www.zvei.org/ecs)

### Téléchargement gratuit:

[www.zvei.org/first-mate-last-break](http://www.zvei.org/first-mate-last-break)

### Interlocuteur ZVEI:

Dr. Stefan Gutschling

E-mail: [gutschling@zvei.org](mailto:gutschling@zvei.org)

### Conseil technique:

Président du groupe de travail

Christoph Thienel

Robert BOSCH GmbH

Engineering Integrated Circuits - Quality (AE/EIQ)

Postfach 13 42, 72703 Reutlingen, Allemagne

E-mail : [Christoph.Thienel@de.bosch.com](mailto:Christoph.Thienel@de.bosch.com)

### Sources des images:

Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG

FCI Automotive Deutschland GmbH

HARTING KGaA

Lumberg Holding GmbH & Co. KG

Robert BOSCH GmbH

Zollner Elektronik AG

ZVEI e.V.

### Mise en page / photo de couverture:

Patricia Lutz, ZVEI e.V.

Édition juillet 2011

Malgré le plus grand soin apporté à la rédaction de ce livre blanc, la société décline toute responsabilité quant à son contenu.

Tous droits réservés, en particulier les droits de reproduction, de distribution et de traduction. Aucune partie de cet ouvrage ne doit être reproduite sous quelque forme que ce soit (impression, photocopie, microfilm ou tout autre procédé) sans autorisation écrite de la ZVEI, ni être reproduite ou diffusée à l'aide de systèmes électroniques.

### **Membres du groupe de travail chargés de l'élaboration du livre blanc:**

Analog Devices GmbH  
Automotive Lighting Reutlingen GmbH  
Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG  
Delphi Deutschland GmbH  
FCI Automotive Deutschland GmbH  
Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG  
Freescale Semiconductor Deutschland GmbH  
HARTING KGaA  
Hella KGaA Hueck & Co.  
Infineon Technologies AG  
Intedis GmbH & Co. KG  
Keller Consulting Engineering Services  
LEONI AG  
Robert BOSCH GmbH  
STMicroelectronics Application GmbH  
TE Connectivity (anciennement Tyco Electronics AMP GmbH)  
Valeo Group Expertise and Services  
Vishay Semiconductor GmbH  
Webasto AG  
Yazaki Europe Limited  
Zollner Elektronik AG

### **Les entreprises suivantes approuvent également le contenu de ce livre blanc:**

Continental Automotive, Division Interior  
KOSTAL Kontakt Systeme GmbH  
NXP Semiconductors Germany GmbH

## Sommaire

Définitions	4
Préface	5
1 Description de la connexion à chaud (Hot Plugging)	6
2 Défaillances dues à la connexion à chaud (Hot Plugging)	8
3 Systèmes de fiches comme mesures correctives	14
4 Scénarios d'introduction	19
5 Synthèse	20
6 Annexe: exemples de systèmes de fiches avec contacts de masse à action anticipée	21

---

## Définitions

Abréviations utilisées dans le domaine du câblage des véhicules:

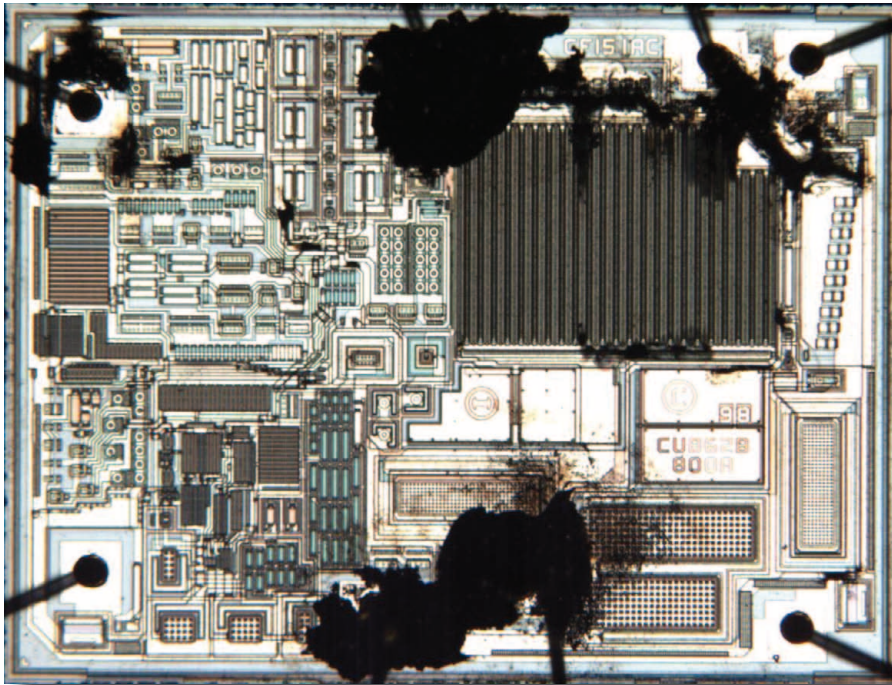
Borne 31	mise à la masse (pôle négatif de la batterie, généralement le châssis de la carrosserie)
Borne 30	alimentation permanente par la tension de batterie
Borne 15	alimentation par la tension de batterie, depuis la borne 30, après contact clef
Bus CAN	câbles de communication pour le transfert des données entre les composants électroniques du véhicule
Bus LIN	câbles de communication pour le transfert des données entre les composants électroniques du véhicule
Émetteur-récepteur	commutation électronique pour l'envoi et la réception de données

Apparaissent en outre au cours de l'analyse des défaillances les abréviations suivantes:

ECU	unité de commande (Electronic Control Unit)
EOS	surcharge électrique (Electrical Overstress)
ESD	décharge électrostatique (Electrostatic Discharge)
Hot Plugging (connexion à chaud)	enfichage et retrait des appareils sous tension

## Préface

Si les connecteurs des unités de commande sont enfichés/retirés sous tension (connexion à chaud), les composants électroniques (semi-conducteurs) peuvent être endommagés par une surcharge électrique (Electrical Overstress, EOS).



### *Semi-conducteurs endommagés par une connexion à chaud*

Les analyses menées par la société Bosch ont démontré qu'un grand nombre des défaillances relatives à des semi-conducteurs, dans le secteur automobile, peuvent être évitées par l'ajout de contacts de masse à connexion anticipée dans les unités de commande.

On entend par contact de masse à action anticipée, conformément à la désignation «FMLB: First Mate – Last Break (premier fermé-dernier ouvert)» des contacts qui, lors d'un raccordement, se ferment en premier lorsqu'ils se rencontrent et s'ouvrent en dernier lorsqu'on les sépare.

Le présent livre blanc a pour but de présenter le thème «Contacts de masse à action anticipée dans l'industrie automobile».

Le lecteur doit avoir la possibilité de s'informer sur les thèmes importants en rapport avec la fabrication et la mise en place des connecteurs avec contacts de masse à action anticipée.

Plusieurs fournisseurs renommés (rang 1 et rang 2) se sont exprimés à ce sujet. Ils souhaitent donner un aperçu et pointer du doigt les propositions communes élaborées en vue de résoudre le problème.

L'introduction des contacts de masse à action anticipée comme protection électronique supplémentaire représente une condition préalable importante pour atteindre la «défaillance zéro» ou le «zéro défaut» dans l'industrie automobile.

## 1 Description de la connexion à chaud (Hot Plugging)

Est entendue par **connexion à chaud**, l'enfichage et le retrait de connecteurs dans un véhicule ou dans des sous-systèmes (portières, etc.) sous tension électrique.

Cette situation, provoquée consciemment ou non, se présente **systématiquement** lors de la production, l'exploitation, l'entretien, la réparation et la préparation automobile. **Cela vaut aussi bien lorsque la clef de contact est tournée ou non.**

Dans les sous-systèmes, la connexion à chaud survient avant tout durant les phases de test, de contrôle et de paramétrage.

**Quelques exemples de telles situations:**

- Pose et test des antennes
- Mise en place de l'habitacle
- Pose de composants complémentaires (toit ouvrant, chauffage auxiliaire,...)
- Test de fonctionnement du moteur sur le banc de contrôle
- Assemblage du moteur
- Tests des phares après assemblage
- Pose et test des portières

### 1.1 Mise sous tension par la clef de contact (ALLUMAGE MARCHE)

Lors de la production et de la réparation de véhicules, des composants sont ajoutés au réseau de bord ou retirés de ce dernier: **connexion à chaud**

### 1.2 Mise hors tension par la clef de contact (ALLUMAGE ARRÊT)

Il existe un **malentendu** répandu selon lequel, dans l'état ALLUMAGE ARRÊT, tout appareil peut être enfiché ou retiré sans dommage pour l'électronique, car tous les composants du véhicule sont hors tension.

Le réseau de bord continue cependant d'alimenter de nombreux composants malgré le fait qu'il soit en ALLUMAGE ARRÊT. Les unités de commande alimentées sur la borne 30 restent également sous tension lorsqu'elles sont en état d'ALLUMAGE ARRÊT (y compris en mode veille).

**Exemples (liste non exhaustive):**

- Airbag en veille
- Fonction «coming home» (lumière rémanente)
- Lève-vitres
- Frein de stationnement
- Kit mains libres
- Gateway (passerelle)
- Ventilation de l'habitacle
- Surveillance de l'habitacle
- KIT dans le coffre (aux USA, ouverture possible de l'intérieur)
- Commande de fonctionnement par inertie pour la climatisation et le ventilateur de radiateur
- Système de navigation

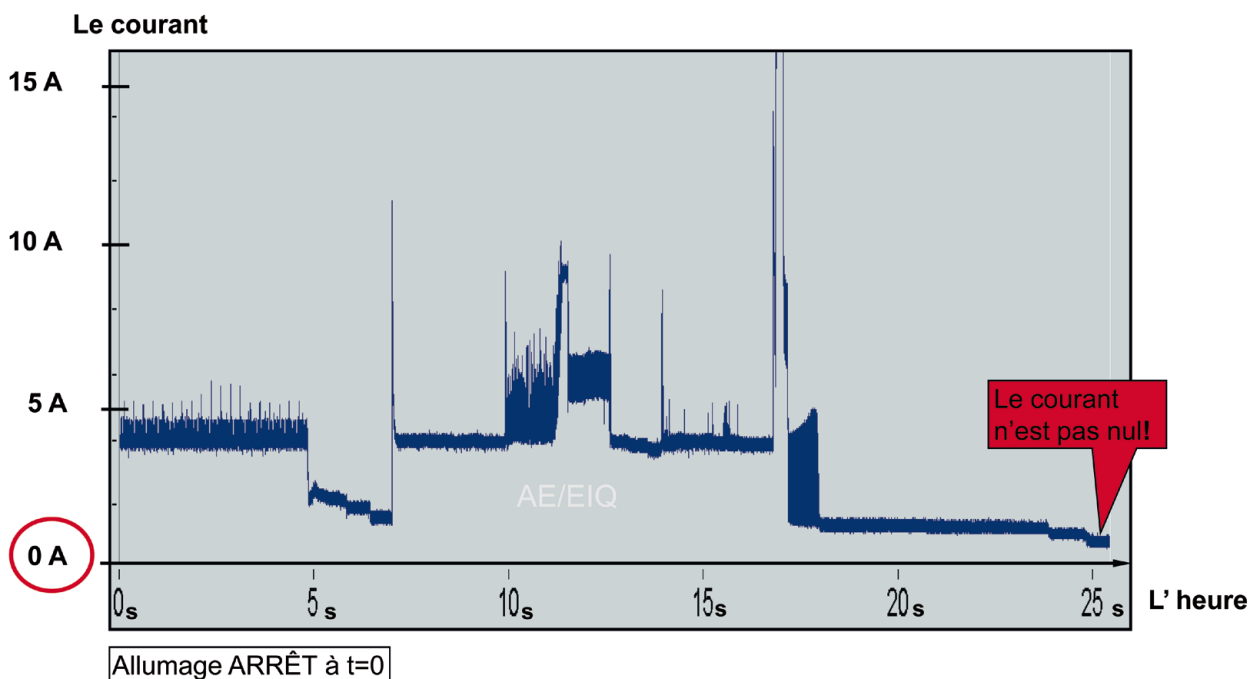
## DESCRIPTION DE LA CONNEXION À CHAUD

- Radio
- Rétroviseurs (rabattables)
- Chauffage auxiliaire
- Sauvegarde des erreurs dans la mémoire des unités de commande
- Tests effectués sur les vannes papillons.
- Horloge
- Systèmes d'accès au véhicule

Suite à la mise hors tension, des courants élevés circulent encore pendant quelques minutes dans le réseau de bord. Tout connecteur qui serait enfiché ou ouvert durant ce laps de temps peut engendrer de manière indéfinie indéterminée des courants de compensation dans le réseau de bord. Ces courants de compensation peuvent endommager ou dégrader durablement les composants électroniques: **connexion à chaud** (pour plus d'informations, se reporter au paragraphe 2 «Erreurs dues à la Connexion à chaud»)

La mesure ci-dessous du courant dans le câble de masse de la batterie d'un véhicule moderne peut être utilisée à titre d'illustration.

Le courant circule pendant quelques minutes dans une fourchette allant de 100 mA à plusieurs ampères, avec des pics encore plus élevés.



Suite au débranchement de l'allumage, le courant circule encore pendant un long moment avant de tendre vers zéro.

Cela signifie que **la connexion à chaud est systématique dans un véhicule.**

## 2 Défaillances dues à la connexion à chaud (Hot Plugging)

Dans les véhicules modernes, de nombreuses unités de commande sont connectées entre elles par des bus de données.

C'est pourquoi des courants de compensation circulent souvent durant une connexion à chaud, par le biais du bus par exemple, dans des unités de commande qui ne participent pas au processus de branchement, et les endommagent.

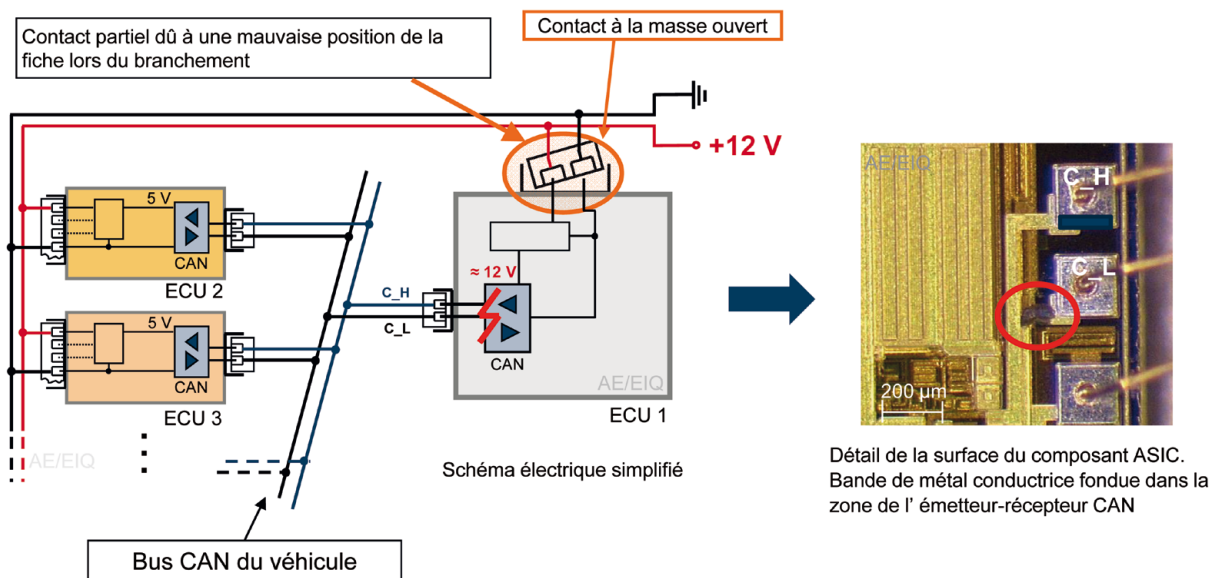
En général, cette interaction empêche une analyse ciblée des défaillances et la détermination de la véritable cause de la panne des appareils endommagés.

A titre d'exemple, les situations de défaillance réelles suivantes ont été mentionnées par des sociétés renommées.

### 2.1 Exemple du bus CAN

#### Description mécanique

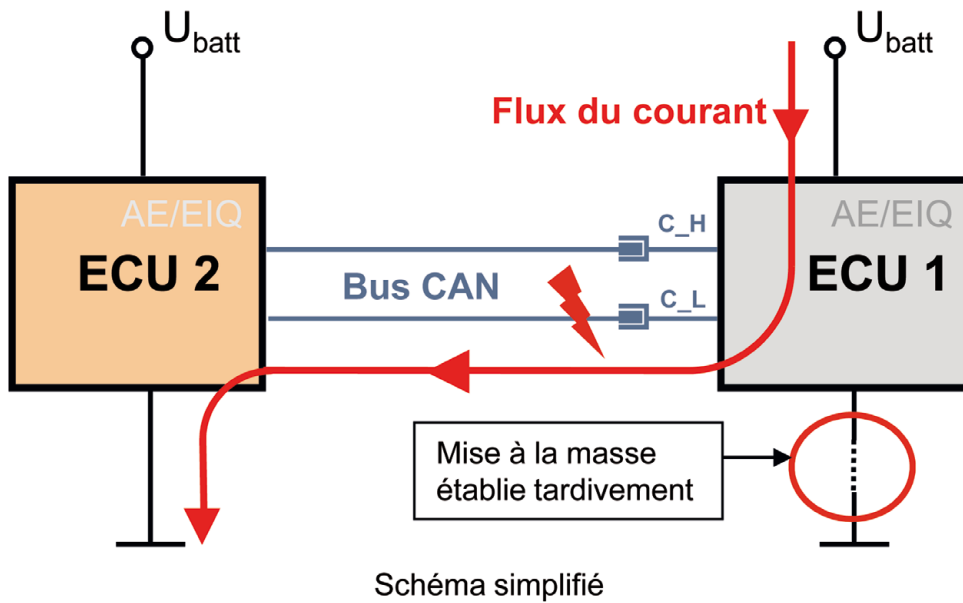
Au cours d'un processus d'enfichage sous tension (**connexion à chaud**), il peut arriver que le contact de masse soit connecté en dernier, si la fiche est introduite en biais dans la prise. Le potentiel de masse fait alors défaut et cela engendre des courants de compensation qui endommagent les semi-conducteurs.



*L'ECU 2 est déjà installé dans le véhicule et l'ECU1 est en train d'être branché.*



Schéma électrique du processus mentionné ci-dessus



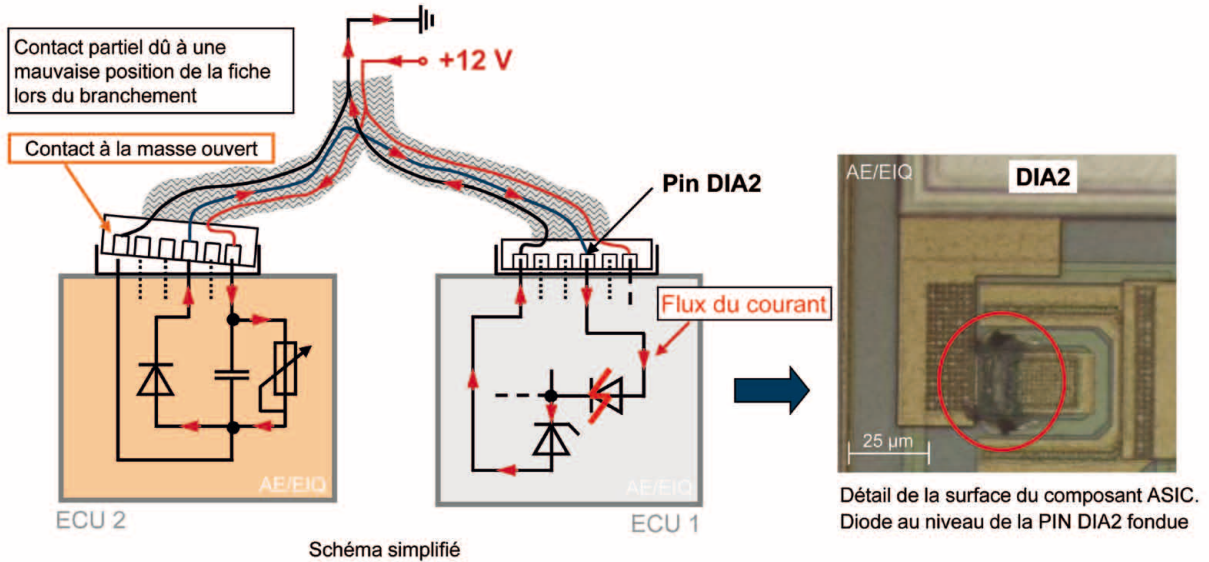
Tous les composants électroniques reliés par bus de communication sont potentiellement concernés par ce mécanisme de défaillance.

L'analyse des défaillances devient souvent particulièrement compliquée du fait que les ECU participantes proviennent de différents fournisseurs. Dans la mesure où l'ECU 2 ne subit aucun dommage, il est très difficile d'expliquer la surcharge de l'ECU 1.

## 2.2 Exemple d'un circuit de diagnostic

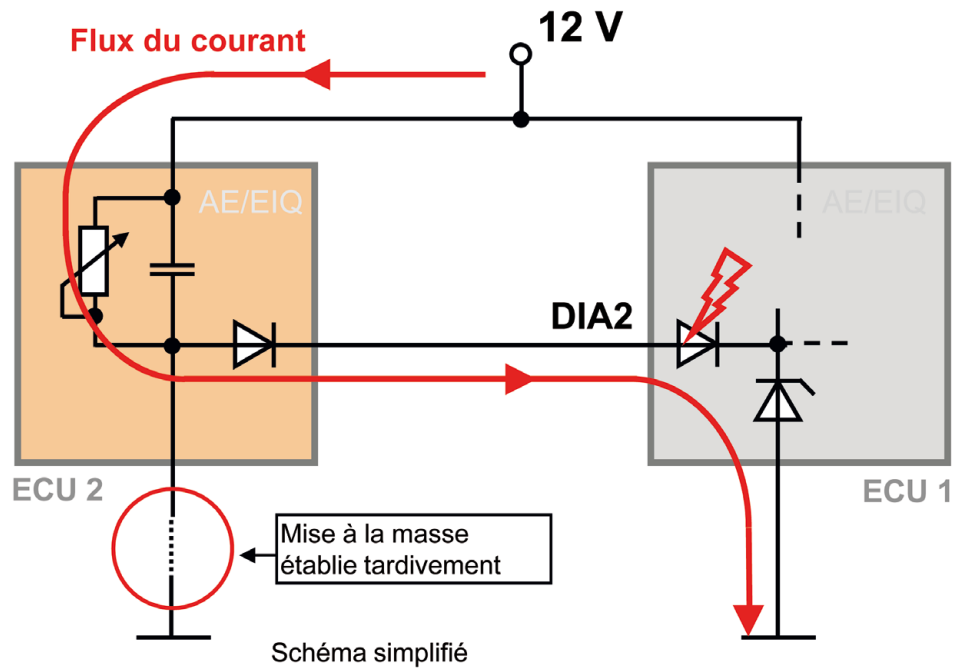
### Description mécanique

Représentation des dommages subis par l'unité de commande 1 au cours du processus d'enfichage de l'unité de commande 2, à cause d'une connexion de masse manquante, en **connexion à chaud**.



L'ECU 1 est installée sur le véhicule et l'ECU 2 y est ajoutée.

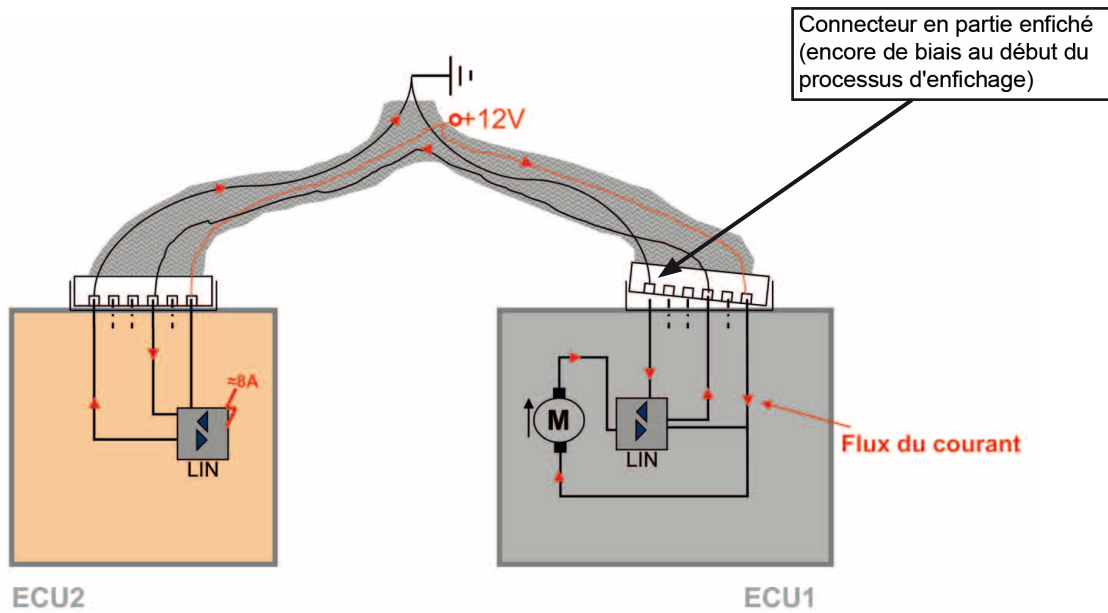
### Description électrique



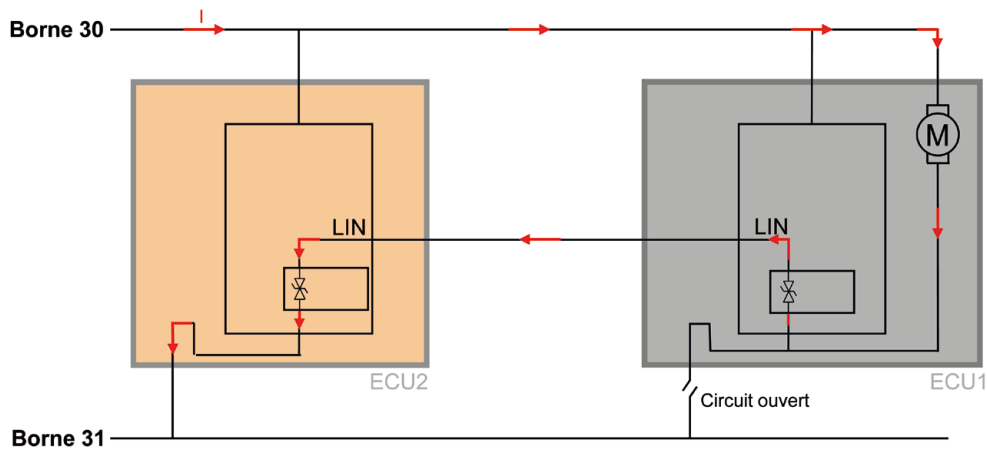
Afin d'éviter que des dommages surviennent, le contact de masse doit être connecté en premier.

## 2.3 Exemple du lève-vitre

### Description mécanique



### Description électrique

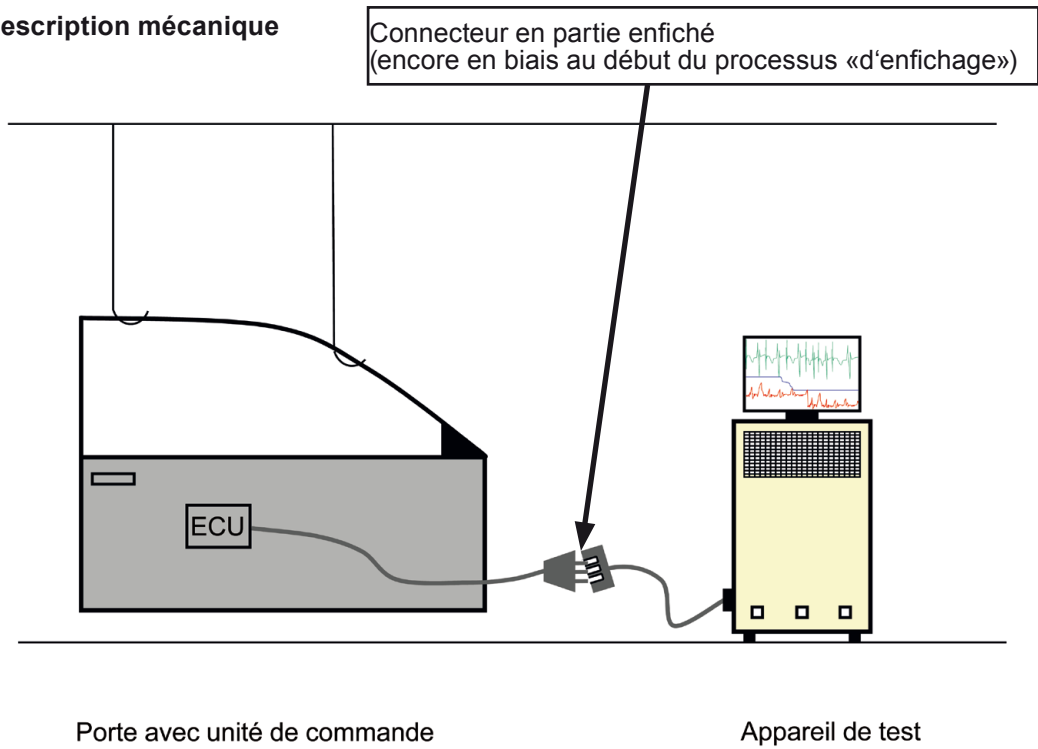


Lorsque le moteur du mécanisme lève-vitre fonctionne et que l'on déconnecte le câble de masse (**connexion à chaud**) une tension de contre-induction survient et de ce fait engendre une différence de potentiel dans l'unité de commande 1.

Ce déport de masse est supporté par l'ECU 2 via le bus LIN et peut alors détruire les semi-conducteurs.

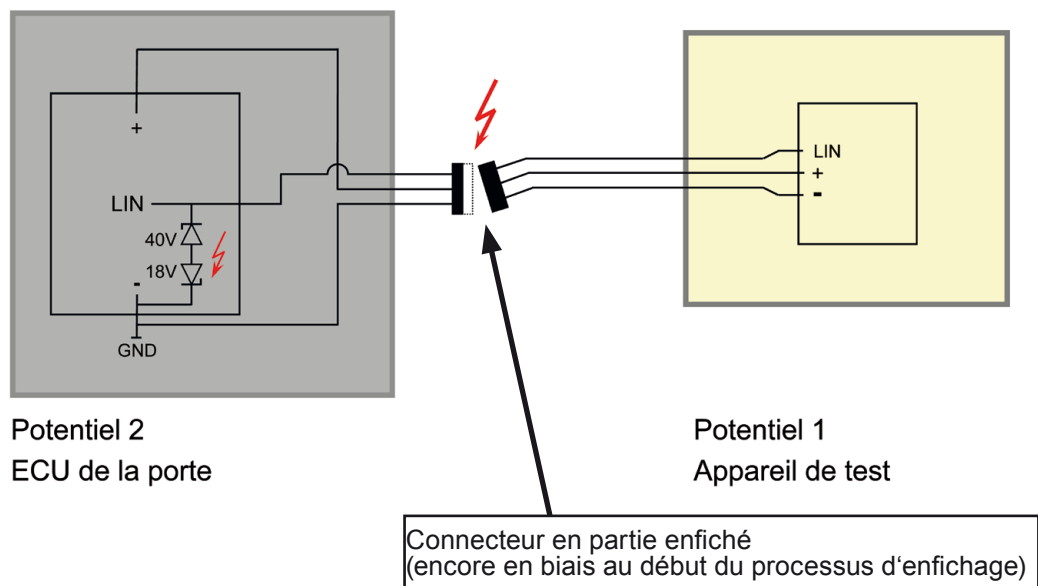
## 2.4 Exemple de montage de portières

### Description mécanique



Lors de la pose et du test d'une portière de voiture, la **connexion à chaud** et l'absence de contact de masse à action anticipée peut engendrer une destruction de semi-conducteurs de l'unité de commande.

### Description électrique



La cause réside dans la différence de potentiel entre la masse de la portière et la masse de l'appareil de test. Cette différence de potentiel de référence entre l'électronique intégrée dans la portière et le dispositif de contrôle génèrent des courants de compensation.

Dans notre exemple, le courant de compensation circule via l'émetteur-récepteur LIN si celui-ci est connecté avant la masse. Le courant circulant à travers l'émetteur-récepteur LIN peut endommager ou détruire ce dernier.

### **En règle générale:**

La tendance actuelle vers une densité d'intégration plus importante, un espace de montage réduit et des exigences de performances plus élevées, obligent l'utilisation de structures toujours plus petites avec des semi-conducteurs qui supporteront des limites de charge EOS de plus en plus faibles.

#### **Important**

**Une augmentation de la protection contre les ESD (décharges électrostatiques) ne permet pas d'éviter ou de réduire les dommages causés par une EOS.**

## 3 Systèmes de fiches comme mesures correctives

### 3.1 Conséquence de l'enfichage/du retrait avec un ou plusieurs connecteurs (puissance, signal)

#### 3.1.1 Cas de composants électroniques du véhicule ou faisceau électrique de câbles avec connecteur unique

Lors de l'enfichage, il faut s'assurer que la masse est connectée en premier et retirée en dernier (First Mate – Last Break, premier fermé-dernier ouvert).

#### 3.1.2 Cas de composants électroniques dans les véhicules avec plusieurs connecteurs

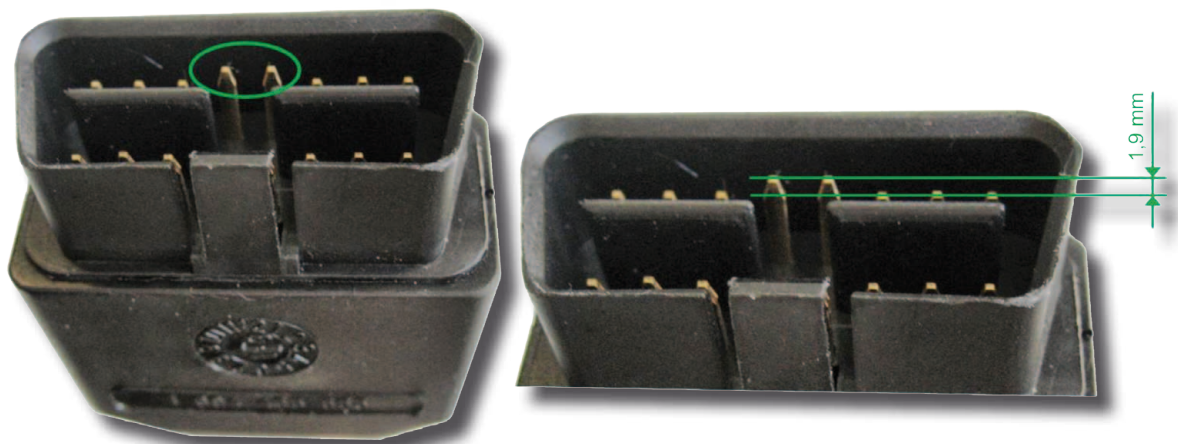
Pour chaque connecteur et chaque processus d'enfichage, les mises à la masse doivent être effectuées avant que les raccordements des câbles de données soient mis en place et inversement lors du débranchement de ces câbles de données.

### 3.2 Systèmes de fiches utilisés pour la fabrication, l'exploitation, l'entretien, la réparation et la préparation automobiles

#### 3.2.1 Système de diagnostic «On-Board Diagnostic» II (OBD II)

Le système de diagnostic OBDII est un excellent exemple. Il est équipé de picots de masse à action anticipée permettant un contact sécurisé lors de l'ALLUMAGE MARCHÉ et ARRÊT. À ce jour, ce système d'enfichage est le seul qui soit standardisé et s'adapte à tous les véhicules. Cette fiche évite les dédommagements en cas de **connexion à chaud**.

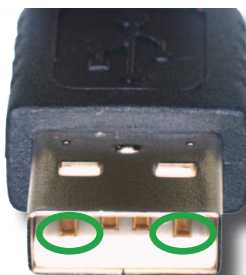
Pour plus de détails, cf. ISO 15031-3.



Connecteurs OBD II avec contacts de masse à action anticipée

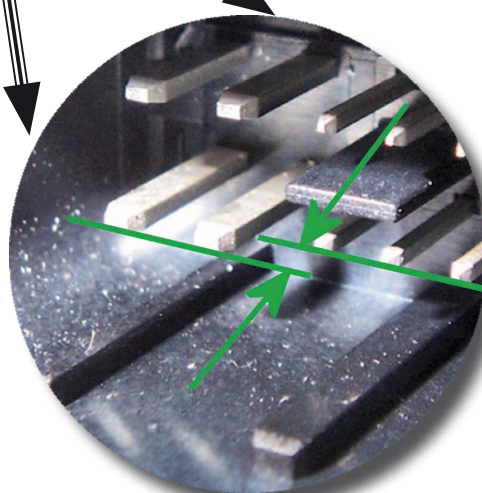
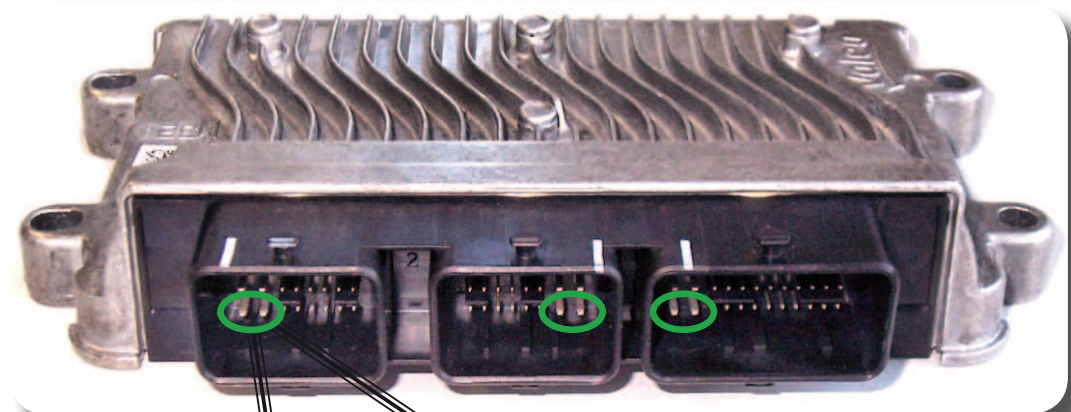
## 3.2.2 Autres solutions dans le domaine automobile

On trouve dans de nombreux véhicules modernes des prises USB pour le multimédia. Ces prises USB sont préparées de manière standard pour la **connexion à chaud** avec différentes longueurs de pin de contact.



Les **unités de commande** préparées pour la **connexion à chaud** avec des contacts de masse à action anticipée sont extrêmement rares.

Ci-après quelques exemples:



Unité de commande Valeo J34P pour Peugeot/Citroën avec contacts de masse à action anticipée



Unité de commande Bosch EDC16 pour Peugeot/Citroën avec contacts de masse à action anticipée



**Continental**

Easy – U

A2C30907000

C 04.04.11/1 0164

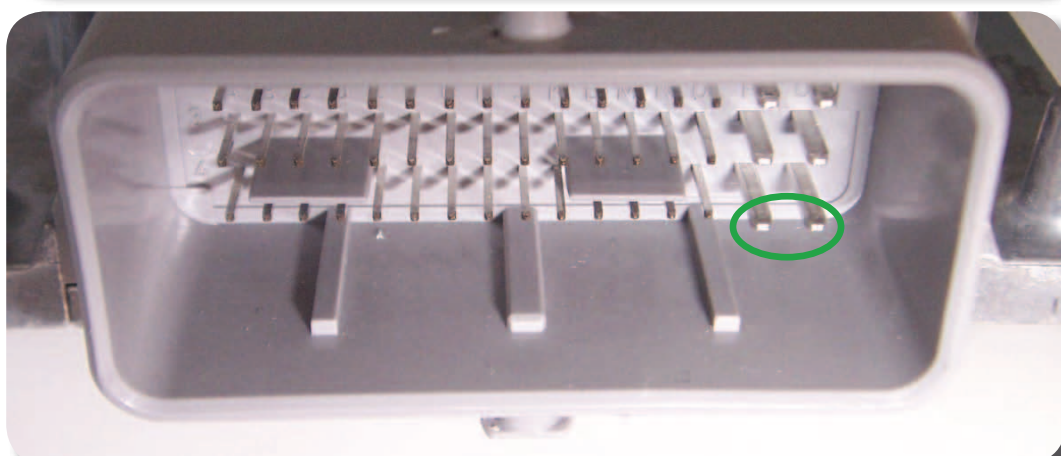
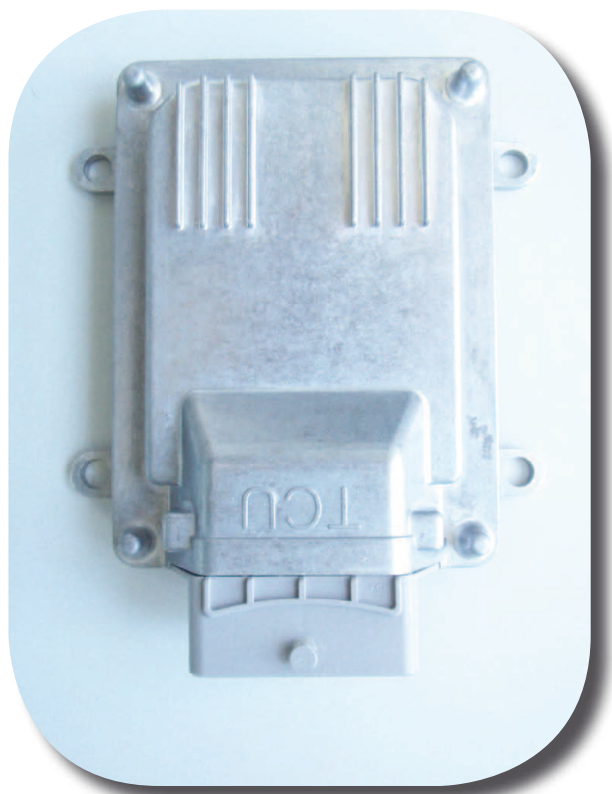


3612000 – EG01A

Made in China

Unité de commande Continental avec contacts de masse à action anticipée





*Unité de commande de marque chinoise avec contacts de masse à action anticipée*

## Résumé

Outre les quelques exemples positifs mentionnés, tous les autres systèmes de fiches ne sont pas en mesure de maîtriser systématiquement les courants de compensation en cas de connexion à chaud. Cela peut alors, comme indiqué, surcharger et détruire les éléments électroniques des unités de commande.

## Remarques supplémentaires

Les systèmes de fiches sont requis sur **l'ensemble de la chaîne de connexion**, afin d'assurer les contacts FMLB.

### Sont mentionnés à titre d'exemple (liste non exhaustive):

- les postes d'essai pour la programmation («flash») des unités de commande
- chaque adaptation dans le cadre d'opérations additionnelles effectuées par des sous-traitant
- les rallonges de câble mises en place entre le câble et l'interface (par ex. avec OBDII lorsque le testeur est placé loin du véhicule.)

Outre les réflexions préliminaires relatives à la mécanique, il convient de définir la **capacité de supporter des courants** requise pour des contacts de masse à action anticipée. Généralement, l'élément à action anticipée n'est mis que brièvement sous tension et une faible capacité conductrice de courant peut être suffisante.

Si **le contact de masse à action anticipée est installé sur l'unité de commande**, on peut certifier en toute sécurité que la protection est active. En revanche, en cas de contact de masse à action anticipée sur le connecteur du faisceau de câbles, les unités de commande et le véhicule ne sont plus protégés, dès lors qu'un câble compatible sans contact de masse à action anticipée est utilisé.

Comme alternative aux contacts de masse à action anticipée, la protection de l'électronique de l'unité de commande grâce à l'utilisation de sécurités supplémentaires est possible dans certaines circonstances.

Cela génère cependant quelques **inconvenients**

- les composants coûtent cher
- les composants requièrent un espace de montage
- les composants ont besoin d'une tension de service pour pallier aux chutes de tension
- les composants réduisent la fiabilité globale
- les composants génèrent des pertes de puissance (par ex. sur bus CAN)

Il est généralement difficile de spécifier entièrement un circuit de protection étant donné que les impulsions perturbatrices ne sont pas suffisamment connues.

Malgré l'ajout de ce circuit de protection un risque relativement élevé de défaillance du système demeure.

## 4 Scénarios d'introduction dans l'industrie automobile

### 4.1 Compatibilités

Le concept de base consiste à ne pas modifier les produits existants. Les constructeurs automobiles devraient plutôt exiger des contacts de masse à action anticipée pour les nouveaux projets et les connecteurs correspondant dans les véhicules.

Il est préférable d'envisager la mise en place d'un système de masse à action anticipée dans les nouveaux projets pour développer la solution optimale en termes de coût et de technique, plutôt que de tenter de modifier les constructions actuelles.

### 4.2 Modifications portant sur le faisceau de câbles automobiles et les systèmes de fiches débattues actuellement

Des modifications du concept de câblage du véhicule sont déjà en cours. Par conséquent, la période est propice à l'introduction généralisée des contacts de masse à action anticipée.

#### Exemples de modifications en pourparlers:

- la fabrication des faisceaux de câbles est de plus en plus automatisée
- dans le cadre de la réduction des sections de cuivre des câbles, les connecteurs peuvent être modifiés
- dans le faisceau de câble, de nouvelles interfaces sont créées pour utiliser composants et agrégats issus d'autres véhicules ou réalisés par d'autres constructeurs
- certains câbles sont remplacés par des câbles en aluminium
- utilisation de câbles à fiches plates
- introduction des nouveaux systèmes de bus de données (Ethernet)
- nouveaux produits, par ex. phares à LED

### 4.3 Potentiel d'économie

**Estimation approximative** du potentiel d'économie mondiale par l'introduction de connecteurs de masse à action anticipée sur l'exemple de l'exercice 2011:

Nombre global de véhicules produits	70 millions
Nombre global de semi-conducteurs automobiles produits (ASIC, Controller)	8,4 milliards

Dans l'hypothèse que le contact de masse à action anticipée **permet d'éviter 1 ppm des pannes** et que les coûts d'une **panne** sont de l'ordre de 5 000 €, on obtient l'économie suivante:

Nombre de pannes évitées (1 ppm sur 8,4 milliards de semi-conducteurs)	8.400 pièces
Montant total par panne	5.000 €
Montant total de toutes les pannes	42.000.000 €
Economie <b>réalisée par véhicule</b> (42 millions € / 70 millions)	<b>0,6 € par véhicule</b>

**Des possibilités d'économie supplémentaire** pourraient être réalisées via la **normalisation** de ces nouvelles interfaces de liaison grâce au connecteur de masse à action anticipée.

## 5 Synthèse

Les contacts de masse à action anticipée fournissent aujourd'hui déjà une aide dans de nombreux secteurs industriels afin de permettre de réaliser plus sûrement des opérations de connexion.

Ceux-ci établissent un rapport de potentiel de masse avant la connexion des câbles de données et d'alimentation, permettant la protection fiable des hommes et de l'électronique.

Cet avantage pourrait également se retrouver dans le secteur automobile.

Ainsi une grande partie des dommages EOS des semi-conducteurs pourraient être évités. Cela s'applique en particulier pour les cas de défaillance de plus grande ampleur.

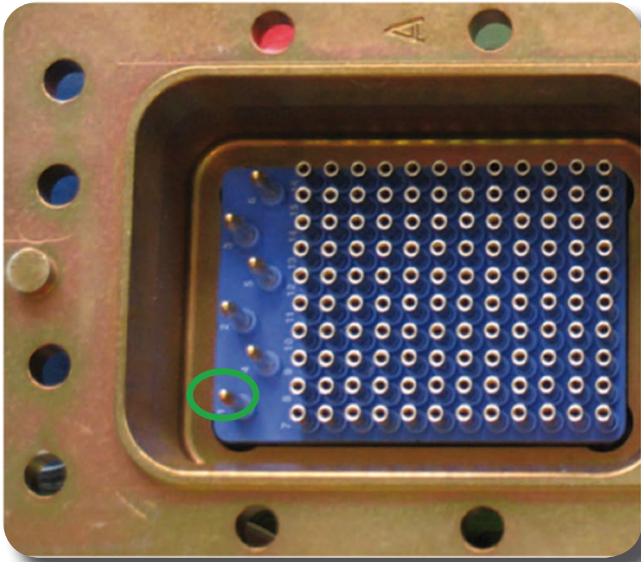
Par conséquent, cette mesure apporte une contribution importante afin d'atteindre l'objectif du «zéro défaut».

L'introduction de contacts de masse à action anticipée dans le domaine varié des connecteurs doit recevoir l'impulsion des constructeurs automobiles («top down»). Elle nécessite des réflexions préliminaires de toutes les parties concernées, ainsi qu'une vision à long terme.

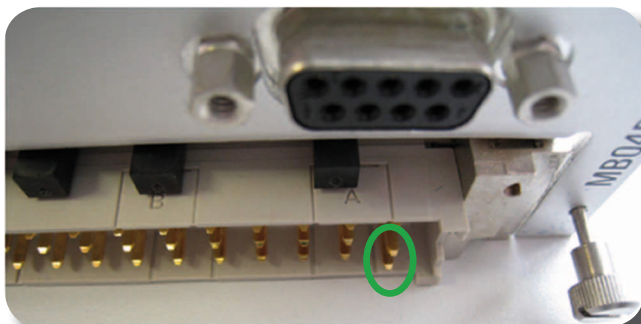
## 6 Annexe

Exemples de systèmes de fiches avec contacts de masse à action anticipée issues de différentes industries

### 6.1 Aéronautique



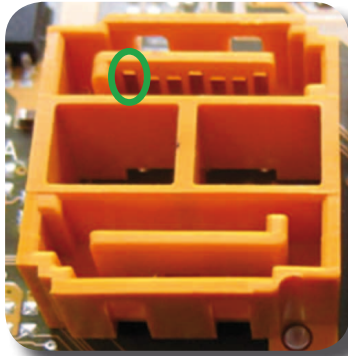
### 6.2 Chemins de fer



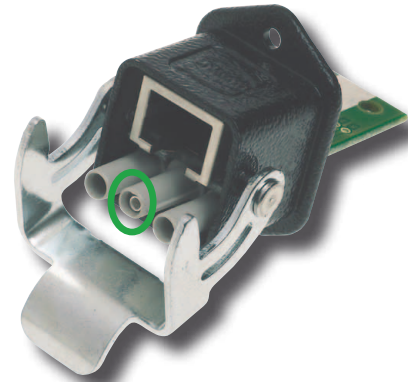
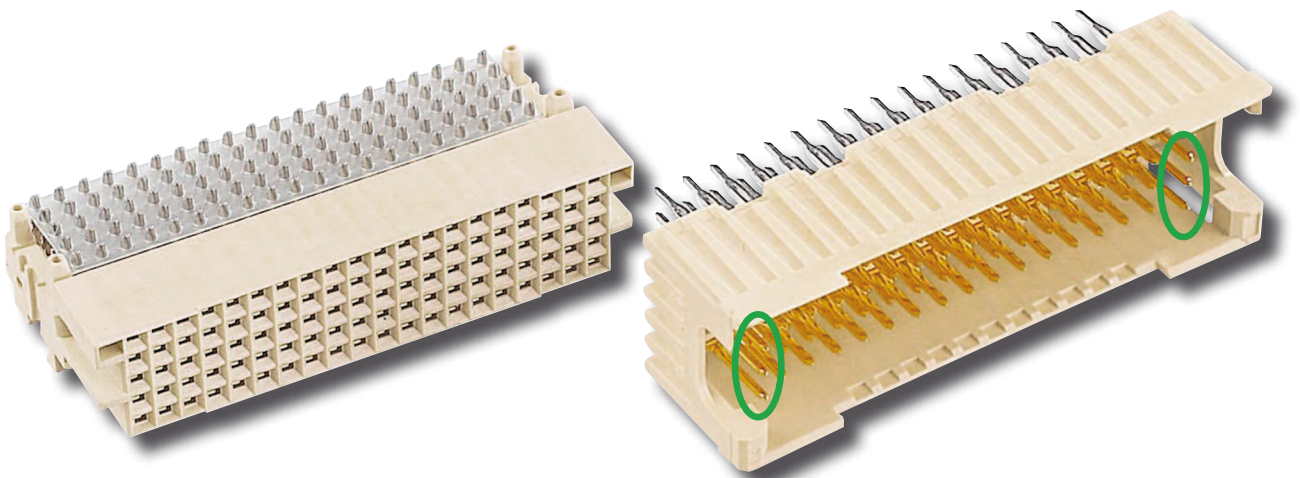
### 6.3 Alimentation secteur domestique



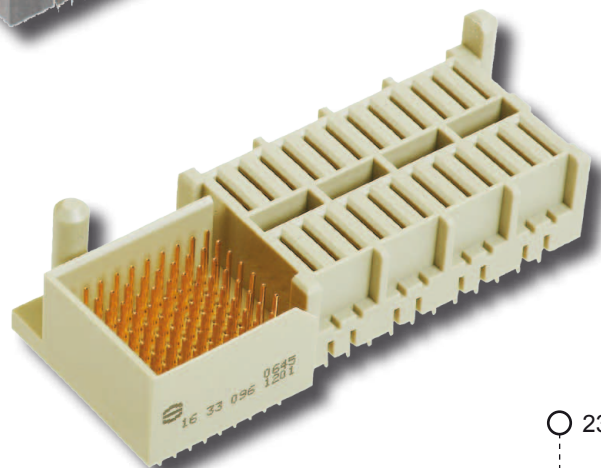
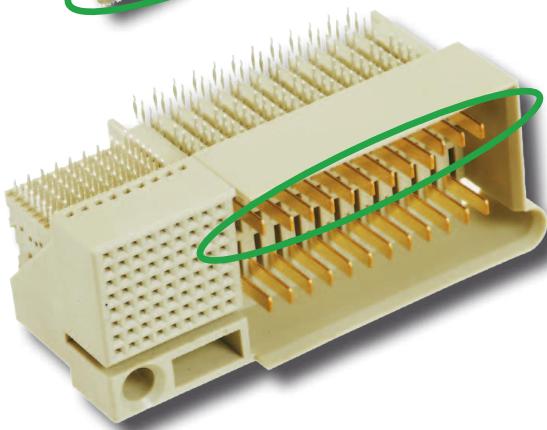
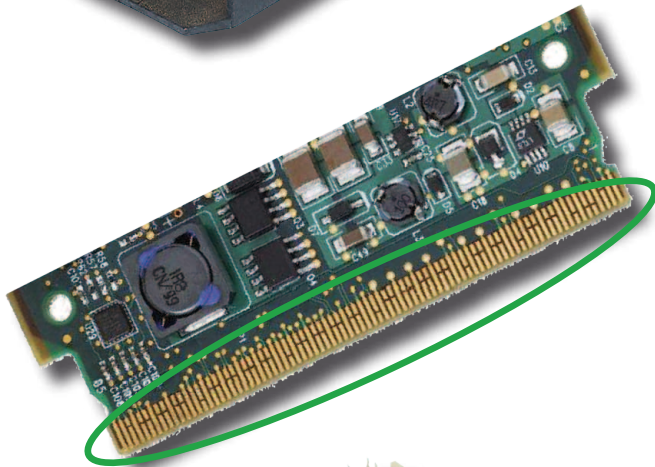
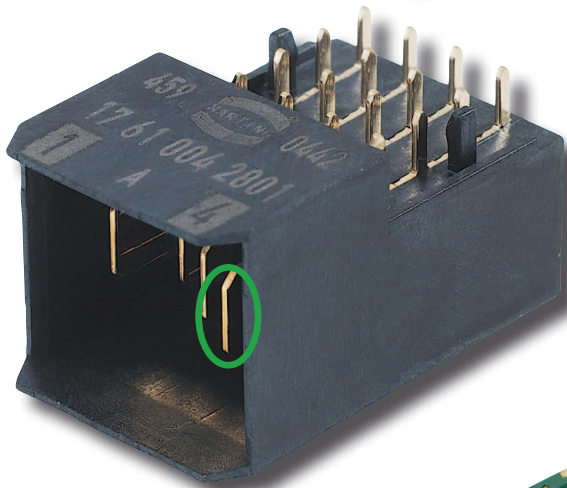
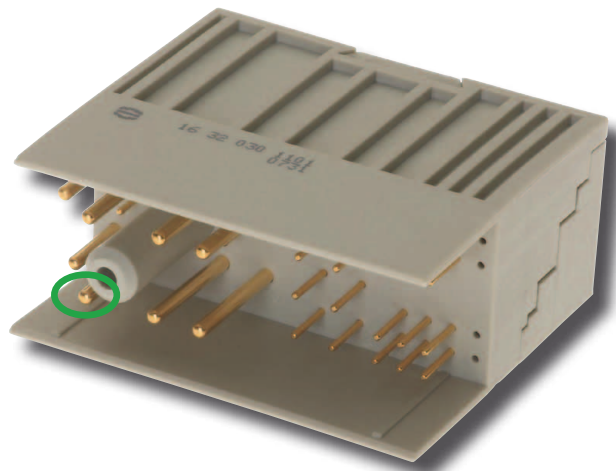
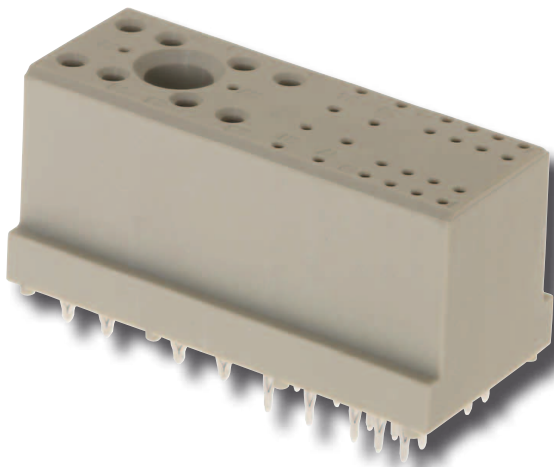
6.4 Micro-ordinateur

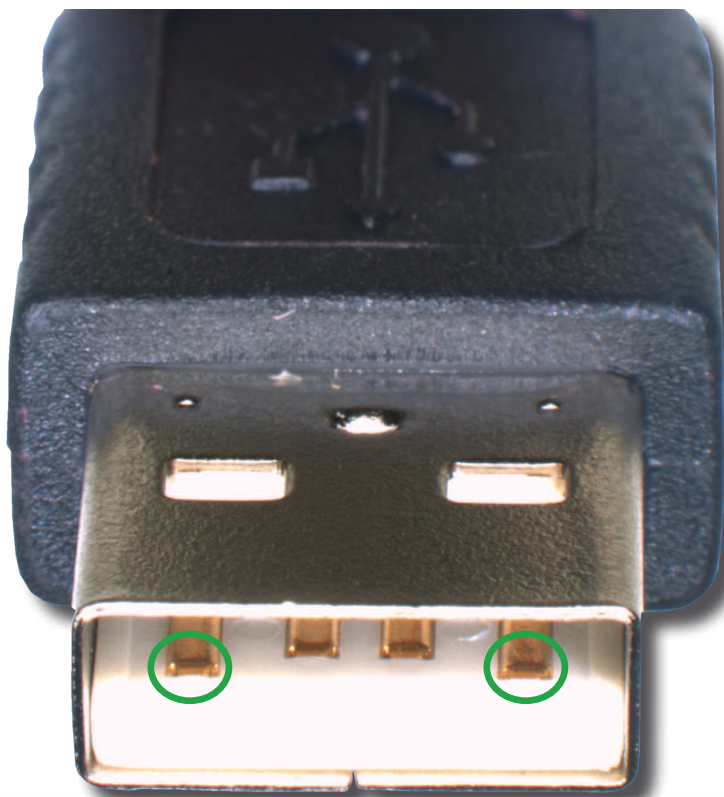


6.5 Télécommunications



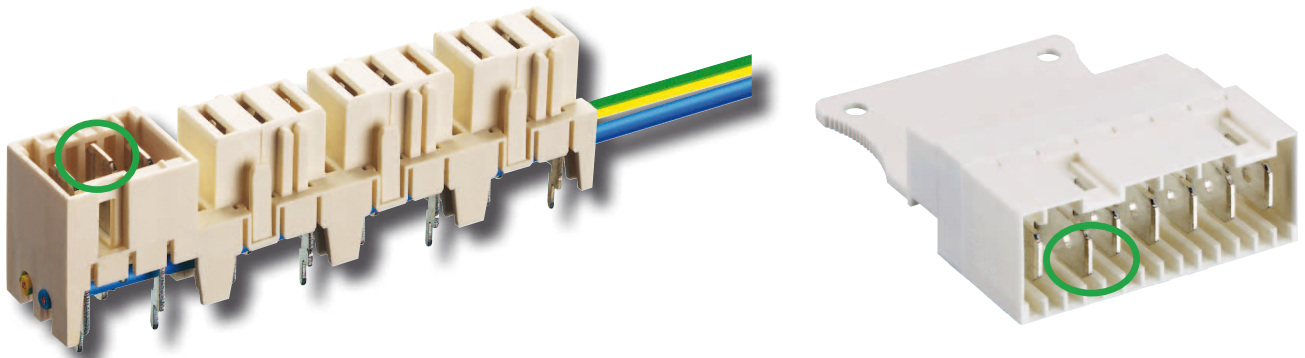
Suite: 6.5 Télécommunications



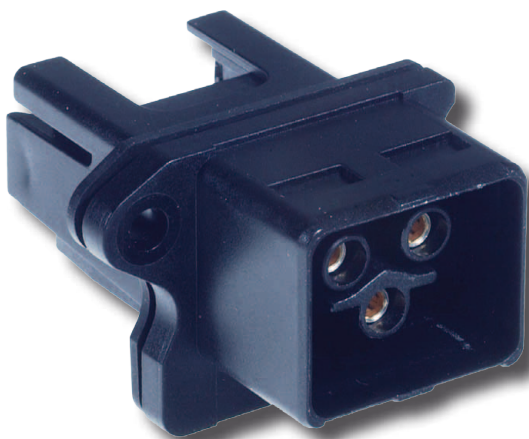
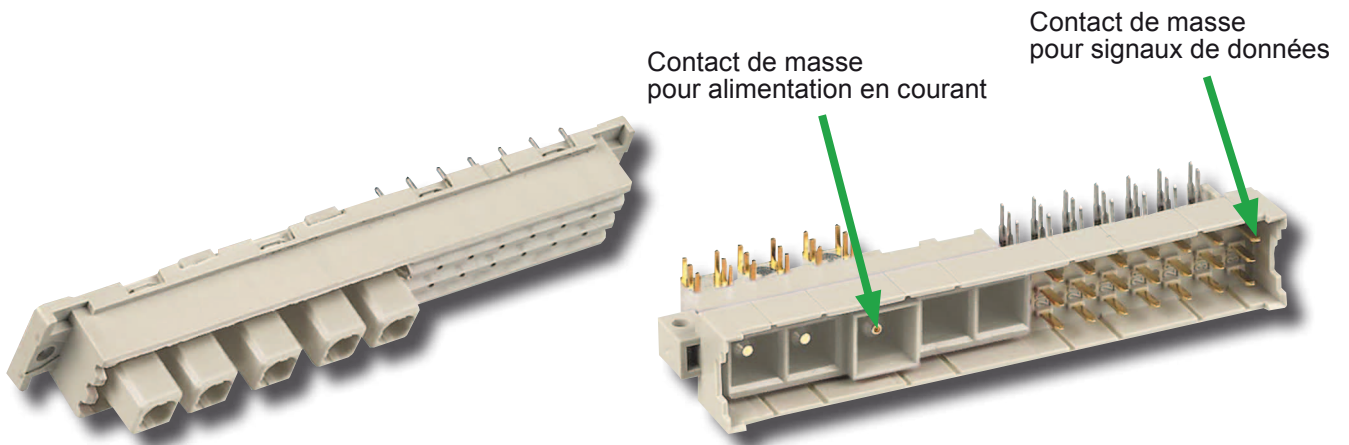
**Suite: 6.5 Télécommunications****6.6 USB 2.0 (Universal Serial Bus 2.0)**



6.7 Électroménager



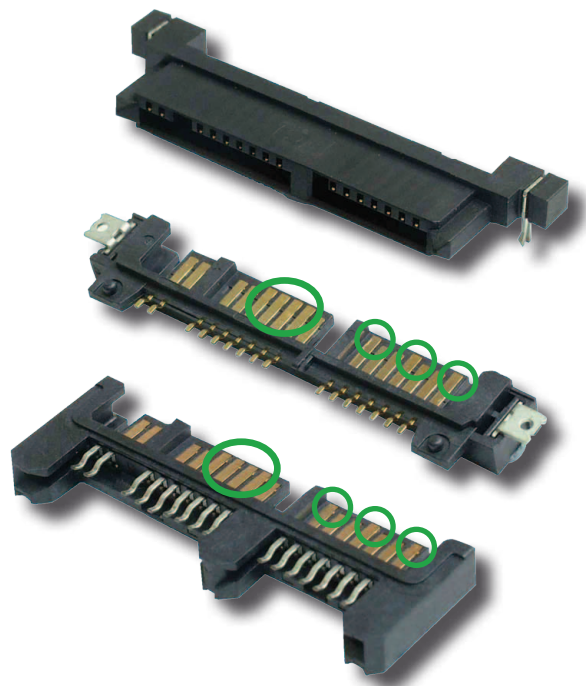
6.8 Alimentation industrielle en courant



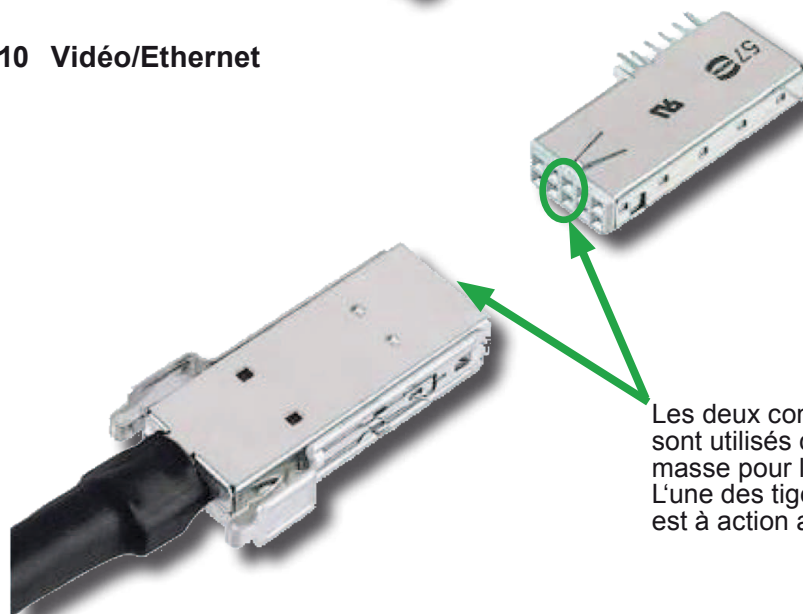
## Suite: 6.8 Alimentation industrielle en courant



## 6.9 Données et applications grand public



## 6.10 Vidéo/Ethernet



Les deux contacts du milieu sont utilisés comme contacts de masse pour l'Ethernet. L'une des tiges non visible ici est à action anticipée.





Die Elektroindustrie

ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association e.V.

Fachverband Electronic Components and Systems (ECS)

Fachverband PCB and Electronic Systems (PCB ES)

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt-sur-le-Main, Allemagne

Tél : +49 (0)69 6302 - 276

Fax : +49 (0)69 6302 - 407

E-mail : [zvei-be@zvei.org](mailto:zvei-be@zvei.org)

[www.zvei.org/ecs](http://www.zvei.org/ecs)